



Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Ingeniería
Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística

Temas de Investigación para Magíster, Doctorado y Pregrado

23 de Agosto de 2017

Tabla de contenido

Área Economía de Transporte.....	5
Estudio de sistemas de regulación tarifaria de aeropuertos	5
Licitaciones y concesiones de terminales de transporte	5
Políticas de segundo-mejor para combatir la congestión urbana	6
Tarificación del transporte y la forma urbana	6
¿Cómo tarificar el transporte público en presencia de evasión?	6
Impacto de un sistema gratuito de Transporte Público a nivel de ciudad	7
¿Cuánto debería valer un pase diario para la restricción por congestión?	7
Impactos económicos de una planificación tipo súper manzanas en una ciudad chilena	8
Valoración social del soterramiento de vías férreas	8
Mecanismos de financiamiento de infraestructura vial y transporte público mediante cobros a usuarios y/o impuesto nacionales.....	8
Análisis Económico de la Congestión Mediante el Uso del Diagrama Macroscópico Fundamental	9
Esquemas de incentivos a usuarios para la redistribución de bicicletas públicas.....	10
Área Modelos de Demanda	11
Modelación de demanda por bicicletas públicas y privadas	11
Interacciones sociales y familiares en las decisiones de movilidad y modalidad	11
Avances al juego de simulación MicroGUTS	11
Relación entre utilidad decisional (elección modal) y utilidad experimentada (satisfacción con el viaje).....	12
Diseño de mapas esquemáticos de transporte público.....	12
Factores que influyen en la forma de comportamiento de usuarios de transporte público al enfrentar varios servicios disponibles para su viaje.....	13
Modelación de la demanda por modos de transporte no motorizados.....	13
Modelando la percepción de la infraestructura para la movilidad sustentable.....	14
Área Uso de Suelos.....	15
Comparación entre microsimulación y modelos de equilibrio de uso de suelo	15
Mecanismos para introducir niveles agregados de congestión en medidas de acceso..	15
Área Transporte Público	17
Género: un desafío de intermodalidad para la sustentabilidad.....	17
¿Qué servicios expresos se deben ofrecer dentro de una red de corredores BRT?.....	17
BRT abiertos versus cerrados.....	19
Elección de ruta de usuarios de bicicletas públicas.....	19
Modelo para la localización y diseño óptimo de estaciones de bicicletas públicas	20
Diseño de contratos e incentivos para conductores de buses del Transantiago	20
Control de intervalos entre buses basado en programación preferente de semáforos..	21
Programación preferente de semáforos en intersecciones aisladas con más de un servicio	21
Diseño óptimo de operación e infraestructura de un corredor tipo BRT en función de distintos atributos	22

Diseño y evaluación de un sistema inteligente de contención de pasajeros en estaciones de Metro.....	22
Impacto de información disponible en la estimación de tiempos de espera por parte de los usuarios.....	22
¿Por qué la evasión en Transantiago es tan alta?	23
Modelamiento de servicios expresos tipo skip-stop en líneas de Metro	24
Estimación y predicción de velocidades y posiciones en tiempo real de buses de transporte público a partir de información de GPS.....	24
Estimación y predicción de “crowdedness”, es decir, que tan apretados viajan los pasajeros de buses de transporte público en tiempo real, a partir de información de distintos tipo de sensores.....	25
¿Qué explica el desempeño de una pista solo bus en Santiago?	25
¿Qué explica la distribución de la carga interna de un bus o un carro de metro y, con ello, su capacidad?	26
Área Externalidades.....	27
Estudios de valoración ambiental.....	27
Área Seguridad Vial.....	28
Modelos Predictivos de Accidentes Viales para el Transporte de Carga	28
Modelos de accidentes viales	28
Área Tráfico.....	29
Uso de tecnología en la gestión y operación de sistemas de transporte.....	29
Calibración del Diagrama Fundamental Macroscópico (MFD)	29
Análisis de flujos peatonales y de bicicletas	29
Extensiones al modelo de seguimiento vehicular basado en fuerzas sociales	30
Calibración de curvas flujo – velocidad en autopistas.....	32
Ondas de choque y formación de colas en autopistas urbanas.....	32
Calibración fórmulas de colas y colas remanentes en intersecciones.....	33
SIGCOM 5.....	33
División en redes y subredes semaforizadas.....	33
Simulación de rotondas	34
Dispersión de pelotones de buses.....	34
Área Logística	35
Multi-vehicle multi-product IRP	35
IRP con redistribución	35
Redistribución óptima de bicicletas entre estaciones de BikeSantiago	35
Analysis of logistics sprawl: Spatial patterns of logistics facilities in Urban Areas in Chile.....	36
Desarrollo de modelos de transporte de carga para la planificación de ciudades.....	36
Análisis de la sustentabilidad de sistemas de despacho a domicilio	36
Improve real-time vehicle dispatching capabilities in mining vehicle-operations incorporating priorities.....	37
Improve fleet sizing decisions in mining operations	37
Análisis de Políticas de Transporte Urbano de Carga Sustentable.....	37

Costo de recolección de capturar distintos materiales para reciclaje en distintos barrios de Chile	38
Optimización de rutas de despacho considerando diferencial de altura en ciudades. ...	38
Estudio del diseño óptimo de vías reversible en la ciudad.....	38
Aproximación continua para problemas multi-despacho.....	39
Extensión de técnicas de Branch & Price a modelos de Optimización Estocástica de dos etapas.	39
Problemas de personal shopping.....	40
Click & Collect en casilleros	40
Problemas dinámicos de ruteo de Vehículos con flota variable.....	41
Sistemas de distribución de órdenes a domicilio same-day integrados con decisiones de bodegaje y picking.	41
Manejo de logística de reversa en problemas de e-shopping.....	42
Área Transporte Aéreo	43
¿Cómo asignar capacidad destinada a diferentes tipos de contrato en el transporte aéreo de carga?	43
Asignación de carga aérea a la red de vuelos de pasajeros considerando incertidumbre en la oferta y demanda.....	43
Asignación de carga a la red de vuelos de pasajeros incluyendo medidas de riesgo.....	44
Problema de mantenimiento diario de aviones	45
El rol del aeropuerto en el desarrollo de la ciudad	45

Área Economía de Transporte

Estudio de sistemas de regulación tarifaria de aeropuertos

Profesor guía: Hugo Silva

Nivel: Magíster

¿Cuál es la mejor manera de regular los precios que fija un aeropuerto? Los estudios sobre el tema se han concentrado en analizar si es conveniente tomar en cuenta, además de los ingresos aeronáuticos (por ejemplo, cobro por pasajero transportado), los ingresos por actividades comerciales (*duty free*, estacionamiento, etc.). Sin embargo, hasta ahora, se ha ignorado qué tipo de precio es el que se regula. Fijar una tarifa por pasajero transportado puede generar efectos muy distintos a los que induce fijar una tarifa por cada avión que despegue o aterriza.

Esta investigación pretende estudiar la efectividad de usar distintos instrumentos de regulación tarifaria en aeropuertos. En particular, y como punto de partida, es de interés comparar el sólo fijar precios por pasajero con solamente fijar precios por avión y determinar en qué casos un tipo de regulación supera al otro. Los elementos generales a considerar en la investigación incluyen, pero no están limitados a, congestión en el aeropuerto, decisiones sobre el tamaño de la flota por parte de aerolíneas que maximizan ganancias e ingresos por actividades comerciales de los aeropuertos.

Licitaciones y concesiones de terminales de transporte

Profesor guía: Hugo Silva

Nivel: Magíster

El aeropuerto de Santiago fue recientemente re-licitado por 20 años. El criterio para definir al ganador, además de exigirle que cumpliera ciertos requisitos técnicos, fue quien ofrecía entregar al Estado un mayor porcentaje de la suma de los ingresos por pasajero transportado y por ingresos comerciales. Esta investigación pretende estudiar y comparar criterios alternativos para definir al ganador de la licitación y sus impactos en ingresos, capacidad de terminales, excedente de los consumidores y bienestar social.

¿Qué pasa si se incluyen los ingresos por cobros a aerolíneas? ¿Es mejor incluir los ingresos comerciales o enfocarse solamente en los ingresos por actividades aeronáuticas? ¿Cuál es el mejor criterio en términos de bienestar social?

Políticas de segundo-mejor para combatir la congestión urbana

Profesor guía: Hugo Silva

Nivel: Magíster

Esta investigación pretende estudiar de manera teórica y/o aplicada políticas de segundo mejor para combatir la congestión urbana. La literatura ha mostrado que el subsidio al transporte público y la tarificación por congestión son políticas sustitutas si son diseñadas de manera óptima y sin restricciones (primer mejor). Es decir, si se implementa una de ellas, el beneficio de implementar la otra es prácticamente nulo. Sin embargo, en la práctica, éstas no pueden ser implementadas de manera óptima ya que hay restricciones geográficas, temporales y de ineficiencia en el uso de recursos.

En esta línea de investigación se busca estudiar la eficiencia (cuánto aumenta el bienestar social) y la complementariedad de las siguientes políticas de segundo mejor: tarificación por congestión de cordón, subsidios sub-óptimos al transporte público y corredores de buses en parte de la red.

Tarificación del transporte y la forma urbana

Profesor guía: Hugo Silva

Nivel: Magíster

Esta investigación pretende estudiar de manera teórica y aplicada cuál es el impacto de implementar políticas de transporte en la forma urbana. Esto es, entender cuál es el impacto de entregar distintos niveles de subsidio al transporte público y/o de implementar tarificación vial en:

- i. Extensión de la ciudad
- ii. Densidad, tamaño de viviendas y altura de edificios
- iii. Precios de vivienda y de suelo
- iv. Distribución de habitantes según ingreso

Esta investigación se enmarca en uno de los proyectos del Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS).

¿Cómo tarificar el transporte público en presencia de evasión?

Profesor guía: Hugo Silva

Nivel: Magíster

El objetivo de este estudio es analizar empíricamente la eficiencia e implicancias de distintos esquemas de tarificación del transporte público en presencia de evasión. Algunos de los esquemas posibles son tarifa única por viaje (como el sistema actual), abonos

(solamente el pago de una licencia con viajes ilimitados), tarifa en dos partes (una licencia y un precio por unidad), y varias combinaciones de estos.

Pensando en que existe un monto fijo de subsidio para el financiamiento del sistema, ¿cuál de estos sistemas genera más bienestar social?, ¿Cuál lleva a menores niveles de evasión? Esta tesis pretende responder esas preguntas calibrando un modelo teórico existente con datos reales de Santiago.

Impacto de un sistema gratuito de Transporte Público a nivel de ciudad

Profesor guía: Juan Carlos Muñoz

Nivel: Magíster

La evasión tarifaria en buses de Transantiago ha alcanzado progresivamente niveles muy altos. Eso ha gatillado que se considere la posibilidad de financiar el sistema con un mecanismo alternativo a las tarifas. En esta tesis se debería determinar cómo podría operar este esquema considerando dos casos: solo los buses o buses y Metro. Es importante determinar impactos y proponer mecanismos adecuados de financiamiento (estimando sus impactos en mercados secundarios).

¿Cuánto debería valer un pase diario para la restricción por congestión?

Profesores guía: Juan de Dios Ortúzar y Hugo Silva

Nivel: Magíster

El Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones está proponiendo implementar un nuevo sistema de restricción vehicular por congestión. La medida postula la existencia de restricción permanente todos los días laborales normales (por ejemplo, dos dígitos cada día), pero que algunos autos, por ejemplo los menos contaminantes, puedan pagar un pase que les permita circular el día en que tienen restricción. La idea es evitar el conocido efecto negativo de la restricción vehicular en el sentido que las familias tienden a comprarse un segundo (o tercer) auto, más barato y – por ende – mucho más contaminante, para evitar ser restringidos. Así, el valor del pase tiene que ser, entre otras cosas, de un precio tal que no convenga comprarse un auto adicional.

Este proyecto busca estimar, a través de encuestas de preferencias, la valoración por un pase diario que tendrían personas de distintas características socio-económicas. El objetivo es aportar a la discusión de la política y proveer información que permita determinar a la autoridad cuánto cobrar por el pase diario de implementarse la política.

Impactos económicos de una planificación tipo súper manzanas en una ciudad chilena

Profesores guía: Lake Sagaris y Patricia Galilea

Nivel: Magíster

Una exploración del potencial de planificar para la sustentabilidad urbana priorizando combinaciones caminata-bici-bus sugieren una gran potencialidad de estrategias basadas no sólo en ejes, sino en áreas como la unidad básica de gestión. Barcelona con su propuesta de súper manzanas ha liderado la experimentación en este sentido.

Esta investigación comienza desde los trabajos realizados por equipos de la UC e internacionalmente y busca evaluar los impactos económicos de este tipo de estrategias incorporando en el análisis criterios asociados a la salud y la descontaminación. Para llevarla a cabo trabajaremos con métodos cualitativos y cuantitativos.

Valoración social del soterramiento de vías férreas

Profesora guía: Patricia Galilea

Nivel: Magíster

Actualmente muchas ciudades de Chile se encuentran segregadas por vías férreas. Al momento de evaluar socialmente su soterramiento, las metodologías actuales no consideran los beneficios urbanos que esto produciría y sólo se contabilizan los beneficios de transporte por mejor conectividad (a través del tiempo de viaje). La idea de esta investigación es desarrollar una metodología, a través de encuestas de preferencias declaradas, para valorar socialmente el soterramiento de vías férreas.

Mecanismos de financiamiento de infraestructura vial y transporte público mediante cobros a usuarios y/o impuesto nacionales

Profesores guía: Luis I. Rizzi, Patricia Galilea

Nivel: Magíster o Doctorado

En estos momentos, se está debatiendo en Chile cuanto invertir en subsidios al transporte público y si debe modificarse o no el impuesto a los combustibles. Además, esta discusión se enmarca en un debate de mayor alcance sobre una reforma impositiva nacional. A fin de poder contribuir al debate con un enfoque de ingeniería, se propone desarrollar modelos de comportamiento que reflejen el comportamiento de los usuarios de los sistemas de transporte, los impactos de las diferentes externalidades y los costos de operación del transporte público. A su vez, este modelo incorporará de manera esquemática un sector que representará el resto de las actividades de la economía. Este modelo permitirá estudiar el

impacto de diferentes modalidades de cobros y subsidios a usuarios por los servicios de transporte, cómo ello afecta el nivel de servicio y como estos impactan el resto de la economía.

Esta línea de estudio requerirá de análisis de modelación, simulación y calibración de modelos lo que deberían dar lugar a tres tesis de magister o una tesis de doctorado.

Referencias principales:

Parry, I. and Small, K. (2007) Should urban transit subsidies be reduced? Disponible en SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1001430>

Parry, Ian W. H. and Small, K A. (2004) 'Does Britain or the United States have the right gasoline tax?', Resources for the Future, Discussion Paper: No. 02-12, (<http://www.rff.org/rff/Documents/RFF-DP-02-12.pdf>).

Rizzi, L.I. (2012) Simple model of road infrastructure financing: the impact of different road user charges. *Journal of Transport Economics and Policy* Policy 48, 427-442.

Análisis Económico de la Congestión Mediante el Uso del Diagrama Macroscópico Fundamental

Profesor guía: Luis Ignacio Rizzi y Juan Carlos Herrera

Nivel: Magíster y/o Doctorado

Los modelos económicos tradicionales de análisis por congestión se basan en el uso de simples funciones en las que el tiempo de viaje es monótonamente creciente con el flujo, abstracción que permite el desarrollo de modelos parsimoniosos pero a costa de ignorar la dinámica del tráfico como fenómeno físico.

Esta tesis propone el estudio de la congestión haciendo uso del diagrama macroscópico fundamental del tráfico fundamental (MDF), mediante la consideración de un área metropolitana como un conjunto de unas pocas zonas de tráfico homogéneas, cada una de ellas con su correspondiente MDF. Ello permitirá un análisis más acabado de la congestión.

Esta tesis permitirá entender mejor qué impacto se puede lograr con diferentes políticas de gestión de la congestión y cómo ello repercute en la provisión de infraestructura vial.

Tsekeris, t. y Geroliminis, N. (2013) City size, network structure and traffic congestion. *Journal of Urban Economics* 76, 1-14.

Esquemas de incentivos a usuarios para la redistribución de bicicletas públicas

Profesores guía: Homero Larraín, Ricardo Giesen, Patricia Galilea

Nivel: Magíster

Se propone estudiar el esquema aplicado en ciudades como París, donde se entrega a los usuarios incentivos (viajes gratis o descuentos) para retirar o entregar bicicletas en determinadas estaciones y horarios, a fin de disminuir los costos de redistribución para la empresa. Estos incentivos se pueden diseñar en formato de régimen o bajo un esquema de tiempo real.

Movilidad e inclusión de personas con discapacidad física en el sistema de transporte urbano

Profesores guía: Patricia Galilea y Sebastián Raveau

Nivel: Magíster

Se busca analizar las necesidades de movilidad de personas con discapacidad física, con un foco en el sistema de transporte público de Santiago. Dentro de las posibles actividades a realizar, se considera: (i) un diagnóstico crítico de las condiciones actuales de movilidad en Chile, en relación a otros países, (ii) un estudio pionero de comportamiento, identificando preferencias y valorización de atributos de viaje, (iii) un análisis de estándares de viaje y accesibilidad, y (iv) un análisis económico de los costos de provisión de un sistema de transporte público inclusivo, desde perspectivas sociales y operacionales.

Área Modelos de Demanda

Modelación de demanda por bicicletas públicas y privadas

Profesores guía: Ricardo Hurtubia, Juan de Dios Ortúzar y Lake Sagaris

Nivel: Magister

En esta línea interesa considerar una variedad de aspectos relacionados con el uso de la bicicleta como modo de transporte para viajes obligados y no obligados. Por ejemplo, formular un modelo estratégico que permita predecir la demanda a nivel del área urbana y que sea sensible a variables tales como, cantidad y calidad de ciclovías, localización de guarderías de bicicletas, localización y costos de bicicletas públicas.

Otro tema, complementario, podría ser la estimación de un modelo híbrido de elección modal centrado en el uso de bicicletas, que incorpore variables latentes asociadas a la disposición a usar bicicleta o al riesgo de hacerlo en grandes ciudades en viajes relativamente largos. En esta línea ya se encuentra trabajando una estudiante de doctorado, pero se considera factible incorporar tres o cuatro tesis de Magister complementarias.

Interacciones sociales y familiares en las decisiones de movilidad y modalidad

Profesor guía: Sebastián Raveau

Nivel: Magister

Históricamente las decisiones de viaje han sido modeladas agregadamente (ya sea a nivel de zonas u hogares). Recientemente, los modelos basados en agentes (a nivel individual) han cobrado relevancia, gracias a la disponibilidad de información masiva y desarrollo de capacidades computacionales. Sin embargo estos modelos individuales ignoran interacciones entre individuos, particularmente dentro de un hogar. El objetivo de esta investigación es analizar y modelar decisiones interrelacionadas, tales como: (i) compra de automóvil, (ii) elección de modo (e.g. auto chofer + auto acompañante), (iii) realización y coordinación de actividades.

Avances al juego de simulación MicroGUTS

Profesor guía: Juan de Dios Ortúzar

Nivel: Magister

Interesa incorporar al juego una serie de mejoras para hacerlo más apropiado como herramienta de entrenamiento en el ámbito de sistemas masivos de transporte público y análisis del rol de la bicicleta en viajes urbanos. Esta tesis requiere habilidades computacionales sobre la norma, ya que se debe trabajar con una estructura de modelación

implementada en la web; se cuenta con financiamiento y con el apoyo del especialista en computación que realizó la implementación anterior.

Relación entre utilidad decisional (elección modal) y utilidad experimentada (satisfacción con el viaje)

Profesor guía: Juan de Dios Ortúzar

Nivel: Magíster

En las última décadas la investigación sobre elecciones en transporte (ej. modo o destino), ha ido incorporando variables más subjetivas como hábitos y actitudes (por ejemplo, en modelos de panel o en modelos híbridos con variables latentes). Más recientemente, la forma como las personas perciben sus viajes ha sido analizada mediante escalas de bienestar subjetivo, en particular la satisfacción con sus viajes. Lo que se ha explorado poco es la relación entre, por ejemplo, elección de modo (esto es, la utilidad decisional) y satisfacción con el viaje (esto, es la utilidad experimentada); en el contexto de viajes no obligados, un estudio reciente (de Vos *et al.*, 2016) consideró este tema utilizando actitudes relacionadas con transporte y el entorno construido como variables explicativas, en el contexto de la ciudad de Ghent, Bélgica. Encontraron que – obviamente – la elección de modo afecta la satisfacción, y que ésta iba mejorando significativamente desde transporte público hasta transporte activo; también sorprendentemente, que los residentes suburbanos percibían más positivamente sus viajes que los urbanos en todos los casos.

En esta tesis, se intentaría replicar este estudio para el caso de Santiago, utilizando los modelos y técnicas de recolección de datos más adecuadas.

De Vos, J., Mokhtarian, P.L., Schwanen, T., van Acker, V. y Wilcox, F. (2016). Travel mode choice and travel satisfaction: bridging the gap between decision utility and experienced utility. *Transportation* **43**, 771-796.

Diseño de mapas esquemáticos de transporte público

Profesor guía: Sebastián Raveau

Nivel: Magister

Los mapas esquemáticos de transporte público son la principal fuente de información para los viajeros, en particular aquellos no familiarizados con el sistema. Tradicionalmente, los criterios de diseño de estos mapas consideran únicamente aspectos gráficos que permiten su fácil comprensión, pero ignoran el impacto que los mapas pueden tener en las decisiones de los viajeros (y por lo tanto los niveles de servicio y las experiencias de viaje). Distorsiones topológicas en los mapas pueden inducir comportamientos indeseados desde un punto de vista social. Esta investigación busca incorporar criterios operativos en el

diseño de mapas esquemáticos, de modo que éstos induzcan comportamientos socialmente deseables.

Factores que influyen en la forma de comportamiento de usuarios de transporte público al enfrentar varios servicios disponibles para su viaje

Profesores guía: Sebastián Raveau, Homero Larraín y Juan Carlos Muñoz.

Nivel: Magister

En asignación de viajes a transporte público a menudo los usuarios cuentan con varias alternativas posibles para realizar su viaje. En esos contextos uno puede asumir un comportamiento muy sencillo denominado itinerarios mínimos (donde los viajeros consideran únicamente un servicio en cada etapa de viaje), o algo más complejo como rutas mínimas o estrategias mínimas (donde los viajeros toman el primer servicio atractivo que pase por el paradero). La forma como se asuma que los usuarios se comporten puede tener un gran impacto en la asignación de viajes que se predecirá. Es razonable pensar que la complejidad del comportamiento depende de la educación del viajero y de la complejidad de las alternativas de viaje disponibles. En esta tesis interesa estudiar el fenómeno de modo de comprender por qué ciertos individuos escogen la ruta que minimiza su itinerario, mientras otros minimizan su ruta o incluso su estrategia de viaje.

Modelación de la demanda por modos de transporte no motorizados

Profesor guía: Ricardo Hurtubia

Nivel Magister

El tema consiste en estimar un modelo de elección de modo de transporte a partir de datos recolectados en una encuesta donde los usuarios de bicicleta se encuentran sobre-representados.

El trabajo consiste en revisar la base de datos, identificar estrategias de muestreo para encuestas adicionales y realizar una pequeña campaña de recolección de datos (probablemente via web) para lograr una base más representativa para todos los modos de transporte y comunas de Santiago.

A partir de la base de datos actualizada se estimarán los modelos de elección, los que incluirán variables latentes que capturen aspectos subjetivos como, por ejemplo, la preocupación por el medio ambiente, la preferencia por lo público por sobre lo privado y/o sesgos perceptuales a favor o en contra de modos de transporte específicos.

Modelando la percepción de la infraestructura para la movilidad sustentable

Profesor guía: Ricardo Hurtubia y Hans Löbel

Nivel Magister

La percepción subjetiva de atributos del espacio público (seguridad, belleza, confort, etc.) debe depender tanto de características del sujeto observador como de los atributos físicos del espacio público en si mismo. Medir y modelar estas percepciones, sin embargo, resulta difícil ya que requiere no sólo información sobre las percepciones reportadas por usuarios, sino que también información de los atributos del espacio físico en cuestión. Un trabajo reciente (Rossetti et al., 2017) exploró una metodología para modelar las percepciones a partir de datos masivos obtenidos de la encuesta Place Pulse (<http://pulse.media.mit.edu/>), que utiliza imágenes obtenidas de Google StreetView. Estas imágenes fueron procesadas mediante algoritmos de Machine Learning para extraer indicadores de sus atributos físicos. Los resultados se utilizaron para estimar modelos de elección discreta que indican la probabilidad de que una imagen corresponda a un lugar seguro, bello o de ingresos altos (entre otros). La tesis trata de replicar este proceso pero con una encuesta desarrollada específicamente para medir percepción de atributos relevantes para la movilidad sustentable (por ejemplo: que tan caminable o pedaleable se ve un lugar). Los mecanismos de Machine Learning utilizados en Rossetti et al. (2017) se encuentran disponibles para el tesista por lo que no es necesario que vuelvan a ser implementados. La tesis consiste en diseñar y aplicar la encuesta, recolectar información, procesarla y estimar modelos de elección preliminares. Es ideal que el tesista esté familiarizado con software estadístico para la estimación de modelos de elección discreta (como Biogeme, A-Logit o R)

Referencias

Rossetti, T., Lobel , H. and Hurtubia, R. (2017) Modelación de la percepción subjetiva del espacio público mediante técnicas de Machine Learning y Modelos de Elección Discreta. Working paper. Department of Transport Engineering and Logistics, Pontificia Universidad Católica de Chile. Disponible en http://www.hurtubia.cl/home/docs/Rossetti_Lobel_Hurtubia_percepcion_esp_pub.pdf

Comparación entre microsimulación y modelos de equilibrio de uso de suelo

Profesor guía: Ricardo Hurtubia

Nivel: Magíster

En el área de los modelos de uso de suelo existe actualmente la discusión sobre la validez de usar distintos enfoques para modelar las decisiones de localización (Simmonds et al., 2013). Por un lado, los enfoques de microsimulación dinámica permiten una representación desagregada y muy detallada de las interacciones y decisiones de los agentes, pero carecen de una base microeconómica que los sustente y muchos mecanismos son abordados con reglas ad-hoc. Por otro lado, los modelos de equilibrio tienen una fuerte base en la teoría económica, pero suelen ser muy agregados y requieren de ciertos supuestos poco realistas (por ejemplo: que la oferta es igual a la demanda).

Esta tesis aborda esta discusión y tratará de dar luces sobre las diferencias, ventajas y desventajas de cada enfoque. Para esto se diseñará una ciudad sintética y se construirán experimentos de simulación que permitan comparar resultados entre ambos enfoques. Es ideal (aunque no estrictamente necesario) que el tesista esté bien familiarizado con algún lenguaje de programación.

Referencias

Simmonds, D., Waddell, P., & Wegener, M. (2013). Equilibrium versus dynamics in urban modelling. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 40(6), 1051-1070.

Mecanismos para introducir niveles agregados de congestión en medidas de acceso

Profesor guía: Ricardo Hurtubia

Nivel: Magíster

La accesibilidad es una de las principales variables explicativas en los modelos de localización (que a su vez son la componente fundamental de los modelos de uso de suelo). Habitualmente, las medidas de acceso se construyen a partir de los resultados de un modelo de transporte, lo que muchas veces aumenta de manera innecesaria los costos de implementación de los modelos de uso de suelo). El objetivo de esta tesis es desarrollar mecanismos que permitan inferir niveles de congestión en distintas zonas de la ciudad a

partir de su uso de suelo, características de su red vial y la relación espacial con otras zonas. Como punto de partida se tiene el desarrollo teórico del Macroscopic Fundamental Diagram (Geroliminis y Daganzo, 2008) que explica la relación entre flujos y densidad vehicular a nivel de zonas agregadas espacialmente. La tesis considera un trabajo experimental inicial usando un simulador de tráfico y distintas configuraciones hipotéticas de usos de suelo y redes para explorar posibles formulaciones del modelo. Una etapa final considera la aplicación del modelo a un set de datos reales para validarlo. Es ideal (aunque no estrictamente necesario) que el tesista esté bien familiarizado con algún software de simulación de tráfico (como Vissim o Aimsun).

Referencias

Geroliminis, N., & Daganzo, C. F. (2008). Existence of urban-scale macroscopic fundamental diagrams: Some experimental findings. *Transportation Research Part B: Methodological*, 42(9), 759-770.

Género: un desafío de intermodalidad para la sustentabilidad

Profesores guía: Lake Sagaris y Patricia Galilea

Nivel: Magíster

El sistema de transporte público está diseñado principalmente para viajeros hombres entre 25 y 60 años, enfocado en viajes de trabajo de ida y regreso. Internacionalmente se ha comprobado que los patrones de viajes de las mujeres son distintos e investigaciones preliminares en Chile demuestran lo mismo. ¿Cómo podemos desarrollar un análisis de género del transporte en nuestro medio y movilizar soluciones intermodales (caminata-bici-bus-metro) para responder mejor a las necesidades de la mitad de la población? ¿Qué implicancia tendría esto para mujeres de distintas edades, capacidades físicas y necesidades?

Esta investigación pretende responder a estas preguntas utilizando una combinación de métodos cualitativos y cuantitativos.

¿Qué servicios expresos se deben ofrecer dentro de una red de corredores BRT?

Profesores guía: Homero Larraín, Juan Carlos Muñoz y Ricardo Giesen

Nivel: Magíster

Las redes de corredores de buses, y la flexibilidad con la que estos operan los buses, ofrecen la oportunidad de crear servicios expresos que conecten diversas combinaciones de zonas de la red. La investigación de nuestro Departamento se ha convertido en un referente en la literatura respecto del diseño de este tipo de servicios. Sin embargo existe una serie de preguntas relevantes de ser contestadas en las que quisiéramos trabajar:

1.- Casi la totalidad de la literatura existente sobre servicios expresos está concentrada en el caso de corredores aislados. Es necesario desarrollar herramientas que permitan extender estas metodologías para el diseño de redes de servicios sobre corredores de buses.

2.- En los modelos de diseño de servicios expresos actuales se considera una matriz origen destino entre paradas fija y conocida. Sin embargo esta demanda debiera ser sensible a la existencia de servicios expresos. Por una parte debiera haber una mayor concentración de viajes en aquellas estaciones en que estos servicios se detienen. Por otra, la mejora en el nivel de servicio debiera atraer una mayor demanda. En esta tesis interesa generar un

modelo de diseño de servicios expresos que considere esta aproximación más realista a la demanda de viajes.

3.- En los modelos de diseño de servicios expresos actuales se considera un comportamiento de los usuarios en que éstos minimizan la duración de sus rutas siempre considerando alternativas en que los puntos de transbordo son comunes. Es decir un usuario nunca se subiría a “la primera que pasa” entre varios servicios” si estos servicios no tienen exactamente los mismos puntos de transbordo. En esta tesis interesa generar un modelo de diseño de servicios expresos que considere que los usuarios se comportan minimizando estrategias de viajes que sí permiten transbordos diferentes.

4.- En línea con el tema anterior se propone desarrollar un modelo que permita incorporar el fenómeno de congestión al interior de los buses y en los tiempos de espera cuando la demanda se aproxima a la capacidad de un servicio. Al considerar el efecto de la congestión el diseño óptimo debe reconocer que responde a un equilibrio entre demanda y oferta por los diferentes servicios.

5.- Las metodologías que hemos desarrollado para diseñar servicios expresos consideran que todos los servicios que se ofrecen carecen de un horario y por lo tanto los usuarios acceden a las paradas sin saber cuándo pasará el siguiente bus. En muchas ocasiones el diseño de estos servicios sugiere que algunos de ellos sean operados con frecuencias relativamente bajas. En estos casos es razonable suponer que esos servicios deberían operarse con un horario de pasada por cada parada. Esto es posible de implementar en contexto de corredores segregados como el BRT. En estas circunstancias interesa desarrollar una metodología que simultáneamente considere servicios con horario para frecuencias menores a un determinado umbral (por ej 5 buses/hr) y servicios sin horario de pasada para frecuencias por encima de dicho umbral. En este caso se debe modelar el tiempo de espera de servicios con y sin pasada de un modo diferente.

6.- El diseño de servicios expresos es un problema no convexo no lineal. Como tal su solución matemática no es sencilla. En esta tesis se plantea estudiar la convexidad del problema de optimización de frecuencias para servicios expresos con y sin restricción de capacidad en los buses.

7.- Transantiago permitió la aparición de una serie de servicios denominados súper expresos que operan mayoritariamente por autopistas, realizando muy pocas paradas y uniendo puntos muy alejados de la ciudad en poco tiempo. Estos servicios cumplen un rol muy relevante pues ofrecen una velocidad operacional muy elevada, incluso superior a la de Metro, y una alta productividad de la flota. Sin embargo su demanda ha sido muy poco estudiada. Quiénes usan estos servicios, por qué los escogen, cómo podrían hacerse más atractivos, etc.

BRT abiertos versus cerrados

Profesores guía: Homero Larrain y Juan Carlos Muñoz

Nivel: Magíster

Un BRT abierto es un sistema donde algunos recorridos pueden utilizar en forma parcial la infraestructura exclusiva para buses, de forma de proveer un mayor número de conexiones directas, disminuyendo así el número de transbordos. Sin embargo, este tipo de recorridos forzarían a utilizar el mismo tamaño de buses tanto dentro como fuera del corredor BRT, haciendo menos eficiente la adaptación de la oferta al perfil de demanda. Existen varias posibles preguntas de investigación asociadas a este tema.

- 1.- Estudiar qué factores a nivel estratégico de un corredor (matriz de demanda, costos de operación, etc.) favorecerían la implementación de un BRT abierto versus uno cerrado.
- 2.- Determinación de la densidad óptima de puntos de acceso de un corredor BRT abierto, usando un enfoque continuo, o, alternativamente, modelar este problema en forma discreta para determinar la ubicación y número óptimo de estos puntos de acceso.
- 3.- Matching óptimo entre servicios troncales y alimentadores: dado un corredor BRT cerrado con sus respectivos servicios troncales y alimentadores, ¿de qué manera resultaría conveniente conectar estos servicios para mejorar las condiciones de operación del sistema?
- 4.- (doctorado) Diseño de servicios para un BRT abierto, considerando servicios troncales, alimentadores y mixtos, y diferentes esquemas de operación: servicios expresos, súper expresos, cortos, deadheading, y combinaciones.

Elección de ruta de usuarios de bicicletas públicas

Profesores guía: Homero Larrain, Ricardo Giesen y Ricardo Hurtubia

Nivel: Magíster

Construir un modelo de elección de ruta de los usuarios de Bikesantiago, incluyendo etapas de viaje anteriores y posteriores a la realizada en bicicleta. Este análisis también puede incluir la forma en que los usuarios efectúan viajes en Bikesantiago compuestos de más de una etapa de viaje, cambiando de bicicleta en el camino. Caracterizar las necesidades de los usuarios en términos de intermodalidad e identificar posibles ventajas (y justificaciones) para esquemas tarifarios integrados con el sistema de transporte público.

Modelo para la localización y diseño óptimo de estaciones de bicicletas públicas

Profesores guía: Homero Larraín, Ricardo Giesen, Juan Carlos Muñoz

Nivel: Magíster

Este modelo ayudaría a decidir (como complemento del modelo estratégico de demanda), en función de los atributos del entorno (uso de suelo, infraestructura especializada, intermodalidad, etc), dónde ubicar nuevas estaciones, y qué capacidad asignarles. Este modelo puede incluir en el análisis la modalidad de estaciones móviles, similares a las existentes en el sistema de Montreal.

Diseño de contratos e incentivos para conductores de buses del Transantiago

Profesores guía: Felipe Delgado y Patricia Galilea

Nivel: Magíster

Desde el año pasado las autoridades de transporte han estado negociando con los operadores del Transantiago para cambiar los contratos. Los nuevos contratos incluyen dos importantes cambios para los operadores: se establece el pago de multas si no cumplen cierto nivel de regularidad en el servicio y un porcentaje de sus ingresos estará relacionado proporcionalmente con la cantidad de pasajeros transportados.

El operador deberá traspasar de alguna forma estos cambios en el pago a sus choferes, para garantizar el cumplimiento de regularidad e incentivar el transporte de más pasajeros. El problema es que estos cambios se contraponen: si se le paga al chofer sólo por pasajero transportado (como era el sistema previo al Transantiago), se produce un incentivo a que los conductores se alejen lo más posible del bus anterior para captar más pasajeros, lo que impacta negativamente la regularidad y estarían más propensos a caer en multas. Por lo tanto, los operadores deben buscar una combinación entre ambos cambios a introducir en el pago de la remuneración de los choferes.

Esta línea de investigación busca estimar la forma óptima de pago a los conductores, de manera de maximizar los ingresos totales por pasajero transportado y minimizar las multas por regularidad. Para el desarrollo de la tesis se contará con datos reales de la empresa Buses Metropolitana, uno de los principales operadores de Transantiago.

Control de intervalos entre buses basado en programación preferente de semáforos

Profesores guía: Felipe Delgado, Juan Carlos Muñoz y Ricardo Giesen

Nivel: Magíster

En sistemas de Transporte Público de buses de alta frecuencia, los mecanismos de control en tiempo real tienen por objetivo mantener los intervalos entre los buses lo más regulares posibles de manera de minimizar los tiempos de espera de los usuarios. Entre las estrategias más usadas se encuentran la retención de buses y salto de paradas. Aun cuando ambas estrategias presentan beneficios para el sistema, éstas suponen que los conductores obedecen las órdenes que se les entrega, lo cual no siempre ocurre en la realidad.

Esta tesis pretende explorar diferentes mecanismos de control que sean independiente de la voluntad u obediencia de los conductores. Para ello se plantea controlar un servicio único de buses mediante la intervención únicamente de la red de semáforos, de manera de minimizar los tiempos de espera tanto de los usuarios de transporte público afectados como de los de transporte privado que se ven afectados en caso de dársele preferencia al bus.

Programación preferente de semáforos en intersecciones aisladas con más de un servicio

Profesores guía: Felipe Delgado, Juan Carlos Muñoz y Ricardo Giesen

Nivel: Magíster

La posibilidad de intervenir semáforos mediante diferentes estrategias como, por ejemplo, alargar tiempos de verde, corresponde a una de las medidas más efectivas para mantener la regularidad del sistema de buses y con ello de minimizar los tiempos de espera de los usuarios. Sin embargo, saber a qué movimiento y en qué forma se debe dar prioridad no resulta trivial cuando más de un servicio de buses llega a una intersección en un mismo ciclo.

En esta tesis interesa estudiar y desarrollar modelos de control que involucren la intervención de la señal semafórica de manera de dar prioridad a buses en intersecciones aisladas donde opera más de un servicio además de transporte privado. En este sentido, se pueden presentar posibilidades de conflicto como las que se describen a continuación:

1. Dos buses del mismo servicio llegan a un semáforo en rojo pero en sentidos contrarios.
2. Dos buses de diferentes servicios viajando en el mismo sentido llegan a un semáforo en rojo en el mismo ciclo.
3. Dos buses de diferentes servicios viajando en direcciones opuestas llegan al semáforo en rojo en el mismo ciclo.

Ante estos conflictos, se debería dar prioridad a ambos buses? A uno? A ninguno?

Diseño óptimo de operación e infraestructura de un corredor tipo BRT en función de distintos atributos

Profesor guía: Juan Carlos Muñoz

Nivel: Magíster

En esta tesis se pretende determinar cuál debiera ser el diseño más adecuado para un corredor de buses en función de algunos atributos como: demanda por el corredor, espacio vial disponible, flujo de otros modos de transporte, presupuesto para inversiones, etc. Dentro de los atributos se contempla el espaciamiento entre paradas, el número de pistas, la posición del corredor, el número de bahías por parada, presencia de servicios expresos, operación tipo convoy, etc

Una segunda tesis consistiría en determinar en qué circunstancias un corredor tipo BRT sería preferible o no a una línea de tranvía, una línea de Metro o a operación de buses bajo tráfico mixto.

Finalmente se podría proponer la forma en que un corredor tipo BRT debiera evolucionar en su diseño y operación a medida que la demanda crece o cae.

Diseño y evaluación de un sistema inteligente de contención de pasajeros en estaciones de Metro

Profesor guía: Juan Carlos Muñoz

Nivel: Magister

En esta tesis interesa determinar un esquema de contención de pasajeros al andén de una estación crítica de la red (como por ejemplo estación Baquedano) de modo de reducir y homogeneizar el tiempo de detención de los trenes. Interesa identificar los impactos en la línea completa de implementar un esquema como éste mediante simulación.

Impacto de información disponible en la estimación de tiempos de espera por parte de los usuarios.

Profesores guía: Juan Carlos Muñoz, Ricardo Giesen

Nivel: Magister o Doctorado

Para estimar los tiempos de espera de los usuarios en un servicio de transporte público que no está sujeto a un horario, normalmente se usa una expresión equivalente al inverso de la frecuencia ofrecida multiplicada por un valor asociado a cuán irregulares son los intervalos entre vehículos sucesivos del servicio. Para intervalos perfectamente regulares el factor es

$\frac{1}{2}$, para intervalos que siguen una distribución exponencial el factor es 1. Estos modelos asumen que los usuarios llegan al paradero en cualquier instante con igual probabilidad.

Sin embargo, en el caso de servicios con horario pre-establecido o en el caso de servicios en que los usuarios cuentan con información en línea respecto de la posición de los buses, el tiempo de espera promedio y su variabilidad debiera cambiar bastante. Interesa también identificar el impacto en la estimación del tiempo de espera de contar con una aplicación de celular que ofrezca información en línea. Esta tesis se dedicará a formular modelos que permitan representar adecuadamente el tiempo de espera y su variabilidad en ambos contextos. Se debiera también determinar indicadores de satisfacción y/o frustración con el sistema en cada caso.

¿Por qué la evasión en Transantiago es tan alta?

Profesores guía: Juan Carlos Muñoz, Juan de Dios Ortúzar, Patricia Galilea

Nivel: Magister

Las políticas para disminuir la evasión del pago de pasajes en el mundo han estado muy enfocadas en mejorar los sistemas de fiscalización e incrementar las multas a los infractores. De la misma forma, muchos estudios en la literatura se han focalizado en el diseño de estrategias de reducción de la evasión basadas en la fiscalización. Sin embargo, entender a los evasores como actores racionales que ponderan únicamente los costos del pasaje y la probabilidad de ser atrapados, no considera el contexto social donde la evasión tiene lugar. En realidad, la evasión parece ser una combinación de muchos otros factores tales como el nivel de ingreso de los pasajeros, la percepción del servicio de transporte público, el tipo de sistema de pago del pasaje, entre otros. Por esta razón, enfocar la política pública en solo aumentar el nivel de fiscalización podría sobreestimar el beneficio de este tipo de estrategias y generar costos innecesarios de implementación.

La evasión no era medida en el sistema previo de “buses amarillos”, pero en Transantiago ha llegado a constituir un problema serio. En la actualidad, la evasión promedio en Transantiago supera el 20% y en algunos sectores de menor nivel socioeconómico se registran niveles de evasión aún mayores. En trabajos previos determinamos mediante modelos econométricos que las tasas de evasión en los buses aumentan a medida que: más gente entra (o sale) por una puerta, más pasajeros entran por las puertas traseras, los buses tienen niveles más altos de ocupación (y más puertas) y mayores intervalos entre pasadas (headway). Por otra parte, se observaron diferencias significativas en la evasión dependiendo del nivel socioeconómico del lugar donde están ubicados los paraderos y el periodo del día. No obstante, existen efectos longitudinales que inciden en la evasión y que no fueron analizados debido a las limitaciones de la información disponible al comienzo del estudio.

Este año el Programa Nacional de Fiscalización del MTT proporcionó bases de datos recolectadas mensualmente entre el año 2008 y 2014 (con más de un millón de

observaciones), que tienen el potencial para responder a nuevas interrogantes, relacionadas con el impacto del precio del pasaje en la evasión, el efecto de bola de nieve en la evasión (la gente evade más al observar a otros pasajeros evadiendo), el nivel de inspección, cambios en el diseño de los contratos de los operadores, entre otros. Nuestro trabajo previo permitió fortalecer vínculos con Transantiago, el Ministerio de Transporte y algunos operadores de Transantiago, lo cual facilitará el acceso a nuevas bases de datos y aumentará el potencial de la tesis para generar un impacto real en políticas públicas en materia de evasión.

Modelamiento de servicios expresos tipo skip-stop en líneas de Metro

Profesores guía: Juan Carlos Muñoz, Homero Larraín y Ricardo Giesen

Nivel: Magister

Metro de Santiago ha implementado exitosamente el sistema de servicios expresos tipo skip-stop en sus líneas 2, 4 y 5 que resulta atractivo cuando no se cuenta con un segundo riel en el cual implementar servicios expresos que pueden adelantar al servicio regular. La Memoria de Maxime Freyss permitió generar un modelo sencillo que permite determinar bajo qué condiciones éste tipo de operación es mejor a la operación tradicional. En ese trabajo se asumió un modelo de demanda extremadamente simplificado. En esta tesis se pretende modelar una función de demanda más realista y comparar el desempeño del sistema skip-stop con el que podría conseguirse si se contara con un riel adicional para instalar un sistema de servicios expresos corriendo en paralelo al servicio tradicional.

Estimación y predicción de velocidades y posiciones en tiempo real de buses de transporte público a partir de información de GPS

Profesores guía: Juan Carlos Muñoz, Ricardo Giesen, Juan Carlos Herrera y Hans Löbel

Nivel: Magister

El objetivo de esta investigación es desarrollar una aplicación que permita estimar la velocidad en tiempo real y tiempos de transferencia de pasajeros en un recorrido de bus de transporte público, a partir de información proveniente de GPS.

Las velocidades se estimarán utilizando la técnica estadística más adecuada - a determinar en una revisión bibliográfica del tema - y deben depender del tramo del recorrido y del período del día. Para llevar a cabo el desarrollo de esta aplicación, el alumno contará con datos de GPS (posición de bus y hora de captura del dato) en tiempo real de un servicio de Transantiago, además de la ubicación de los paraderos del recorrido.

Asimismo, en base a las velocidades y tiempos de transferencia estimados, la aplicación debe ser capaz de predecir las posiciones futuras de un bus para un determinado horizonte de tiempo (o distancia) y nivel de confianza estadística.

Como algoritmo de predicción, se sugiere utilizar algoritmos de inteligencia artificial como las Redes Neuronales Artificiales o Máquinas de Soporte Vectorial. Tras una breve investigación bibliográfica al respecto, se ha llegado a la conclusión de que estas metodologías presentan buenas prestaciones para lo requerido.

El alumno contará con el apoyo de diversos profesores del departamento de Ingeniería de Transporte y Logística y de profesionales (Ingenieros de Transporte y Computación) que actualmente trabajan en TransitUC, área de Dictuc que brinda servicios de tecnologías de información al transporte público.

Estimación y predicción de “crowdedness”, es decir, que tan apretados viajan los pasajeros de buses de transporte público en tiempo real, a partir de información de distintos tipo de sensores

Profesores guía: Juan Carlos Muñoz, Ricardo Giesen y Juan Carlos Herrera

Nivel: Magister

El objetivo de esta investigación es desarrollar métodos predictivos que permitan estimar la cuantos pasajeros viajan sentados y que tan apretados van los pasajeros que viajan parados en un recorrido de bus de transporte público, a partir de información de distintos tipo de sensores, como AFC, GPS, contadores de pax, etc.

Las velocidades se estimarán utilizando técnicas de *Machine Learning* (por ejemplo MLR, SVR, ANN, etc.). Para llevar a cabo el desarrollo de esta aplicación, el alumno contará con datos de GPS (posición de bus y hora de captura del dato) en tiempo real, datos offline de pagos en distintas estaciones de un recorrido de un servicio de Transantiago.

El alumno contará con el apoyo de diversos profesores del departamento de Ingeniería de Transporte y Logística y de profesionales (Ingenieros de Transporte y Computación) que actualmente trabajan en TransitUC, área de Dictuc que brinda servicios de tecnologías de información al transporte público.

¿Qué explica el desempeño de una pista solo bus en Santiago?

Profesor guía: Juan Carlos Muñoz

Nivel: Magíster

En Santiago hay una serie de pistas denominadas solo bus que muestran un desempeño muy dispar. En esta tesis se pretende identificar qué elementos explican este desempeño. Interesa comprender el efecto de la frecuencia de buses, del flujo de automóviles, de la presencia de estacionamientos, etc.

¿Qué explica la distribución de la carga interna de un bus o un carro de metro y, con ello, su capacidad?

Profesor guía: Juan Carlos Muñoz

Nivel: Magíster

Frecuentemente ocurre que vemos buses o carros de metro que pareciera que ya no admiten más usuarios, sin embargo su carga interna dista de la máxima de diseño pues ésta se encuentra muy mal distribuida. Mientras ciertas zonas del bus o carro presentan niveles de densidad de personas de pie muy elevados, otras zonas se encuentran ocupadas con densidades sustancialmente menores. En esta tesis interesa determinar qué factores influyen en este tipo de distribución y cómo. Entre otros factores debiera influir el tipo de bus, el largo de los viajes, etc.

Área Externalidades

Estudios de valoración ambiental

Profesores guía: Luis I. Rizzi y Juan de Dios Ortúzar

Nivel: Magíster o Doctorado

En el Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística, se han hecho varios estudios de valoración de externalidades de transporte, entre ellos accidentes de tránsito, ruido, calidad del aire y visibilidad. Todos estos estudios ya tienen aproximadamente 10 años de antigüedad, por lo que es necesaria su actualización. En esta línea, se pretende continuar realizando este tipo de estudios en relación a alguna de las externalidades mencionadas, incorporando avances tanto en materia de diseño estadístico de encuestas como en materia de modelación.

Esta línea de estudio requerirá generación y procesamiento de datos y modelación econométrica, dando lugar a tesis de magister o una tesis de doctorado.

Modelos Predictivos de Accidentes Viales para el Transporte de Carga

Profesor Guía: Luis Rizzi

Nivel: Magíster

Se requiere estimar modelos predictivos de ocurrencia de accidentes de carga a fin de generar una herramienta de gestión para empresas. Estos modelos buscan predecir la ocurrencia de accidentes en función de las características demográficas de los conductores, sus jornadas de trabajo y características del viaje. Ese tipo de modelos debería permitir a las empresas dedicadas al transporte formal de cargas i) identificar conductores más propensos al riesgo, ii) diagramar mejor los turnos de trabajo y iii) lograr beneficios privados y sociales por disminución de accidentes.

Modelos de accidentes viales

Profesor Guía: Luis I. Rizzi

Nivel: Magíster o Doctorado

La ocurrencia de accidentes de tránsito puede ser modelada con varios niveles de desagregación. En primer lugar, se puede pensar en un modelo a nivel nacional, donde la variable a explicar es el total nacional de accidentes de tránsito, el total de muertes producidas por los accidentes de tránsito, etc. En segundo lugar, se pueden desarrollar modelos a nivel regional (o de escala intermedia) en los que se modelan los accidentes ocurridos en cada Región del país, o comuna de área metropolitana, etc. En tercer lugar, se tienen modelos con máximo nivel de desagregación donde se tratan de explicar los accidentes ocurridos a nivel de sección de vía o intersección.

CONASET dispone de una base de datos que incluye todos los registros de accidentes del país desde 1997 a la fecha a nivel de Regiones.

Esta valiosa información no ha sido aún analizada utilizando modelos econométricos avanzados y esta Tesis tendría por finalidad comenzar con su análisis econométrico.

Esta línea de estudio requerirá procesamientos de datos y análisis de regresión, dando lugar a tres tesis de magister o una tesis de doctorado.

Gaudry, M.J.I. and Lassarre, S. (eds.) (2000) *Structural Road Accident Models*. Pergamon, Amsterdam.

Hauer, E. (1997) *Observational Before-After Studies in Road Safety*. Pergamon, Oxford.

Área Tráfico

Uso de tecnología en la gestión y operación de sistemas de transporte

Profesor Guía: Juan Carlos Herrera

Nivel: Magíster

Los avances tecnológicos nos permiten disponer de herramientas y datos que hasta hace pocos años era muy difícil/costoso conseguir. En esta línea de investigación se abordan las problemáticas que han surgido a partir de la incorporación de nuevas tecnologías en los sistemas de transporte. Entre estas problemáticas se incluyen el uso de distintos tipos de sensores en el monitoreo de tráfico, el procesamiento de datos para la estimación de estados de tráfico, el impacto de la información en los usuarios del sistema de transporte (conductores, pasajeros), y el uso de tecnología en la implementación de estrategias de control, entre otras. Esta línea considera el desarrollo de múltiples tesis.

Calibración del Diagrama Fundamental Macroscópico (MFD)

Profesor Guía: Juan Carlos Herrera

Nivel: Magíster

Una medida para determinar el nivel de operación en una zona es la cantidad de vehículos que finalizan su viaje (que salen de la zona o que llegan a su destino dentro de ella) por unidad de tiempo. Si bien esta medida no es fácilmente observable, está relacionada con la acumulación de vehículos en esa misma zona, lo cual es observable. Esta relación se conoce como el Diagrama Fundamental Macroscópico (MFD por su sigla en inglés). El conocimiento de este diagrama entrega información de los niveles de acumulación que logran la mayor tasa de viajes finalizados, lo cual permite generar e implementar estrategias que apuntan a mantener esa alta tasa de producción. En esta línea de investigación se busca desarrollar metodologías para calibrar este diagrama a partir de datos entregados por diversas fuentes, e implementar esta metodología en algún sector de Santiago.

Análisis de flujos peatonales y de bicicletas

Profesores Guía: Juan Carlos Herrera, Felipe Delgado

Nivel: Magíster

Se postula que algunos fenómenos observados en el flujo vehicular también se replican en flujos peatonales y de bicicletas. En esta línea de investigación se pretende estudiar ambos tipos de flujos a fin de caracterizarlos operacionalmente. Interesa, en este sentido, entender cuáles son las variables fundamentales que son necesarias para modelar las dinámicas tanto

de peatones como ciclistas así como entender las particularidades de cada uno. Además de una profunda revisión bibliográfica sobre el tema, se espera en este trabajo recolectar y analizar datos de terreno en diferentes contextos tanto para ciclistas como peatones con el fin de para responder a las hipótesis planteadas. Esta línea considera el desarrollo de múltiples tesis.

Extensiones al modelo de seguimiento vehicular basado en fuerzas sociales

Profesores Guía: Juan Carlos Herrera, Juan Enrique Coeymans

Nivel: Magíster

En su tesis de doctorado, Delpiano (2015) modela la interacción de un vehículo con su entorno a través de fuerzas o tendencias sociales. Es decir, un vehículo determina su movimiento longitudinal y lateral de acuerdo a una fuerza que lo hace avanzar, otra que lo intenta mantener en el centro de su pista, y otra que responde a la repulsión que otros vehículos (al lado o más adelante) le generan. En esta línea de investigación se pretende continuar con el desarrollo y análisis del modelo. En particular, se busca mejora la reproducción de algunos fenómenos observados en la realidad, tales como la anomalía colateral, el impacto del tráfico mixto y el comportamiento en secciones curvas y/o con pendientes, entre otros. Esta línea considera el desarrollo de múltiples tesis.

Control adaptativo de semáforos

Profesor Guía: Hans Löbel

Nivel: Magister y Doctorado

A medida que crece la población en las ciudades, también lo hace la carga sobre sus sistemas de transporte, tanto para el movimiento de personas, como para el de bienes y servicios. Sin embargo, el aumento de vehículos asociado a esta situación ha generado un gran incremento en la demanda de infraestructura vial, lo que provoca congestión y retrasos en los viajes. Una opción eficiente para abordar el problema es aumentar la eficiencia de la infraestructura existente mediante sus sistemas de control, en particular, en los controladores de señales de tráfico.

En esta línea de investigación se busca diseñar nuevos mecanismos de sincronización y control adaptativo de redes de semáforos, usando técnicas de aprendizaje de máquina e información proveniente de distintas fuentes de datos, como espiras, cámaras de video y redes sociales.

Generación de imágenes de tránsito sintéticas para alimentar sistemas de control de tráfico

Profesor Guía: Hans Löbel

Nivel: Magister y Doctorado

La calibración de controladores de semáforos adaptativos requiere el uso de simuladores, debido a la imposibilidad del controlador de interactuar eficientemente con el entorno real. Una situación de este tipo generaría interrupciones masivas en el tráfico, debido a sus errores en los pasos iniciales del proceso de calibración, incluso si sólo se entrena en una intersección. A pesar de que los simuladores permiten generar una simulación suficientemente realista del estado de la red, estos no tienen la capacidad de generar una simulación visual realista de esta, que resulta fundamental para el desarrollo de sistemas de control de tráfico que utilizan información visual.

En esta línea de investigación se busca diseñar nuevos algoritmos de generación de imágenes de tránsito con apariencia realista, que puedan ser utilizadas para alimentar un controlador de semáforos que utiliza información visual para tomar las decisiones. En particular, se trabajará con algoritmos de aprendizaje de máquina y volúmenes masivos de datos.

Detección de anomalías en redes de transporte

Profesor Guía: Hans Löbel

Nivel: Magister y Doctorado

Las anomalías en las redes de transporte, como la no parada de buses en los paraderos correspondientes o el uso de pistas exclusivas para buses por parte de vehículos no autorizados, pueden tener un impacto directo en el nivel de servicio prestado a los usuarios. Estas anomalías a menudo se generan a lo largo de todo el sistema, en diferentes lugares y momentos, y generalmente no son detectadas a tiempo por los operadores y las agencias de tránsito.

Esta línea de investigación tiene como objetivo desarrollar algoritmos para detectar estas anomalías, proporcionando esta información a operadores y / o agencias de tránsito. Se utilizarán principalmente técnicas de aprendizaje estadístico y múltiples fuentes de datos, como gps, cámaras de tránsito y redes sociales.

Calibración de curvas flujo – velocidad en autopistas

Profesor Guía: Juan Enrique Coeymans

Nivel: Magíster

Las curvas flujo velocidad, son importantes tanto en el área de modelación de tráfico como en el área de Redes y Oferta de transporte. Debido a que en Chile había muy pocas autopistas, no se ha realizado hasta la fecha una calibración que permita ocupar curvas propias del caso chileno.

La tesis deberá calibrar estas curvas para diferentes situaciones: autopistas de dos pistas por lado y de tres pistas por lado, así como el caso urbano (con más entradas y salidas) y el caso interurbano con tramos de enlace muchísimo más largos.

Se debe, después de revisar la literatura pertinente, recoger información de terreno y calibrar las curvas más apropiadas.

Ondas de choque y formación de colas en autopistas urbanas

Profesor Guía: Juan Enrique Coeymans

Nivel: Magíster

A partir de estudios de campos desarrollados en otros países, se pueden descubrir ciertas particularidades de las colas y problemas que se presentan, y los principales focos donde se desarrollan, así como posibles maneras de buscar soluciones. La teoría de colas, y en particular la de las ondas de choque, pareciera ser una buena aproximación macroscópica en la cuantificación de los efectos que se producen en estas autopistas.

La Tesis consistirá en una revisión de la teoría asociada a las ondas de choque al cambiar estados de flujos instantáneamente y revisa casos en que ellas se presentan; Se requiere hacer una descripción de un estudio en terreno sobre las características empíricas de la zona de transición entre dos flujos al formarse una cola por una rampa de salida, y contrasta los resultados de dicho estudio con la teoría expuesta previamente sobre cambios instantáneos, así mismo debe detallar las características que se observan a lo largo de una cola que se forma en las autopistas urbanas y los efectos que dichas patrones característicos producen y finalmente debe presentar medidas de mejoras para evitar formación de colas o para evitar que estas provoquen problemas mayores.

Calibración fórmulas de colas y colas remanentes en intersecciones

Profesor Guía: Juan Enrique Coeymans

Nivel: Magíster

El acercamiento tradicional de las colas contempla solo casos en que no hay sobresaturación. Los avances hechos por Akcelik, necesitan ser calibrados en Chile, más aún cuando se descubrió recientemente una simplificación hecha por Akcelik, que no era trivial y alteraba los resultados. La aproximación de la UC es más compleja, pero más consistente.

Se requiere contar con información recogida en terreno, de no fácil ejecución, calibrar las fórmulas de colas y hacer las variaciones y simplificaciones que el caso requiera a partir del tema de las colas remanentes.

SIGCOM 5

Profesor Guía: Juan Enrique Coeymans

Nivel: Magíster

Se requiere actualizar el modelo de optimización de intersecciones semaforizadas, SIGCOM, incorporando la optimización de parámetros ambientales, tales como la contaminación del aire y los niveles de ruido.

La tesis tiene como objetivos analizar y desarrollar fórmulas que relacionen los indicadores tradicionales de performance, como demoras y paradas, junto con el consumo de combustible y la producción de externalidades negativas ambientales.

El producto final de la tesis es una versión número 5 de SIGCOM que optimice semáforos aislados minimizando los costos ambientales de su operación.

División en redes y subredes semaforizadas

Profesor Guía: Juan Enrique Coeymans

Nivel: Magíster

Cuando se desea optimizar redes semaforizadas, como parte de la gestión de tráfico de grandes ciudades, se hace necesario muchas veces subdividir las áreas semaforizadas en distintas subredes, por la imposibilidad de producir una optimización en una red grande con muchos nodos y demandas diferentes.

La división en redes y subredes se hace a través de reglas informales, y no existe una heurística que asegure que las divisiones propuestas sean necesariamente óptimas desde un punto de vista social.

Este tema no ha sido planteado nunca en la literatura. La meta es llegar a proponer una heurística suficientemente robusta que permita esta subdivisión con el objetivo de minimizar el costo social total producido por la subdivisión.

Simulación de rotondas

Profesor Guía: Juan Enrique Coeymans

Nivel: Doctorado

El objetivo de la tesis es producir un modelo de microsimulación de rotondas que sea capaz de modelar rotondas de diferente tipo: micro, mini y rotondas normales o grandes.

Basándose principalmente en la teoría de aceptación de brechas (*gaps*), la que deberá ser discutida y complementada con una adecuada recolección de datos en terreno, se espera que se pueda producir un modelo computacional de micro simulación que replique la situación de intersecciones complejas.

Los indicadores de performance de la micro simulación servirían para optar, en conjunto con la optimización de semáforos aislados SIGCOM, determinar la conveniencia o no de operar con rotondas o con semáforos.

Dispersión de pelotones de buses

Profesor Guía: Juan Enrique Coeymans

Nivel: Doctorado

La dispersión de pelotones de buses es un tema muy poco estudiado en la literatura. Existen unas fórmulas aproximadas construidas por Robertson y Pierce son las únicas que han sido usadas, pero fueron desarrolladas en el contexto de una participación del transporte público muy pequeña con respecto al total del flujo. Así mismo, por la razón anterior, tampoco han sido calibrados adecuadamente los parámetros que emplean dichas fórmulas.

El objetivo de la tesis es plantear desde cero el tema de la dispersión de buses en un contexto de tráfico de países en desarrollo, donde hay una fuerte y significativa componente de ellos en el flujo. A partir de recolección de datos en terreno que permitan afirmar cuales fórmulas se adecuan más, cuales son los rangos en que hay dispersión, y en que situaciones de flujos no es conveniente ni siquiera tomar mucho en cuenta la dispersión de buses, se debe llegar a un modelo de dispersión robusto que se adecue a diferentes entornos, en especial donde la proporción de buses sea relevante. La tesis debería ser “el modelo” de dispersión de pelotones de buses a nivel mundial.

Área Logística

Multi-vehicle multi-product IRP

Profesor guía: Homero Larrain

Nivel: Magíster

El problema de ruteo de inventarios (IRP) consiste en determinar rutas óptimas para una flota de vehículos, y en forma simultánea determinar cuándo visitar y cuánto entregar en cada visita a cada cliente. La variante multi-período multi-producto de este problema representa un desafío importante para la logística debido a su complejidad. Sin embargo, nuevas técnicas de optimización y nuevas heurísticas de solución presentan oportunidades para proveer buenas soluciones a este problema en tiempo razonable. En particular se desea estudiar el desempeño de la heurística de búsqueda en vecindarios crecientes sobre este problema.

IRP con redistribución

Profesor guía: Homero Larrain

Nivel: Magíster

Una forma de disminuir los costos logísticos de un sistema consiste en resolver en forma simultánea los problemas de ruteo e inventario, dando lugar a un IRP. Esto sucede en la práctica en sistemas donde el proveedor tiene control sobre el inventario de sus clientes (VMI, vendor managed inventory). Estos costos pueden ser reducidos aún más si permitimos que el proveedor realice movimientos de producto entre bodegas de sus clientes. Este nuevo problema, el IRP con redistribución, es un problema que es un buen candidato para probar con nuevas heurísticas de búsqueda, ya sean ANLS, kernel search o vecindarios crecientes.

Redistribución óptima de bicicletas entre estaciones de BikeSantiago

Profesor guía: Homero Larrain, Ricardo Giesen, Juan Carlos Muñoz

Nivel: Magíster

Se propone desarrollar un modelo que permita optimizar la redistribución de bicicletas entre estaciones del sistema, de forma de asegurar un nivel de servicio adecuado (disponibilidad de bicicletas y estacionamientos) y de minimizar los costos de operación.

Analysis of logistics sprawl: Spatial patterns of logistics facilities in Urban Areas in Chile

Profesor Guía: Ricardo Giesen

Nivel: Magíster

El objetivo es estudiar cómo se han ido desplazando los centros de distribución e instalaciones logísticas en ciudades como Santiago, Concepción o Valparaíso, y analizar el impacto en términos de la operación de las cadenas logísticas y las externalidades que esto produce.

Este proyecto se enmarca en el clúster de movilidad de CEDEUS. En este estudio se utilizará una metodología desarrollada por investigadores del IFSTTAR y que ha sido utilizada en París, Los Ángeles, Atlanta, entre otras.

Desarrollo de modelos de transporte de carga para la planificación de ciudades

Profesor Guía: Ricardo Giesen

Nivel: Magíster/ Doctorado

El objetivo es desarrollar metodologías que permitan mejorar las estimaciones de flujos de vehículos de carga en las ciudades en función de la localización de actividades, las políticas de gestión de inventarios de los distintos tipos de comercio, las regulaciones al tráfico de vehículos de carga, etc.

Este proyecto se enmarca en el cluster de movilidad de CEDEUS, y se espera colaborar con investigadores de MIT.

Análisis de la sustentabilidad de sistemas de despacho a domicilio

Profesor Guía: Ricardo Giesen

Nivel: Magíster/ Doctorado

El objetivo es estudiar el impacto de distintas características del nivel de servicio y localización de la demanda en la eficiencia y sustentabilidad de sistemas de despacho a domicilio.

Este proyecto se enmarca en el clúster de movilidad de CEDEUS.

Improve real-time vehicle dispatching capabilities in mining vehicle-operations incorporating priorities

Profesores Guía: Ricardo Giesen

Nivel: Magíster

Design strategies for operating mining truck whereas priority queues by type and condition of the vehicles are considered. These strategies should define the events to which it is appropriate to update plans.

Develop an analytical optimization model to update truck plans in real-time, considering information in real time about inventories accumulated in various parts of the mine, and location and status of the fleet routing plans. This model must incorporate trucks priorities according to their operating costs.

Quantify the benefits of the strategies proposed in simulation experiments. We expected to have real information about the exploitation of a mine to make these comparisons.

Improve fleet sizing decisions in mining operations

Profesores Guía: Ricardo Giesen

Nivel: Magíster

Develop a “robust” optimization model for determining the fleet requirement in mining operations taking into account different type of vehicles and assigning priorities per type of vehicle. This model should allow to define better maintenance and replacement policies, and to quantify the throughput of the system for a given fleet of vehicles.

Quantify the benefit of dimensioning the truck fleet considering priorities for different vehicles based on load capacity and average operational performance; and of prioritizing the operation of trucks based on operational and maintenance costs.

Análisis de Políticas de Transporte Urbano de Carga Sustentable

Profesores Guía: Ricardo Giesen y Juan Carlos Muñoz

Nivel: Magíster y Doctorado

Un sistema de transporte de carga eficiente es clave en la competitividad de las ciudades, pero el transporte de carga tiene externalidades negativas que si no se intervienen adecuadamente puede impactar negativamente la calidad de vida de sus habitantes. En esta investigación se evaluará distintas políticas implementadas para mejorar la sustentabilidad del transporte de carga.

Costo de recolección de capturar distintos materiales para reciclaje en distintos barrios de Chile

Profesores Guía: Juan Carlos Muñoz y Ricardo Giesen

Nivel: Magíster

La recientemente aprobada Ley de Reciclaje o Responsabilidad Extendida del Productor (REP) exigirá a las empresas productoras demostrar que han reciclado un porcentaje de cada uno de los productos que insertan en el mercado. Una pregunta relevante es si esta exigencia será idéntica para todos los productos y si se exigirá por igual en todas las regiones de Chile. En esta tesis interesa determinar el costo real de capturar desde distintos barrios de Chile un kilo de los diversos tipos de materiales contemplados en la REP. Es decir lo que cuesta tomarlo en la puerta de la casa y llevarlo hasta la planta de reciclaje más próxima. Interesa finalmente determinar en este escenario los valores residuales dada la configuración de precios y plantas de reciclaje actual en Chile (identificar qué productos y donde tienen valor residual negativo).

Optimización de rutas de despacho considerando diferencial de altura en ciudades.

Profesores Guía: Mathias Klapp y Ricardo Giesen

Nivel: Magíster

En este proyecto estamos estudiando cómo cambian las decisiones de ruteo de vehículos cuando se incorpora la diferencia de altura entre diferentes localidades de una urbe en el efecto de consumo de combustible y costo de rutas. Lo anterior está motivados por ciudades como Valparaíso o San Francisco en donde existen pendientes de hasta 10 grados en avenidas transitadas regularmente por vehículos de despacho. Resultados preliminares permiten ver comportamientos óptimos de ruteo muy diferentes al ruteo que sólo minimiza vehículos utilizados y distancia total recorrida. Por ejemplo, a veces conviene evitar cambios entre los diferentes planos de la ciudad a pesar de que esto aumente la distancia recorrida, o particionar una ruta en dos o más y descargar parcialmente el vehículo en el centro de distribución antes de hacer un gran subida evitando así el consumo excesivo de combustible.

Estudio del diseño óptimo de vías reversible en la ciudad

Profesores Guía: Mathias Klapp y Homero Larraín

Nivel: Magíster

Cómo diseñar vías reversibles en la red vial para minimizar el costo social del resultante del equilibrio de tráfico privado. Esto implica diseñar los arcos reversibles de la red

dinámicamente a lo largo del día para que el problema de equilibrio sea resuelto en el mejor contexto. Supongamos que tenemos una red dirigida $G=(N,A)$ y P periodos: típicamente punta mañana, fuera de punta, punta tarde. Hay un subconjunto S de A que puede ser reversado en cada periodo del día y puede haber costos (o pérdidas de capacidad temporales) al reversar vías (señalética adicional, por ejemplo, coordinación con policías, vaciar el pipeline). Tenemos demanda por viajes en triples (origen, destino, periodo). La acción es determinar para cada arco en S si reversar o no y en que periodo. El conjunto de acciones puede ser explosivo, hay $2^{|P|}$ opciones por arco y $|S|$ arcos lo que implica $2^{|P||S|}$ opciones. Esto implica que no es factible correr cada configuración posible con arcos fijos. El objetivo es minimizar el costo total del equilibrio privado sobre la suma ponderada en los tres periodos.

Aproximación continua para problemas multi-despacho

Profesores Guía: Mathias Klapp

Nivel: Magíster

Estudiar problemas de ruteo con múltiples despachos por vehículo al día desde un centro de distribución urbano utilizando técnicas de aproximación continua (Teorema BHH) para determinar el momento en que se deben ejecutar despachos a clientes y el tamaño de la ruta (en número de clientes por despacho). La idea es la siguiente:

Si un vehículo es despachado en t para servir n clientes, entonces cuesta $\alpha\sqrt{n}$ y vuelve a estar disponible en el centro de distribución en tiempo $t - \beta\sqrt{n}$.

El segundo despacho podría ser ejecutado sólo después de $t - \beta\sqrt{n}$.

Entender si se puede concluir algo acerca de la frecuencia de despacho óptima que maximiza cobertura de clientes (por ejemplo).

Extensión de técnicas de Branch & Price a modelos de Optimización Estocástica de dos etapas.

Profesores Guía: Mathias Klapp

Nivel: Magíster

En esta investigación se pretende generar un marco de trabajo alternativo a la descomposición de Benders (generación de optimality cuts) para Two-stage stochastic programming (TSSP) cuando el modelo de decisiones segunda etapa (recourse action) es separable por columna y la acción correctiva queda embebida en el subproblema que genera columnas para el algoritmo de Branch & Price. Una primera prueba se ha hecho

sobre el Problema de Ruteo de Vehículos con clientes Probabilísticos (Branch & Price por the Probabilistic VRP, Lagos, Klapp, Toriello, 2017).

Problemas de personal shopping

Profesores Guía: Mathias Klapp y Ricardo Giesen

Nivel: Magíster

Hoy hay un alza de servicios de Personal Shopping para ventas de productos por internet. Ejemplos son: Instacart (USA) y Cornershop (Mexico y Chile). Este servicio funciona de la siguiente manera:

1. Dinámicamente a lo largo del día diferentes clientes crean listas de productos requeridos por teléfono o internet (potencialmente de diferentes tiendas) y gatillan ordenes de despacho a su dirección.
2. Los ordenes se deben aceptar o rechazar de manera inmediata por el tomador de decisiones.
3. Las órdenes ya aceptadas (listas de productos) se asignan a un trabajador que va a diferentes tiendas, recolecta los productos de la lista y despacha la compra a domicilio.

Hay múltiples preguntas de investigación:

- Tácticas: ¿Qué opciones de compra darle a cada cliente, qué nivel de servicio y tiempo de entrega ofrecer, cuántos trabajadores tener?
- Operativas: ¿Cómo definir qué órdenes aceptar en función de diferentes parámetros (tamaño de orden, hora del día, ubicación geográfica)? ¿Cómo realizar la asignación dinámica de órdenes a trabajadores? ¿Asignar listas de más de un cliente de manera simultánea por trabajador para consolidar órdenes? ¿Separar las listas en más de un trabajador para consolidar por visitas a tienda? etc.

Click & Collect en casilleros

Profesores Guía: Mathias Klapp y Ricardo Giesen

Nivel: Magíster

Hoy hay gran debate sobre qué sistema dominará el futuro del e-commerce mayorista: Click & Collect (comprar y recoger en tienda) o despacho a domicilio al cliente de parte de un proveedor logístico (UPS, Correos de Chile, FedEx) o el mismo retailer (Amazon, Falabella, Paris). El despacho a domicilio al cliente final es cómodo para el cliente, pero caro (para el repartidor) e inflexible (el cliente debe estar al momento de la entrega). La recolección en tienda es barata para la empresa, flexible (el cliente puede recogerlo a la hora que desee), pero engorroso para el cliente (debe viajar a la tienda) e ineficiente en la red (n viajes

directos a la tienda versus un viaje consolidado de despacho a clientes). ¿Qué tal un enfoque intermedio que recoja lo mejor de ambos lados? Esto es, reparto a red de casilleros! Las preguntas que surgen:

- Tácticas: ¿Dónde localizar casilleros? ¿Qué tan grande es la red de casilleros?
- Operativas: ¿Cómo despachar en la red de casilleros? ¿Qué tal si le damos más de una opción de casillero a cada cliente y escogemos dónde entregarle?

Problemas dinámicos de ruteo de Vehículos con flota variable.

Profesores Guía: Mathias Klapp y Ricardo Giesen

Nivel: Magíster

Estudiar el problema de ruteo de vehículos, pero con flota variable (y dinámicamente ajustada) en el tiempo para hacer repartos a domicilio. Un problema inicial sería estudiar en qué momento incrementar la capacidad de flota del sistema. Luego se debiese definir una flota base (full time) con esquemas tradicionales y definir una flota variable (por ejemplo 3PL y crowdsourcing). Los esquemas de costo y las oportunidades de consolidación en flota variable son diferentes al PRV tradicional (costo por paquete entregado o por hora de conductor en vez de por vehículo utilizado).

El problema luego se podría extender con esquemas que consideren crowdsourcing de recursos móviles (estilo uber, pero para despacho a domicilio). El caso de crowdsourcing difiere de otro recurso móvil variable, puesto que posee bastante incertidumbre y variabilidad en la disponibilidad real del recurso.

Otra idea relacionada es estudiar cómo relocalizar un pool de vehículos para reparto (y así dar flexibilidad) en centros de distribución de la ciudad a lo largo del tiempo en función de requerimientos de despacho. Responder a qué centro asignar flota y en qué momentos y días de la semana.

Sistemas de distribución de órdenes a domicilio same-day integrados con decisiones de bodegaje y picking.

Profesores Guía: Mathias Klapp y Ricardo Giesen

Nivel: Magíster

Los sistemas de reparto a domicilio *same-day* (en el mismo día de la orden de compra) dependen fuertemente de la velocidad de procesamiento de órdenes en los centros de distribución (preparación, picking y empaquetamiento en bodega). Bajo esta lógica

convendría gatillar la preparación en bodega de cada paquete a distribuir lo más rápido posible para que no retrase el despacho a domicilio.

Sin embargo, desde el punto de vista de la eficiencia en *picking*, tiene sentido consolidar múltiples órdenes, pues existen economías de escala al recoger órdenes de manera simultánea en una sola ruta de *picking* de un trabajador. Así, convendría consolidar todo el picking en una sola operación conjunta después que lleguen todas las órdenes. Lo anterior es eficiente, pero retrasa el despacho. Este estudio pretende analizar el trade-off entre el dinamismo requerido por el sistema de despacho y la eficiencia del sistema de preparación de órdenes.

Manejo de logística de reversa en problemas de e-shopping

Profesores Guía: Mathias Klapp y Ricardo Giesen

Nivel: Magíster

El e-commerce no sólo genera despachos hacia los clientes, sino que también una gran cadena de logística de reversa a través de devoluciones de productos. Por ejemplo, alguien que compra zapatos por internet podría equivocarse de talla y devolverlos (ver empresa Zappos.com). Muchos clientes esperan que compañías como Amazon se hagan cargo de este servicio. Algunas preguntas son:

- ¿Cómo incluir un sistema de devoluciones en el sistema de reparto a domicilio?
- ¿Cómo evitar comportamientos de parte del cliente que son ineficientes para hacer devoluciones? Por ejemplo: comprar 10 pares de zapatos y devolver 9.
- ¿Cómo diseñar el sistema de reparto a domicilio sabiendo que históricamente un cierto porcentaje de las órdenes va a ser devuelto?

Área Transporte Aéreo

¿Cómo asignar capacidad destinada a diferentes tipos de contrato en el transporte aéreo de carga?

Profesores guía: Felipe Delgado

Nivel: Magíster

Los bajos márgenes en la industria aérea han hecho que las aerolíneas se centren en el área del transporte de carga para aumentar sus ganancias. Uno de los problemas a los que se enfrentan es determinar la proporción de la capacidad de un vuelo que va a ser destinada para los contratos a largo plazo, conocidos como *allotment*, y para las reservas más urgentes y cercanas a la fecha del vuelo, conocidas como *free*. Dependiendo de las condiciones del mercado, se pueden presentar dos situaciones:

- i) Cuando la demanda por transporte de carga aérea es mayor que la oferta existente, por lo general, las tarifas *allotment* son menores a las tarifas *free*. Lo anterior, sugiere que de ser posible uno siempre debiera privilegiar la venta del espacio *free* sobre *allotment*. Sin embargo, la demanda *free* tiene mayor incertidumbre, muchas veces no llegando con la carga a un vuelo aun cuando el espacio fue reservado, provocando la pérdida del espacio vendido. Además, las decisiones de *allotment* deben ser tomadas mucho antes que la demanda del *free* se manifieste.
- ii) Cuando la oferta de aviones cargueros es mayor a la demanda, se produce la situación inversa donde los clientes esperan hasta última hora para enviar sus pedidos esperando por la mejor tarifa posible. En estos casos se da que la tarifa de *allotment* es en general mayor a la del *free*, pero está el riesgo que los contratos de *allotment* no se cumplan.

Este problema fue abordado inicialmente por la tesis de magister de Masato Wada en donde se abordaba el primer caso. Sin embargo, el desarrollo y validación de un modelo más general que aborde ambos casos aún no ha sido estudiado.

El proyecto será efectuado en conjunto con LATAM.

Asignación de carga aérea a la red de vuelos de pasajeros considerando incertidumbre en la oferta y demanda.

Profesores guía: Felipe Delgado

Nivel: Magíster o Doctorado

El transporte aéreo de carga representa una importante fuente de ingresos para las líneas aéreas. Una de las principales ventajas de esta industria, es que la carga puede ser enviada por cualquier ruta, independiente del tiempo de viaje y de la cantidad de conexiones y solo está restringida por un tiempo máximo de entrega. Por otra parte, la carga puede ser

enviada de dos maneras, con aviones cargueros dedicados específicamente al transporte de carga o en los *bellys* de los aviones de pasajeros. Una de las principales dificultades que presentan los *bellys* es la incertidumbre en la capacidad. Esto debido a que al tratarse de una industria secundaria, el equipaje de los pasajeros tiene prioridad y la capacidad real disponible para carga se conoce después de embarcar. Una segunda dificultad radica en la estimación de la demanda de carga al momento de planificar la cantidad de carga a asignar a cada vuelo.

La tesis de Ricardo Trincado aborda el problema de la asignación óptima de carga a la red de pasajeros de manera de maximizar las ganancias considerando aleatoriedad en las capacidades. Sin embargo, las demandas fueron supuestas conocidas y determinísticas.

El objetivo de esta tesis es desarrollar y resolver un modelo que permita incluir estocasticidad tanto en la capacidad de los vuelos como en la demanda, de manera de modelar de mejor manera la realidad. Un modelo de este tipo permitiría desarrollar políticas de Overbooking a nivel de red en vez de a nivel de tramo como se encuentra desarrollado en la literatura.

El proyecto será efectuado en conjunto con LATAM y la ayuda del profesor Bernardo Pagnoncelli de la Universidad Adolfo Ibañez.

Asignación de carga a la red de vuelos de pasajeros incluyendo medidas de riesgo

Profesores guía: Felipe Delgado

Nivel: Magíster o Doctorado

La tesis de Ricardo Trincado aborda el problema de la asignación óptima de carga a la red de pasajeros de manera de maximizar las ganancias considerando aleatoriedad en las capacidades. Sin embargo, el maximizar exclusivamente el valor esperado de las ganancias en un ambiente de alta estocasticidad puede producir que en ciertos periodos la empresa logre ganancias importantes mientras que en otros se produzcan grandes pérdidas afectando el flujo de caja de la empresa.

El objetivo de esta tesis es desarrollar y resolver un modelo de asignación de carga a la red belly de manera de maximizar los ingresos de la compañía tomando en consideración medidas de riesgo. Un modelo de este tipo permitiría a la aerolínea tener un flujo de caja más estable protegiéndose ante situaciones que pueden implicar posibles pérdidas.

El proyecto será efectuado en conjunto con LATAM y la ayuda del profesor Bernardo Pagnoncelli de la Universidad Adolfo Ibañez.

Problema de mantenimiento diario de aviones

Profesores guía: Felipe Delgado

Nivel: Magíster o Doctorado

La mayoría de los modelos de mantenimiento de aviones se han desarrollado en el contexto de mantenimientos mayores y como una restricción a los problemas de ruteo y asignación. En este sentido, en la literatura poca atención se ha puesto al problema del mantenimiento diario de aviones. Debido a la falta de estos modelos, las aerolíneas en general toman estas decisiones de mantenimiento de manera manual basándose en la experiencia de los tomadores de decisiones. Sin embargo, la diversidad de flota y aeropuertos donde se pueden efectuar estos mantenimientos, sumado a la diversidad de requerimientos hacen de este problema uno extremadamente complejo como para obtener soluciones óptimas de manera manual. A esto se suma que la planificación de mantenimiento original no se pueda llevar a la práctica sufriendo constantes modificaciones durante el día debido a la presencia de un entorno cambiante donde debido a situaciones climáticas y otros imprevistos hay vuelos que se atrasan o cancelan.

El objetivo de este estudio se divide en tres etapas:

- a) Desarrollar y resolver un modelo de optimización determinístico para el problema de mantenimiento diario de aviones que pueda ser resuelto en cortos periodos de tiempo y pueda ser usado por los tomadores de decisiones.
- b) A partir del punto a) desarrollar y resolver la versión estocástica del mismo considerando las principales fuentes de incerteza.
- c) Desarrollar una formulación robusta del problema de manera que la planificación inicial no sufra modificaciones importantes.

El proyecto será efectuado en conjunto con el profesor Cheng-Lung Wu de la University of New South Wales, Australia y Qantas.

El rol del aeropuerto en el desarrollo de la ciudad

Profesores guía: Felipe Delgado y Sebastián Raveau

Nivel: Magíster

Esta investigación pretende estudiar el impacto que posee la localización del aeropuerto en el desarrollo urbano y los patrones de movilidad de la ciudad. Históricamente los aeropuertos han sido localizados en las periferias de la ciudad, alejados de los centros de actividades. Sin embargo, el crecimiento urbano de las grandes ciudades ha tendido a absorber los aeropuertos. Dentro de los impactos a considerar de la cercanía de los aeropuertos a la ciudad, es posible identificar: (i) la expansión urbana, (ii) la relocalización residencial y comercial, (iii) cambios en el uso de suelos, (iv) la partición modal interurbana y (v) las externalidades asociadas.