

EFFECTO DE LA DISEMINACION DE INFORMACION SOBRE LA ELECCION DEL HORARIO DE SALIDA EN VIAJES CON PROPOSITO OCIO

Patricio Alvarez Mendoza PhD, Universidad del Bio Bio palvarez@ubiobio.cl

Sergio Vargas Tejeda PhD, Universidad del Bio Bio svargas@ubiobio.cl

Renato Oyarce Ulloa, Universidad del Bio Bio reoyarce@alumnos.ubiobio.cl

RESUMEN

En los últimos años, en la ciudad de Santiago se ha vuelto común observar que cuando se concatenan días feriados con fines de semana, se generan períodos extendidos de tiempo libre que propician la salida de un volumen extraordinario de automovilistas desde la capital antes del inicio del descanso prolongado y también, aunque en menor medida al final de dicho periodo, pero en sentido inverso. Producto de este aumento de la demanda, se generan episodios de congestión significativos que impactan negativamente a los usuarios, a los operadores de la infraestructura y al medio ambiente. En este estudio se implementa un experimento de simulación donde se registra iterativamente la elección del horario de salida de diferentes usuarios cuando se les exhibe la probable distribución temporal de los viajes con propósito ocio. Para ello se construye el probable perfil temporal de la demanda que luego se disemina que todos los usuarios para que puedan elegir su horario de salida y así minimizar los efectos negativos de los horarios donde se concentra la demanda. Los resultados del experimento indican que este enfoque es efectivo para aplanar la curva demanda reduciendo la demanda máxima temporal y el tiempo de viaje total del sistema.

Palabras clave: gestión de la demanda, diseminación de información, crowdsourcing

In recent years, in Santiago, when holidays are concatenated with weekends, extended periods of free time are generated that lead to the departure of an extraordinary volume of motorists from the capital before the start of the prolonged rest and also, although to a lesser extent at the end of said period, but in the opposite direction. As a result of this increase in demand, significant congestion episodes are generated that negatively impact users, infrastructure operators, and the environment. This study implemented a simulation experiment where different users' choice of departure time is iteratively recorded. The temporary demand profile is built and afterward disseminated to all users to choose their departure time and thus minimize the adverse effects of the hours with high demand. The experiment results indicate that this approach is effective in flattening the demand curve by reducing the temporary maximum demand and the total travel time of the system.

1. INTRODUCCIÓN

Ha sido una característica de los últimos años, que en ocasiones cuando se generan períodos que combinan días feriados con fines de semana, se genera una salida extraordinaria de automovilistas desde las grandes ciudades hacia zonas rurales y otras áreas con atractivo turístico. Producto de este exceso de demanda y las restricciones activas sobre los usuarios respecto en la elección del horario de salida (horario de trabajo, colegio, etc.), se generan episodios de congestión significativa, con impactos negativos y que afectan a los usuarios, a los operadores de la infraestructura y al medio ambiente, consumiendo cantidades excesivas de tiempo, combustible y recursos naturales.

Con el objetivo de mitigar los efectos negativos de estos episodios, las autoridades activan planes de contingencia para las principales carreteras que conectan con la Región Metropolitana con el resto del territorio. Estos planes usualmente se abordan desde la provisión de más capacidad (vías reversibles, más casetas de peaje, tránsito por la berma, etc.), aumento de la fiscalización, y la entrega de incentivos pecuniarios para viajar en ciertos horarios (rebaja de peaje) o para utilizar transporte público interurbano. Estos planes de contingencia, particularmente aquellos que consideran aumentos en la capacidad, tienen un costo elevado y son de lenta implementación debido a que requieren intervenciones sobre infraestructura física del sistema.

Pese a la implementación de estos planes, que usualmente se acompaña con una amplia difusión en los medios de comunicación, y en las mismas carreteras, estos episodios de congestión continúan generándose con mayor duración y severidad, lo cual pone en cuestionamiento la efectividad de dichos planes.

Por otro lado, existen alternativas que se focalizan en la flexibilidad de la demanda y la capacidad para tomar buenas decisiones cuando existe información fidedigna del problema. A estas últimas se les denomina herramientas de gestión de la demanda y corresponden a estrategias que típicamente operan y modifican las decisiones de viaje de los individuos, logrando en algunos casos reducir la cantidad de viajes en aquellos períodos y modos donde la demanda excede la capacidad del sistema. Esta reducción se produce a partir de la decisión de no viajar, cambiar el horario, o el modo del viaje. Las técnicas de gestión de la demanda se han mostrado efectivas en la mejora del nivel de servicio del sistema en situaciones como la recién descrita y además tienen menor costo que aquellas estrategias basadas en el aumento de capacidad.

En este trabajo se identifican los elementos propios de la gestión de la demanda de transporte que son de interés en el diseño y construcción de una herramienta de gestión, que utilizando el horario de salida declarado por una muestra de los usuarios del sistema de transporte, los procese y transforme en un perfil de demanda que pueda ser representada en formatos convenientes para posteriormente retroalimentarla a los usuarios y que así estos últimos puedan reconsiderar sus decisiones de horarios de viaje en función del pronóstico de demanda generado por la herramienta. De esta forma, se espera favorecer la migración de los usuarios desde los horarios más congestionados a los períodos con holgura de oferta.

En particular, el mecanismo propuesto para gestionar a los usuarios es por medio de una herramienta computacional del tipo crowdsourcing, la cual, a partir de las decisiones de viajes de los usuarios, libremente reveladas a los operadores de la aplicación, se construyen patrones de

uso anónimos que al ser exhibidos a toda la población permite modificar decisiones de viaje minimizando los costos de transporte de los usuarios individuales y del sistema.

El desempeño de la herramienta de gestión se valida por medio de un experimento simulado con un grupo de voluntarios. Los resultados del experimento indican que este enfoque es efectivo para aplanar la curva demanda reduciendo el valor máximo de la demanda temporal y el tiempo de viaje total del sistema.

El informe se estructura en cuatro secciones adicionales a la introducción. En el estado del arte se explica en que consiste la gestión de la demanda de transporte, se describe las características del crowdsourcing y se propone un diseño para la herramienta propuesta. En la sección metodología se describe el enfoque utilizado para evaluar la efectividad de la herramienta propuesta por medio de un experimento de simulación. En la sección resultados se discuten las variaciones observadas a partir del experimento realizado y finalmente en las conclusiones se destacan los aprendizajes obtenidos a partir de las observaciones realizadas.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Mecanismos de Gestión de la Demanda

Las técnicas de gestión de la demanda de transporte son recursos de la ingeniería de tráfico que buscan mejorar el nivel de servicio de la red sin necesariamente expandir la capacidad de esta. Los objetivos de la gestión de la demanda son reducir la congestión de tránsito, reducir los impactos del tránsito en ambientes urbanos y eventualmente generar recursos extra en el caso del uso de la tarificación vial. Las técnicas de gestión de la demanda tienen diferentes formatos, existen ejemplos de regulación de la oferta de estacionamientos, restricción vehicular, áreas peatonales para desincentivar la presencia de vehículos, cargos e impuestos sobre la compra de vehículos, pago de derechos de circulación y la tarificación vial para traspasar los costos reales de operación de la red a los usuarios. Si bien la tarificación impone cargos o restricciones al uso de vehículos, en la práctica dichos cargos visibilizan los costos reales del uso del vehículo, costos que los usuarios internalizan hasta el punto de eventualmente desistir de un viaje, de un destino o de un modo de transporte (Cracknell, J.,2000).

En el caso de países en vías de desarrollo las técnicas de gestión que utilizan tarificación (Meyer, 1999; Habibian, 2013), parecen particularmente apropiadas puesto que la congestión vial es un problema creciente, y por otro lado una porción significativa de los viajes se realiza en transporte público. Sin embargo, la implementación se dificulta pues estas medidas no son populares, son difíciles de explicar al público, existen limitaciones de tipo legal e institucional, existe dificultad en la asignación de cargos y multas debido a la débil asociación entre el conductor y el dueño del vehículo. Adicionalmente la población percibe estas medidas como acciones aisladas en vez de un plan de gestión de tráfico.

Por otro lado, en el caso de corredores turísticos, existen algunas características de la demanda que hacen pensar que las técnicas basadas en tarificación vial pudiesen ser particularmente efectivas. Primero, los viajes turísticos tienen flexibilidad en la elección el momento de inicio y

segundo, los turistas corresponden a un sector que pudiese tener una mejor recepción del cobro por servicios de calidad recibidos. Estudios basados en simulación, en un corredor turístico en los Estados Unidos (Zheng, 2011) indican que desplazando el inicio de los viajes del 20% de la demanda sobre el corredor de transporte (I-70), produce mejoras significativas en el nivel de servicio. La Figura 1 muestra el sistema de gestión usado por Zheng.

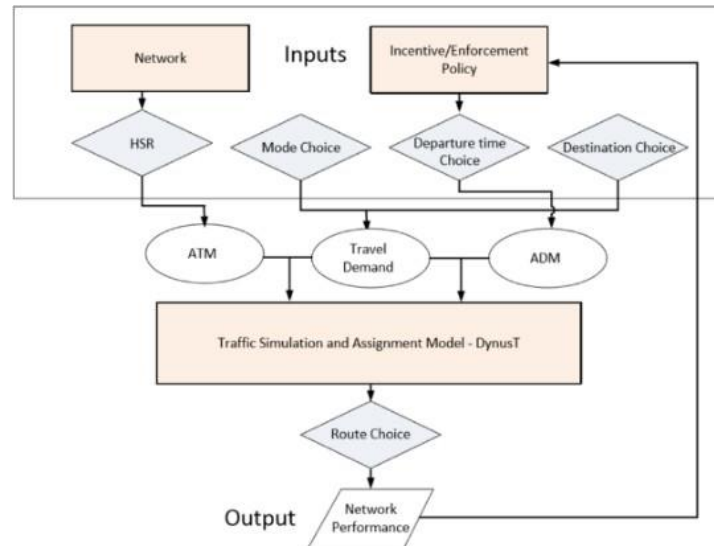


Figura 1: Esquema simulación gestión de la demanda en corredores turísticos

2.2 Crowdsourcing

La idea de capturar datos para generar información de forma colaborativa que resuelva un problema es modelo relativamente nuevo, que tiene una fuerte componente asociada a las tecnologías de la información y particularmente con las redes sociales. Este modelo es popularmente conocido como crowdsourcing y se utiliza en una amplia gama de sectores para favorecer la toma de decisiones o promover emprendimientos. Normalmente, en una lógica crowdsourcing un problema o tarea se difunde a un grupo de personas desconocidas entre ellas mediante una convocatoria abierta para que estas los solucionen. Los usuarios forman comunidades en línea y sugieren soluciones. Las comunidades también pueden revisar las soluciones para encontrar errores o mejorarlas. Una vez decididas y elegidas, las mejores soluciones pasan a ser de la entidad que propuso el problema en primer lugar: el convocante. En algunos casos, las personas que propusieron las mejores soluciones son recompensadas, en otros todo el grupo es recompensado, ya sea mediante dinero, premios o bien con algún tipo de reconocimiento. En otros casos, la única recompensa es el prestigio, o la satisfacción intelectual.

Las metodologías basadas en crowdsourcing permiten a diferentes intereses obtener resultados relevantes. Un resultado es por ejemplo poder decidir en torno a un problema utilizando la inteligencia colectiva que números masivos de individuos pueden producir si es que se dan algunas condiciones mínimas. El uso de crowdsourcing es particularmente útil en tareas en donde se deben conciliar múltiples puntos de vista o restricciones al mismo tiempo que el problema en sí mismo es de sencilla comprensión por parte de los individuos consultados (Hosseini M., et al. 2014). Usualmente los modelos basados en crowdsourcing están soportados por plataformas online, donde las tareas solicitadas a los consultados requieren la producción de resultados

rápidos y sencillos con poca o nula preparación de los participantes. De la misma forma, al usar intensivamente plataformas online, es posible acceder a un número significativo de individuos, lo cual permite eficientemente consultar con audiencias diversas desde el punto de vista económico, etario y geográfico.

Pese a que las metodologías basadas en crowdsourcing han sido aplicadas en diversas industrias, no existe a la fecha un consenso respecto de cuáles son los elementos fundamentales que este tipo de aplicaciones debiese considerar y cuáles pueden ser considerados opcionales. Esta taxonomía es un elemento fundamental para servir de referencia en la evaluación de propuestas basadas en crowdsourcing (Ambati et al., 2011; Chanal et al., 2008; Zhao Y. et al., 2012; Ho et al., 2013; Ribiere V. M., 2010; Larson M., 2013; Schenk E., 2009).

Otra cuestión central en el uso de crowdsourcing es la motivación de los participantes y el diseño de los incentivos para ellos. Se ha mostrado que el éxito de este tipo de iniciativas depende del tipo de incentivos que los usuarios esperan recibir a cambio de su contribución al sistema (Tokarchuck, 2012). En el caso de las motivaciones interiores (aquellas que no provee el sistema de forma pecuniaria o similar) y las exteriores se han identificado las siguientes categorías:

- Reciprocidad: Quienes contribuyen esperan que otros hagan lo mismo
- Reputación: Quienes contribuyen esperan ser reconocidos por otros
- Competencia: Quienes contribuyen quieren mostrar que contribuyen más que otros
- Altruismo: Quienes contribuyen lo hacen sin esperar recompensa alguna
- Autoestima: Quienes contribuyen lo hacen para crecer como personas
- Entretención: Quienes contribuyen lo hacen por entretenimiento
- Recompensas: Quienes contribuyen lo hacen por una promesa de recompensa que aumente su patrimonio.
- Dinero: Quienes contribuyen lo hacen por dinero

La motivación además depende del tipo de objetivo en las tareas encomendadas, la misma tarea encomendada, la estructura social y la naturaleza del objeto de la consulta. Combinados estos elementos determinan cuánto esfuerzo mental y físico comprometerán los consultados y el tiempo que comprometerán en la tarea. En el caso de los objetivos, si estos son demasiado simples, es posible que no motiven la participación de los actores. Por otro lado, si los objetivos incluyen desafíos importantes, entonces se favorece el interés en aprender y activar la creatividad para resolver la consulta. Adicionalmente si el objetivo del crowdsourcing tiene una identificación con el consultado se habla de congruencia. Cuando la iniciativa logra capturar la motivación interna de los participantes se favorece mayor convocatoria y mayor compromiso con el objetivo. Si el objetivo es además uno social, se favorece la motivación interna de los participantes.

En el caso de aplicaciones relacionadas con transporte, considerando diferentes casos de estudio es posible clasificar el uso de crowdsourcing en dos grandes grupos: adquisición de datos en infraestructuras que están distribuidas en grandes extensiones de territorio y, por otro lado, la realimentación respecto de la calidad de servicio percibida por los usuarios en distintas facilidades de transporte (Misra et al., 2014). En general, las aplicaciones en transporte han

mostrado que este tipo de técnicas tiene un gran potencial para congregarse cantidades significativas de usuarios en torno a problemas que son de interés de todo el grupo.

2.3 Herramienta de Gestión de la Demanda Propuesta

La herramienta propuesta basa su operación en la captura de preferencias de una muestra aleatoria en múltiples momentos previos al episodio de congestión en consideración. Para ello la herramienta captura las preferencias declaradas de una muestra respecto de la hora de partida desde Santiago, durante la víspera de feriados prolongados. Estas preferencias declaradas permiten esbozar el patrón de demanda horario sobre la Ruta 68 y con esta información se retroalimenta al universo de usuarios por medio de una página web o aplicación móvil para que estos tengan la oportunidad de modificar su preferencia de horario de partida de viaje hacia aquellos períodos del día donde se visualizan menores concentraciones de viajeros.

Esta idea ha sido aplicada en otras industrias, por ejemplo, en la industria del turismo, donde hoy es común al momento de reservar un ticket aéreo o reservar una habitación en un hotel, recibir recomendaciones respecto opciones en torno a la fecha requerida por el usuario donde se pueden encontrar vuelos más baratos, con menos escalas o habitaciones más baratas. Similarmente, es común al buscar en internet que el browser también publique la estadística de visitas al lugar de tal forma que los usuarios puedan utilizar los horarios menos congestionados (ver Figura 2).



Figura 2: Perfil de visitas aeropuerto de Miami (Google)

Más allá de los ejemplos en la industria del turismo, el problema que se intenta resolver es un problema de clase mundial muy relevante en economía, puesto que en la práctica la aplicación propuesta se acerca a resolver el problema de coordinar efectivamente un número significativo de actores, que no se comunican entre sí, para que hagan uso óptimo de un recurso que es escaso. Esta coordinación está basada únicamente en información obtenida a partir de una muestra y en la flexibilidad y voluntad de cada actor para modificar su hora de partida.

Los beneficios de la implementación de una herramienta de estas características son múltiples. Por un lado, desde el punto de vista de los usuarios es posible evitar demoras, exceso de consumo de combustible y emisiones, todo lo cual genera beneficios sociales cuantificables. Por otro lado, le permite al operador de la infraestructura conocer por anticipado la demanda horaria de viajes, y en consecuencia planificar sus operaciones de acuerdo con el pronóstico. En lo fundamental, la herramienta propuesta aprovecha la capacidad de cada individuo para resolver el problema, considerando explícitamente las restricciones activas de cada uno de ellos.

Complementando lo anterior, se identificó la patente de un sistema de gestión de la demanda de similares características al propuesto. La patente US 8,744,734 B2 de junio de 2014 (Chiu, 2014) propone la definición de un sistema que provee incentivos para que los usuarios utilicen ventanas de tiempo y rutas específicas para aliviar la congestión. El sistema consta básicamente de dos partes: un sistema cuyos métodos, bases de datos, y algoritmos están soportados centralmente por un computador y una aplicación móvil residente en los equipos móviles de los usuarios. En términos generales, el usuario ingresa en su aplicación móvil un viaje por medio de un origen, un destino y una hora preferida de viaje y envía la información al servidor central. El servidor define una ruta y los incentivos para el usuario según el horario preferido. Esta información se envía nuevamente al usuario lo cual permite luego determinar si efectivamente el usuario utilizó la ventana de tiempo y ruta sugerida. Basado en el cumplimiento de la recomendación del sistema se define el pago del incentivo. La Figura 3 muestra esquemáticamente el sistema mencionado.

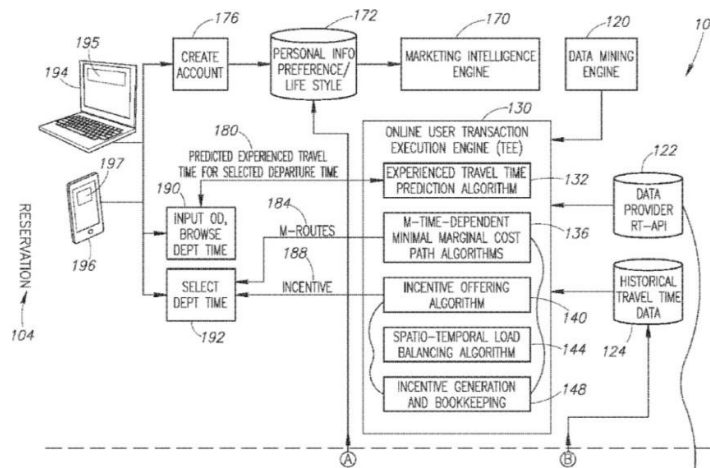


Figura 3: Sistema de Gestión de la Demanda US8,744,734 B

3. METODOLOGIA

Con el fin de estudiar la incidencia de la diseminación de información, se diseñó un experimento consistente en consultar a un grupo de individuos la hora de salida a una actividad ficticia, pero de interés de los participantes. Esta consulta se realiza varias veces por medio de una aplicación móvil la cual, en cada instancia hace público el tiempo de viaje esperado en función del horario escogido y el número de viajes declarados para cada periodo. En este proceso, toda la información que entregan los usuarios se mantiene anónima. A su vez, el tiempo de viaje es calculado por medio de un simulador de tráfico donde se ha desarrollado un modelo que representa las características de la red de transporte en el periodo de tiempo en el cual se hace la consulta. La simulación, permite representar de una forma bastante aproximada el desempeño del sistema de transporte. Por medio de este mecanismo es posible registrar iterativamente la modificación del horario de salida por parte de los usuarios como respuesta al tiempo de viaje pronosticado y el horario de salida elegido. Cabe señalar que, en cada consulta, al momento de registrar el horario de salida los usuarios tienen a la vista el pronóstico del tiempo de viaje para cada instante dentro del periodo de elección de horario de salida.

Dado que el experimento se realiza con individuos residentes en el Gran Concepción, el experimento considera el sistema de actividades y transporte pertinente a dicho territorio pues las decisiones de horario de salida son altamente dependientes del conocimiento del desempeño de la red y las experiencias previas en situaciones de similar naturaleza.

La consulta se repitió siete veces con el fin de estudiar la dinámica de las decisiones de los usuarios y cómo influye el proveer información adicional previa, para llegar a sus destinos de manera más eficiente. En la primera consulta no se entrega ningún tipo de información de tal forma de establecer la situación base como aquella que resulta de los conocimientos previos de las vías y expectativas generales de viajes anteriores. Repetir múltiples veces la consulta produce que un porcentaje de los usuarios reconsideren sus elecciones de horas de salida. Lo que se traduce en una reasignación de la demanda de la red vial, y los costos de viaje. Luego de obtener información de la dinámica de las elecciones de los usuarios se realizó un estudio estadístico de la distribución de la demanda, al reconsiderar siete veces el horario de salida.

Como resultado del experimento se pudo estudiar el efecto positivo de la diseminación de información frente a la decisión del horario de inicio de viaje de los usuarios del transporte, ya que se pudo disminuir la cantidad de usuarios en los horarios de máxima afluencia, además de disminuir promedios de tiempos de viaje, por ende, también costos asociados.

3.1 Descripción de la Actividad Simulada

Para generar un entorno con sentido para los usuarios, se generó una actividad masiva ficticia con un estimado de asistentes de 100.000 personas, denominada “Fest Event”. Esta actividad se realiza un viernes a las 11:00 de la mañana en la ciudad de Talcahuano. Para facilitar el análisis de la situación se considera que todos los individuos inician su viaje desde la ciudad de Concepción, específicamente desde el campus de la Universidad del Bío-Bío, Concepción. También se limitó el horario de salida de los usuarios, quienes pueden escoger dentro de 6 opciones posibles:

1. 8:00 - 8:30hrs.
2. 8:30 - 9:00hrs.
3. 9:00 - 9:30hrs.
4. 9:30 - 10:00hrs.
5. 10:00 - 10:30hrs.
6. 10:30 – 11:00hrs

3.2 Información al Usuario

Para recoger la selección del horario de salida, se implementó una aplicación que permite seleccionar el horario de salida en función del pronóstico del tiempo de viaje. La aplicación consiste en una pantalla única donde se exhibe el perfil de demanda conocido a la fecha de la consulta, así como también el tiempo de viaje pronosticado. La aplicación ofrece modificar el horario de salida seleccionado en la consulta anterior o dejarlo sin modificación. El usuario puede elegir el nuevo horario libremente por medio de alternativas de selección múltiple. La Figura 4 muestra un ejemplo de pronóstico de tiempo de viaje y perfil de demanda cualquiera.

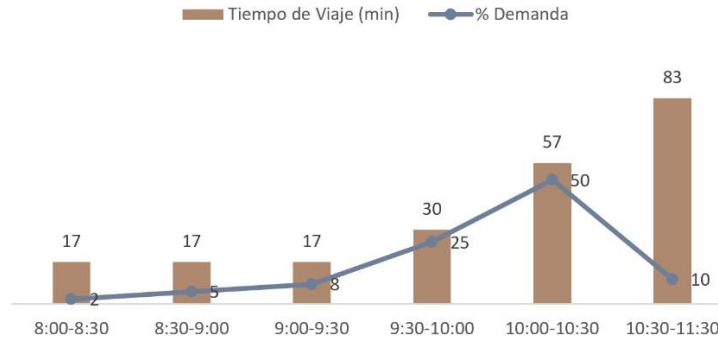


Figura 4: Pronóstico del Tiempo de Viaje y Perfil de Demanda

En el mensaje anterior se muestra información sobre la distribución de la demanda en azul y el tiempo de viaje en plomo para cada horario de salida. Las consultas se realizan en forma diaria una vez al día durante los 7 días previos al evento.

3.3 Características de los Participantes

Para visibilizar el máximo potencial de la aplicación se considero utilizar individuos que tuviesen flexibilidad en el uso del tiempo, y una alta motivación por participar en el evento. El tamaño de la muestra corresponde a 27 individuos jóvenes entre 20 y 23 años, mayoritariamente varones (65%), sin hijos, sin actividades remuneradas y dependientes de sus padres (85%) y con un numero de amigos frecuentes mayor a 5 (70%), mayoritariamente usuarios de transporte publico (70%).

3.4 Modelo de Simulación

Para poder retroalimentar a los usuarios con información de tiempo de viaje se desarrolla un modelo de simulación de eventos discreto, implementado en Anylogic, que recoge desempeño del corredor Paicaví entre Concepción y Talcahuano; por un lado una curva demora para el corredor de transporte privado, y por otro una curva de demora en estaciones de trasferencia que incluye las demoras por espera en cola. El tiempo de viaje mínimo en ambos sistemas corresponde a la distancia entre los puntos origen destino D , dividido por la velocidad de flujo libre en el caso del transporte privado v_p y la velocidad de operación v_o en el caso del transporte público. El tiempo de viaje en cualquier otro caso se calcula como una función del número de vehículos privados q_p o del número de paradas por paradero n_p en el caso del transporte público. La frecuencia f del servicio de transporte público se asume dinámicamente con un valor máximo de 130 buses cada 5 minutos y mínimo de 22 buses cada 60 según requerimientos de la demanda. En el caso del transporte privado se considera una capacidad de 1400 veq/h, y una tasa de ocupación de 1,5 pasajeros por vehículo. El flujo inducido por el evento se suma al flujo basal de Q_p del corredor. Los parámetros de la función de demora se eligen convenientemente para reproducir la velocidad de flujo libre v_p en el caso de baja demanda y cuatro veces dicho valor en el caso de flujos superiores a la capacidad.

4. RESULTADOS

Se consultó diariamente a los participantes, durante siete días respecto de su elección de horario de salida. En la consulta se le indico la preferencia personal actual, y el perfil de demanda generado por las elecciones de los otros participantes junto al pronóstico del valor de tiempo de viaje. Se permitió que se consultaran entre ellos aprovechado sus redes de amigos naturales. Es importante mencionar que a ningún participante se le solicito buscar algún objetivo particular, solo explorar alrededor de sus propias posibilidades una mejor solución que cualquier otra obtenida. Las respuestas se registraron automáticamente en una base de datos Excel y se procesaron posteriormente para observar comportamientos individuales y colectivos a lo largo del experimento.

La Figura 5 muestra los cambios en el perfil temporal de la demanda a lo largo del experimento. Durante las tres primeras consultas no se observan cambios importantes en el perfil de demanda (Ver Figura 5a). El perfil cambia notoriamente a partir de la quinta consulta, en donde se observa una notoria disminución de la demanda en el periodo de 9:00 a 9:30 acompañada de un aumento en los periodos de 10:00 a 11:00. Es notorio el aplanamiento de la curva producto del desplazamiento de la demanda hacia los horarios mas cercanos al inicio del evento. Una cuestión interesante tiene que ver por un lado con el número de consultas a partir del cual se observan cambios en el perfil de la demanda. En nuestro caso se requieren tres consultas, periodo durante el cual los usuarios hacen menos cambios en relación con lo observado en las ultimas tres consultas. Este comportamiento se puede interpretar como un periodo de aprendizaje y sensibilización al uso de la herramienta, y en consecuencia ante la incerteza del efecto de los cambios en el tiempo de viaje, la disposición a explorar alternativas es baja. Durante el segundo periodo se observa que en la búsqueda de un mejor tiempo de viaje, parte de la demanda se desplaza más cerca del inicio del evento, situación esperable puesto que una mejor solución naturalmente debiese incluir además de un menor tiempo de viaje, un menor tiempo de espera en destino.

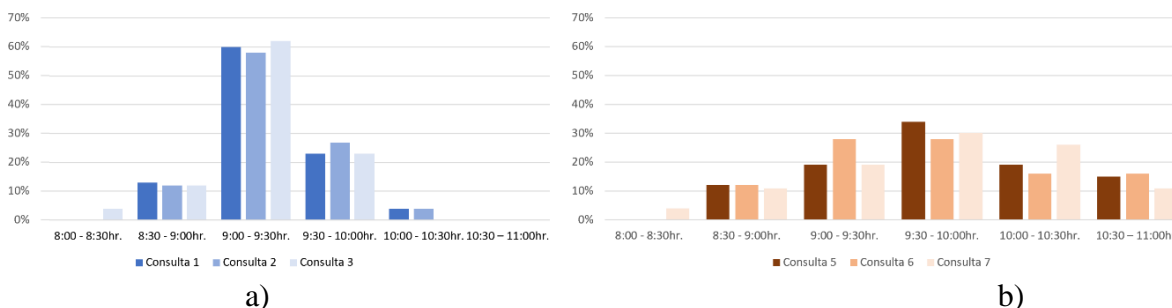


Figura 5: Distribución Horaria de la Demanda. a) Primeras tres consultas. b) Últimas tres consultas

La Tabla 1 muestra diversos indicadores calculados exclusivamente sobre la base de las tres primeras y tres últimas observaciones. El horario de salida final representa el promedio del horario de salida al final de cada periodo tanto para hombres como para mujeres. En ambos casos no se observan diferencias en las tres primeras consultas, sin embargo, los hombres exhiben un horario de salida más extendido en el caso de los últimos tres periodos. Esto indica que los hombres son más propensos a explorar otros horarios. De la misma forma, tanto para hombres

como para mujeres el rango de búsqueda que representa la distancia en tiempo entre la elección al inicio y final del periodo se observa que dicha distancia crece, es decir se explora alejando de la condición de inicio. Adicionalmente se observa que los hombres tienen a mostrar el mayor incremento relativo. En cualquier caso, el rango de búsqueda promedio es del orden de un periodo es decir 30 minutos. La fracción de participantes que no cambia de elección es similar en las mujeres en ambos periodos, mientras que en el caso de los hombres se observa una notoria disminución en este indicador del orden del 20%. Respecto de las decisiones de adelantar o atrasar la salida se observa una notoria tendencia a atrasar la salida en el caso de los hombres del orden 30%

Tabla 1: Elección de Horarios en Primer y Último Periodo de Consultas

	Mujeres		Hombres	
	Primeras tres consultas	Últimos tres consultas	Primeras tres consultas	Últimos tres consultas
Horario de Salida Final (HH:MM)	9:00 – 9:30	9:30 – 9:30	9:00 – 9:30	9:30 – 10:30
Rango de búsqueda (periodos)	0,6	0,8	0,4	0,8
Fracción que no cambia (%)	50	50	65	41
Fracción que adelanta salida (%)	20	30	24	35
Fracción que atrasa salida (%)	30	20	12	40

La Tabla 2 muestra los mismos indicadores agregados para todo el periodo de consultas por sexo y total agregado. En este caso se puede observar que el periodo de búsqueda se extiende a 1,6 con una notoria tendencia a atrasar los viajes, tal como se refería en la Figura 5.

Tabla 2: Elección de Horarios en Todo el Periodo de Consultas

	Mujeres	Hombres	Muestra
Horario de Salida Final (HH:MM)	9:00 – 9:30	9:30 – 10:00	9:00 – 10:00
Rango de búsqueda (periodos)	1,3	1,7	1,6
Fracción que no cambia (%)	50	6	26
Fracción que adelanta salida (%)	20	11	15
Fracción que atrasa salida (%)	20	76	59

En términos del desempeño de cada individuo y del sistema en su totalidad, la Figura 6 muestra el tiempo promedio de viaje en el sistema en función del número de consultas. Es claro que la interacción entre individuos por medio de la información permite que el sistema alcance un estado de operación superior, donde todos los usuarios consiguen un mejor nivel de servicio. En particular, si bien en las primeras consultas algunos usuarios pueden viajar en condiciones de flujo libre, una cantidad importante sufre las consecuencias de la congestión producto de la concentración de la demanda en solo dos periodos. Esta situación se revierte luego de cuatro consultas, donde producto de conocer el perfil de demanda y pronóstico de tiempo de viaje una cantidad significativa de usuarios se desplaza a horarios de menor concentración.

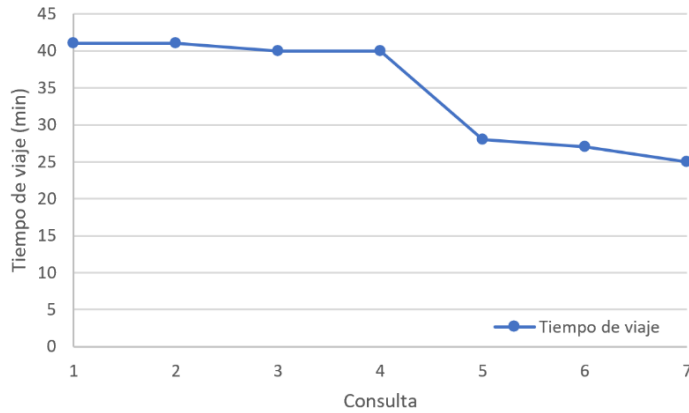


Figura 6: Tiempo de viaje promedio en el sistema

5. CONCLUSIONES

En este estudio se ha explorado el potencial del uso de una herramienta tipo crowdsourcing para gestionar la demanda de transporte en corredores de transporte frente a eventos no frecuentes que generan aumentos significativos de la demanda. Se trata de un trabajo exploratorio para identificar cualitativamente el comportamiento de un grupo de individuos respecto de la elección de horario de salida con destino a un evento. El comportamiento del sistema es representado por un modelo de demoras simple separando la demanda en dos modos de transporte: vehículos particulares y una flota de transporte compuesta por buses. Los resultados indican que la herramienta es efectiva para coordinar la demanda utilizando para ello la racionalidad y las preferencias declaradas por los mismos. Los resultados muestran diferencias entre el comportamiento observado entre hombres y mujeres, siendo estas últimas más conservadoras en términos de no cambiar sus preferencias iniciales. Por otro lado, existe un claro desplazamiento de la demanda hacia horarios más cercanos al inicio del evento, situación muy razonable pues esta elección por un lado reduce el tiempo de viaje y por otro disminuye el tiempo de espera en destino para el inicio del evento. Un resultado muy interesante tiene que ver con el 75% de los usuarios que modifica su preferencia inicial, ya sea adelantando o atrasando su horario de salida.

Estos resultados son promisorios y generan un natural espacio para profundizar la investigación en este tipo de herramientas. La coordinación de actores para hacer un mejor uso de la infraestructura pública constituye un avance significativo en la cultura del uso de este tipo de bienes y potencialmente pudiese convertirse en una herramienta para reducir la duración y severidad de los periodos de congestión no recurrente, al mismo tiempo de reducir el consumo de tiempo, el consumo de energía y la emisión de contaminantes a la atmosfera.

En función de estos resultados el trabajo futuro tiene que ver con aumentar el tamaño y diversificación de la muestra. Una variable respecto de la cual también se debiesen sensibilizar los resultados es el porcentaje de individuos utilizados para estimar el perfil de demanda y el porcentaje de individuos que efectivamente consideran esta información. Este tamaño a su vez dependerá de los escenarios de penetración de mercado considerados para la herramienta. Finalmente, es necesario debe repetir el experimento y así validar estadísticamente los resultados obtenidos.

REFERENCIAS

- C. J. Ho, S. Jabbari, and J. W. Vaughan, "Adaptive task assignment for crowdsourced classification," in Proceedings of the 30th international conference on Machine learning, ICML-13, pp. 534-542, 2013
- E. Schenk and C. Guittard, "Crowdsourcing: what can be outsourced to the crowd, and why?," in Workshop on open source innovation, Strasbourg, France, 2009.
- J. Cracknell, "Experience in Urban Traffic Management and Demand Management in Developing Countries", World Bank, 2000.
- M. Habibian, M. Kermanshah, "Coping with congestion: Understanding the role of simultaneous transportation demand management policies on commuters", *Transport Policy*, 30, pp. 229-237, 2013.
- M. Larson, P. Cremonesi, A. Said, D. Tikk, Y. Shi, and A. Karatzoglou, "Activating the crowd: exploiting user-item reciprocity for recommendation," in the first workshop on Crowdsourcing and human computation for recommender systems, ACM Conference Series on Recommender Systems, ACM RECSYS, 2013.
- M. Meyer, "Demand management as an element of transportation policy: using carrots and sticks to influence travel behavior", *Transport Research Part A*, 3, pp.575-599, 1999.
- M. Misra, A. Gooze, K. Watkins, M. Asad and C. Le Dantec, "Crowdsourcing and its Application to Transport Data Collection and Management", *Transportation Research Records*, 2014.
- O. Tokarchuck, R. Cuel, M. Zamarian, "Analyzing Crowd Labor and Design Incentives for Humans in the Loop", CS IEEE, 2013.
- V. Ambati, S. Vogel, and J. G. Carbonell, "Towards task recommendation in micro-task markets," in *Human computation*, 2011.
- V. Chanal and M. L. Caron-Fasan, "How to invent a new business model based on crowdsourcing: the Crowdsprit® case," in *Actes de la Conférence Internationale de Management Stratégique*, Nice, pp. 1-27, 2008.
- V. M. Ribiere and F. D. D. Tuggle, "Fostering innovation with KM 2.0," *Vine*, 40(1), pp. 90-101, 2010.
- Y. Chiu, "Active Traffic and Demand Management System, US8744734 B2", United States Patent, 2014.
- Y. Zhao and Q. Zhu, "Evaluation on crowdsourcing research: current status and future direction," *Information Systems Frontiers*, pp. 1-18, 2012.