

ANÁLISIS MICROECONÓMICO DE POLÍTICAS DE REGULACIÓN DEL MERCADO DE RIDESORCING

Alisson García H.^a, Leonardo J. Basso^b, Alejandro Tirachini^c

^a Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

^b Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile, Chile

^c Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile, Chile

RESUMEN

Se desarrolla un modelo microeconómico de competencia que maximiza el bienestar social considerando las características del mercado de ridesourcing, transporte público y taxis tradicionales. Nos hemos enfocado en analizar para el caso de Santiago de Chile cómo afectan las diferentes políticas de regulación de la plataforma, al sistema de transporte, el impacto a la congestión y a los usuarios. Los resultados indican que, para el caso de velocidades bajas, el poder de mercado de la plataforma está siendo dominado por el efecto externalidad por congestión, lo que lleva a un óptimo donde el regulador cobra un impuesto a la plataforma.

Palabras clave: ridesourcing, modelo microeconómico, políticas

ABSTRACT

A microeconomic model of competition is developed that maximizes social welfare considering the characteristics of the ridesourcing market, public transport, and traditional taxis. We have focused on analyzing for the case of Santiago de Chile how the different regulatory policies of the platform affect the transport system, the impact on congestion and users. The results indicate that for low speeds the market power of the platform is being dominated by the congestion externality effect, which leads to an optimum where the regulator charges a tax on the platform.

Keywords: ridesourcing, microeconomic model, policies

1. INTRODUCCIÓN

El acelerado crecimiento de las empresas de ridesourcing ha causado un gran impacto en la equidad social, eficiencia y competencia entre modos de transporte de varias ciudades, logrando cambios en el sistema de transporte de pasajeros. En este contexto, varios investigadores han abordado estudios como análisis de hábitos de uso, características de viajes, sustitución con otros servicios de transporte, y particularmente el planteamiento de políticas de regulación que permita capturar el impacto económico y social de estas plataformas.

En general, las compañías de ridesourcing han tenido un impacto económico negativo para la industria de taxis, el cual ha sido estimado a través de la pérdida del valor de los medallones, el ingreso económico y cuota de mercado (Cetin and Eryigit, 2013; Rayle *et al.*, 2016; Jiang and Zhang, 2018). El impacto negativo a las compañías de taxis se debe en gran parte a la eficiencia y calidad de servicio que ofrecen las compañías de ridesourcing.

Las plataformas ofrecen una opción de transporte diferenciado con características que son valoradas por un grupo de personas al momento de elegir el modo de transporte, autores encontraron que entre las principales razones para el uso de las plataformas de ridesourcing son comodidad, seguridad, servicio más económico, menor tiempo de espera y facilidad de pago (Rayle *et al.*, 2016; Tirachini and del Rio, 2019).

Estudios revelan que el taxi es uno de los dos modos con mayor tasa de sustitución por las plataformas de ridesourcing (Zhen, 2015; Rayle *et al.*, 2016; Tirachini and del Rio, 2019). A pesar de que parte de los usuarios han sustituido sus viajes en taxi por viajes de ridesourcing, existe un grupo de usuarios fieles al servicio de taxi ya sea porque no disponen de tarjeta de crédito, no poseen un teléfono inteligente, mayor accesibilidad en centro urbanos de mayor actividad por tener el derecho exclusivo de recoger pasajeros en la calle, entre otros (Nie, 2017).

Dado estos cambios relevantes, países han adoptado medidas legislativas como (i) aprobar medidas regulatorias a las plataformas de ridesourcing, (ii) alivianar restricciones para las compañías de taxis tradicionales, (iii) dejar que las plataformas operen sin regulación, o (iv) prohibir su operación. Sin embargo, en la actualidad no se ha realizado un análisis exhaustivo microeconómico de cómo estas medidas legislativas contribuyen o afectan los objetivos del transporte, como maximizar el bienestar social, controlar la congestión y regular la competencia de mercado.

El trabajo aborda dos preguntas relevantes de investigación: ¿Se debe regular a las plataformas de ridesourcing? De ser así, ¿Cómo se deberá regular considerando competencia con otros modos y, en particular, con los taxis tradicionales que a su vez son una industria regulada? Se desarrolla un algoritmo de optimización que a partir de un modelo teórico microeconómico permite simular un sistema de transporte considerando la industria de ridesourcing, su competencia con los taxis tradicionales y transporte público, sustitución modal y externalidades, con el objetivo de analizar diferentes políticas de regulación y establecer la mejor situación en el largo plazo.

El documento se organiza de la siguiente manera: la sección 2 presenta el modelo de regulación de la plataforma. La sección 3 compila datos necesarios para las simulaciones. En la sección 4 y 5 se realiza el análisis de escenarios del modelo general de competencia y un análisis de sensibilidad. Finalmente, las conclusiones y recomendaciones del trabajo se resumen en la sección 6 y 7.

2. MODELO DE REGULACIÓN DE LA PLATAFORMA DE RIDESOURCING

2.1. Análisis del modelo

Considere un juego Stackelberg con varios agentes que cumplen funciones: (i) un gobierno que busca maximizar el bienestar social, como la suma del excedente del consumidor y el beneficio de los tres mercados, (ii) una plataforma de ridesourcing que maximiza su ganancia a partir de la decisión de los conductores de ridesourcing si trabajar en la plataforma o no, (iii) un mercado de taxis cuya tarifa y tamaño de flota son reguladas por el gobierno y (iv) el transporte público cuya operación no es optimizada y, finalmente (v) un sistema de demandas diferenciadas que es función del vector de costos generalizados de los modos de transporte. En el modelo se incluye el transporte privado como un número fijo de autos que se encuentran circulando por las vías.

En la primera etapa del juego el primero que decide es el gobierno, el cual potencialmente decide N_X (número de taxis operando), F_X (tarifa del viaje en taxi), N_B (número de buses de transporte público), f_B (frecuencia de una línea de transporte público) y además I_P , que representa la tasa o porcentaje que el gobierno le cobra/otorga a la plataforma. Una vez que el gobierno decidió, los otros modos de transporte deciden simultáneamente si es que el gobierno los dejó elegir. En el subjuego, el único que decide es la plataforma de ridesourcing, la cual establece F_R (tarifa del viaje en vehículo de ridesourcing) y P_P (Porcentaje de la tarifa que la plataforma de ridesourcing se deja para sí mientras el resto queda para el conductor).

Posterior, los conductores de ridesourcing decidirán si ingresar o no a operar en la plataforma, lo que establece N_R (número de vehículos de ridesourcing). Una vez que se determinan todos estos valores, los usuarios eligen el modo de transporte a partir de los precios generalizados. Cabe destacar que la tarifa y el tamaño de flota del mercado de taxis se asumen parámetros fijos. De la misma manera el transporte público, cuya operación (frecuencia, tarifa) no se optimiza.

Resolvemos el modelo por inducción reversa para obtener el equilibrio. Por lo tanto, se establece la demanda condicional a todos los valores, luego se pasará al sub-juego de la plataforma y los conductores de ridesourcing basados en la demanda y la competencia con los otros modos de transporte. Finalmente, el gobierno toma sus decisiones de regulación condicional a las decisiones de los otros jugadores.

La función del gobierno es maximizar el bienestar social de los consumidores y de los tres mercados de transporte, y como se explicó anteriormente, el gobierno establece una política de regulación a la plataforma de ridesourcing optimizando la variable I_P . Esta política de regulación, que representa el tipo de regulación de cobro o subsidio a la plataforma, puede estar definida de la siguiente manera: (i) tasa por viaje ($I_P \cdot Q_R$), (ii) porcentaje de la tarifa por viaje ($I_P \cdot F_R \cdot Q_R$), o (iii) valor por vehículo de ridesourcing ($I_P \cdot N_R$).

2.2. Comportamiento de los usuarios

Existe una demanda elástica por cada modo de transporte Q_i que es función de su costo generalizado θ_i y de los demás modos de transporte θ_{-i} . Se asume una demanda lineal en los costos

generalizados, Donde a, b y e son parámetros positivos. Se asume además que $b > e$, de modo que un cambio en el costo generalizado del modo i , afecta más al modo i que al modo de transporte j . Por lo tanto, si aumenta el costo generalizado de los modos de transporte sustitutos j y k , entonces aumenta la demanda del modo i . Se define el costo generalizado de los usuarios de taxi, de vehículos de ridesourcing y transporte público como $\theta_X, \theta_R, \theta_B$, respectivamente.

$$\theta_X = F_X + \beta_X W_X + \gamma_X T_X + \rho_X Acc_X \quad (1)$$

$$\theta_R = F_R + \beta_R W_R + \gamma_R T_R - \phi_R \quad (2)$$

$$\theta_B = F_B + \beta_B W_B + \gamma_B T_B + \rho_B Acc_B \quad (3)$$

Donde F_i es la tarifa promedio del servicio del modo de transporte i , β_i y γ_i son los valores del tiempo de espera y tiempo de viaje en vehículo del pasajero. En el modelo los valores de tiempo de viaje en vehículo son distintos para cada modo de transporte debido a que el tiempo de viaje en transporte público puede ser más agotador y tener un mayor efecto negativo por las paradas para dejar/recoger pasajeros o debido al hacinamiento comparado con el taxi o ridesourcing.

W_i representa el tiempo promedio de espera de un pasajero y T_i es el tiempo promedio de viaje del modo transporte i . ϕ_R es el valor monetario de otros beneficios que ofrece el servicio de ridesourcing como la seguridad, valorización del servicio, medio de pago, etc. ρ_i y Acc_i representan el valor del tiempo de acceso y el tiempo promedio de acceso al modo de transporte i .

2.3. Comportamiento de los vehículos de taxi

Se modela los taxis de barrido que son aquellos que conducen por las calles buscando un pasajero y se asume que los taxis no trabajan con aplicaciones móviles con GPS para encontrar a un pasajero. (Ch, Briones and others, 2006)

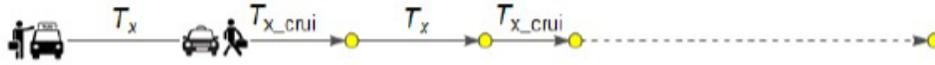


Figura 1. Comportamiento de un taxi de barrido por el periodo de una hora.

Cuando un taxi encuentra un pasajero, lo traslada a su lugar de destino demorándose un tiempo promedio de viaje T_X . Luego de dejar al pasajero, el taxi conduce sin pasajero hasta encontrar un nuevo pasajero demorándose un tiempo promedio de cruceo T_{X_CRUI} , como muestra el siguiente esquema.

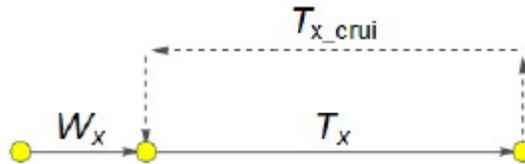


Figura 2. Esquema temporal de producción de un taxi

Se define el número de carreras de un taxi por el periodo de una hora, $q_X = Q_X/N_X$, como la razón entre el número total de carreras producidas por la industria del taxi en una hora Q_X y el número total de taxis operando por una hora N_X . Según el esquema de la Figura 2, se define la frecuencia de producción del taxi, $f_X = 1/(T_X + T_{X_CRUI})$. La frecuencia de producción debe ser igual a su demanda, por lo tanto, se define el tiempo promedio de cruce $T_{X_CRUI} = (1/q_X) - T_X$.

Se define el número de taxis vacantes que se encuentran operando por una hora $N_X^{vt} = N_X - N_X^O$, como función del número de taxis N_X y el total de carreras producidas por la industria de taxis $N_X^O = Q_X T_X$. Se define el tiempo promedio de espera a partir de la forma funcional determinada por Douglas (1972).

$$W_X = \frac{\tau}{N_X - Q_X T_X} \quad (4)$$

De acuerdo al parámetro τ lo aproxima $\tau = L/v$, la cual depende de la densidad de vehículos en el área geográfica a través de la velocidad v y L representa el número de kilómetros de la zona en que se encuentra operando el taxi (para este trabajo será una sola área).

2.4. Comportamiento de los vehículos de ridesourcing

Se asume que un vehículo de ridesourcing permanentemente está conduciendo en el área por el periodo de análisis. Cuando un usuario solicita el servicio a través de la aplicación móvil, inmediatamente le llega la solicitud al conductor. El conductor se dirige a recoger al pasajero demorando un tiempo que corresponde al tiempo promedio de espera del usuario W_R . Una vez que recoge al pasajero, el conductor se dirige al lugar de destino demorando un tiempo promedio T_R . Finalmente, después de dejar al pasajero el conductor sigue conduciendo hasta que le llegue una nueva solicitud, con un tiempo promedio de cruce T_{R_CRUI} .



Figura 3 Comportamiento de un vehículo de ridesourcing por el periodo de una hora.

A partir de este comportamiento del vehículo de ridesourcing, se describe el esquema temporal de un vehículo como se presenta en la siguiente figura. Se observa que el tiempo promedio de espera del usuario de ridesourcing forma parte de la frecuencia de producción de un vehículo de ridesourcing, lo cual no ocurre en la frecuencia de producción de un taxi.

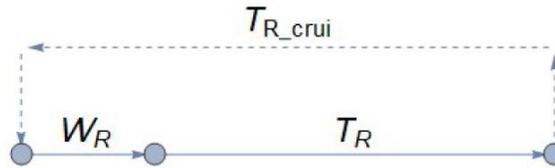


Figura 4. Esquema temporal de producción de un vehículo de ridesourcing.

La frecuencia de producción de un vehículo de ridesourcing es $f_X = 1/(W_R + T_R + T_{R_crui})$. La frecuencia de producción de un vehículo de ridesourcing debe ser igual a su demanda, por lo tanto, se define el tiempo promedio de crucero $T_{R_crui} = (1/q_R) - T_R - W_R$.

Por otro lado, se define el número de vehículos de ridesourcing vacantes que se encuentran operando por una hora $N_R^{vt} = N_R - N_R^O = N_R - Q_R(T_R + W_R)$, como función del número total de vehículos de ridesourcing N_R y el total de carreras producidas por la industria de ridesourcing N_R^O . A continuación, se define el tiempo promedio de espera, el cual es inversamente proporcional al número de vehículos de ridesourcing vacantes.

$$W_R = \frac{\tau}{N_R - Q_R(T_R + W_R)} \quad (5)$$

2.5. Comportamiento del transporte público

Suponer que existen m rutas operando en el área geográfica, las cuales son establecidas por el gobierno. Se asume la frecuencia fija f_B e igual para todas las rutas y se define t_c como el tiempo de ciclo de un bus, el cual también se asume que es igual para todas las rutas y depende de la congestión.

Se define el número de vehículos de la ruta $N_j^B = f_B t_c$ y el número total de vehículos de transporte público operando en el área geográfica por el periodo de una hora, $N_B = \sum_{j=1}^m N_j^B$. La demanda total de transporte público por una hora de todas las rutas está dada por $Q_B = \sum_{j=1}^m Q_j^B$. Finalmente, se obtiene la expresión para el número total de vehículos de transporte público $N_B = m f_B t_c$.

El tiempo de ciclo es la suma de dos componentes: el tiempo de la ruta sin paradas L_{ruta}/v más las demoras debido a las paradas de bus, dados por (i) el tiempo total de embarque y desembarque $\mu Q_B/f_B$, donde μ [s/pax] es el tiempo promedio de embarque y desembarque por pasajero y Q_B/f_B es el número de pasajeros por bus, y (ii) la demora de detención t_s y S el número de paradas a lo largo de la ruta (Tirachini, 2014).

$$t_c = \frac{L_{ruta}}{v} + \mu \frac{Q_B}{f_B} + S t_s \quad (6)$$

La demora de detención $t_s = t_{da} + t_q + t_{oc}$ comprende demoras debido a la aceleración y desaceleración t_{da} , la espera en cola t_q y demora debido a la apertura y cierre de la puerta t_{oc} . El retraso debido a la desaceleración y la aceleración $t_{da} = (v_o/2)[(1/a_o) + (1/a_1)]$ es directamente proporcional a la velocidad e inversamente proporcional a la tasa de aceleración a_o y tasa de frenado del bus a_1 .

Asumiendo homogeneidad en las llegadas de buses a los paraderos, se define al tiempo promedio de espera $W_B = 1/2 f_B$ y el tiempo promedio de viaje $T_B = t_c L_B / L_{ruta}$. De esta manera se asume que el tiempo de espera de los usuarios no está siendo afectado por la congestión.

2.6. Congestión

Uno de los objetivos de este trabajo es analizar cómo impacta la congestión en los tiempos de viaje, tiempo de espera y la partición modal. El tiempo promedio de viaje en vehículo T_i es función de la densidad de vehículos que están operando en el área.

$$T_i = t_i(N_R, N_X, N_B) = \frac{L_i}{v} \quad i \in \{taxi, ridesourcing\} \quad (7)$$

Donde, $\partial T_i / \partial N_R > 0$, $\partial T_i / \partial N_X > 0$, $\partial T_i / \partial N_B > 0$, es decir, si aumenta el número de vehículos de ridesourcing, taxis o transporte público aumentará el tiempo promedio de viaje. Donde L_i es la longitud promedio de recorrido del modo de transporte i y la velocidad de los tres modos de transporte está dada por la siguiente expresión.

$$v = v_l \left(1 - \frac{k}{k_e}\right) \quad (8)$$

Donde v_l es la velocidad a flujo libre, $k = N_R + N_X + \epsilon N_B + N_{autos}$ es la concentración, es decir la cantidad de vehículos presentes y finalmente k_e es la concentración de embotellamiento. Donde $k_e = L/l$, y l es la longitud promedio que ocupa un vehículo, el cual se asumirá de 5 metros para fines de este trabajo. Finalmente, ϵ es un factor de equivalencia de los buses que va entre 1,5 y 3.

2.7. Decisión de los conductores de ridesourcing y de la plataforma

Existe un grupo de conductores potenciales N_R^P que decidirán si trabajar o no en la plataforma. Los conductores se unen a trabajar en la plataforma solo si sus ganancias trabajando en ella, es mayor que el costo de oportunidad de su tiempo. La ganancia de un conductor está dada por $(1 - P_P)F_R Q_R / N_R$, donde P_P representa el porcentaje de comisión que la plataforma cobra a los conductores. Por lo tanto, un conductor con un costo de oportunidad C_{op} menor o igual a esta ganancia, decidirá trabajar a través de la plataforma.

Para un F_R y un P_P dado existirá un conductor indiferente con un costo de oportunidad $\hat{\delta}$, es decir se cumple que $\hat{\delta} = (1 - P_P)F_R Q_R / N_R$. Los conductores que tengan un costo menor a $\hat{\delta}$ trabajarán en la plataforma y aquellos que tengan costo de oportunidad mayor no lo harán. Por lo tanto, el conjunto de conductores que se han unido a trabajar en la plataforma está dado por $N_R = N_R^P H(\cdot)$. Donde $H(\cdot)$ es una distribución de probabilidad en función de la ganancia del conductor. Si todos los conductores deciden trabajar en la plataforma, entonces el número total de conductores N_R es igual al total de conductores potenciales N_R^P .

$$N_R = N_R^P H \left((1 - P_P)F_R \frac{Q_R}{N_R} \right) \quad (9)$$

Asumiendo que $H(\cdot)$ es una distribución uniforme entre 0 y δ , se obtiene $N_R = N_R^P \hat{\delta} / \delta$. Donde δ es el costo de oportunidad máximo entre los conductores. Es decir, si el ingreso de los

conductores es igual al costo de oportunidad máximo entre los conductores entonces todos los conductores potenciales ingresan a trabajar a la plataforma.

$$N_R = \sqrt{\frac{N_R^P}{\delta} (1 - P_P) F_R Q_R} \quad (10)$$

La plataforma maximiza su ganancia $\pi_P = I_P - C_P(Q_R)$ sujeto a la decisión de los conductores y al comportamiento de los demás jugadores. La ganancia es el ingreso total de la plataforma menos el costo de la plataforma en función de su demanda. El ingreso total depende de la política de regulación que se analice. La función de costos es una función creciente que depende de su demanda, corresponde a la suma de un costo fijo, dado por el sistema tecnológico que utiliza, y un costo variable que dependerá de la demanda de ridesourcing.

2.8. Decisión del gobierno

Finalmente, el gobierno maximiza el bienestar social a partir de la decisión de los demás jugadores. La siguiente ecuación representa la función objetivo la cual incluye la suma de cuatro términos: el excedente del consumidor, la ganancia de los conductores de ridesourcing, ganancia de los taxistas y ganancia de las empresas de transporte público.

$$BS = \int_{(\theta_R^0, \theta_X^0, \theta_B^0)}^{(\theta_R, \theta_X, \theta_B)} \sum_{i \in H} Q_i(\theta_R, \theta_X, \theta_B) d\theta_i + P_P F_R Q_R - C_P(Q_R) + F_X Q_X - c_X N_X + F_B Q_B - c_B N_B \quad (11)$$

El excedente del consumidor está representado por el primer término definido por una integral de línea. La integral de línea es igual a la expresión (12), dado que la integral de línea tiene solución independiente del camino de integración $\partial Q_i / \partial \theta_j = \partial Q_j / \partial \theta_i$. (Basso Sotz, 2008)

$$BS = \frac{B(Q_B^2 + Q_X^2 + Q_R^2)}{2} + E(Q_B Q_R + Q_B Q_X + Q_R Q_X) + P_P F_R Q_R - C_P(Q_R) + F_X Q_X - c_X N_X + F_B Q_B - c_B N_B \quad (12)$$

2.9. Modelo general de maximización

El modelo de competencia se detalla en el siguiente problema de optimización; el planificador maximiza el bienestar social, sujeto al equilibrio del sub juego o competencia entre modos, que se modela mediante las restricciones anteriormente detalladas. Diversas variables y factores en el sistema son fuertemente endógenos e interactivamente dependientes.

$$\max_{I_P} BS \quad (13)$$

s. a.

$$\max_{F_R, P_P, N_R, W_R, W_X, t_c} \pi_P$$

$$s. a. \left\{ \begin{array}{l} N_R = \sqrt{\frac{N_R^P}{\delta} (1 - P_P) F_R Q_R} \\ W_R = \frac{\tau}{N_R - Q_R (T_R + W_R)} \\ W_X = \frac{\tau}{N_X - Q_X T_X} \\ Q_X \leq \frac{N_X}{T_X + W_X} \\ Q_R \leq \frac{N_R}{T_R + W_R} \end{array} \right.$$

En el problema de optimización se observan siete variables de decisión. Debido al planteamiento de este modelo se generan cuatro puntos fijos los cuales han sido considerados como variables de decisión en nuestro modelo y sus respectivas ecuaciones incluidas en las restricciones.

3. RECOPIACIÓN DE DATOS

Las simulaciones se las realiza a partir del caso de la Región Metropolitana de Santiago de Chile. Los valores de los parámetros a utilizar en la simulación fueron extraídos de distintas fuentes basados en publicaciones y estudios empíricos. Estos valores estarán basados en asimilar lo más cerca posible la situación actual de la ciudad.

Tirachini and Gomez-Lobo, (2020), a través de una encuesta a residentes de Santiago de Chile sobre el uso de Uber, establecen el cálculo de los kilómetros recorridos entre origen y destino $L_B = (1 + \sigma_B)\bar{L}$ para el transporte público y $L_X = (1 + \sigma_X)\bar{L}$ para taxis. Donde $\bar{L} \in [4, 8]$ es la distancia de ruta más corta de un viaje promedio, $\sigma_B \in [0.1, 0.3]$ y $\sigma_X = 0.10$ son parámetros que reflejan los kilómetros de vehículo adicionales en viajes por encima de la ruta más corta del viaje. Para los servicios de ridesourcing, los autores asumen que escogen la ruta más corta posible \bar{L} .

Para establecer la longitud total vial de la red, se utilizará información de la red de ESTRAUS que incorpora todos los arcos relevantes de la red de Santiago para el análisis estratégico, siendo 3.760 km. Se asume que en el área geográfica solo existen paraderos de transporte público normales de dos puertas sin zona paga. En base al trabajo realizado por Tirachini, Camus and Cruz, (2015), se establece los valores del tiempo promedio de bajada y subida de un pasajero en Santiago de 0.99 s/pax y 2.35 s/pax respectivamente.

Los valores del tiempo de viaje en vehículo, tiempo de espera y tiempo de acceso serán recogidos del trabajo realizado por Batarce *et al.*, (2015). Una suposición de los autores es que el nivel de hacinamiento en el automóvil es igual al nivel de hacinamiento más bajo en el transporte público: 1 pax/m². A partir de esto, encuentran que el valor del tiempo de viaje en vehículo es de 2,626 CLP/h, por lo tanto, en este trabajo se asumirá este valor para los tres modos de transporte. Los autores encuentran un valor de tiempo de caminata y valor del tiempo de espera del transporte público de 4,642 CLP/h y 4,903 CLP/h, respectivamente.

La relación entre el valor del ahorro de tiempo de espera en el hogar y el valor del ahorro de tiempo de espera de la estación se asumirá 0.33, como proponen Tirachini, Hensher and Jara-Díaz, (2010). De acuerdo a este trabajo, el comportamiento del servicio de ridesourcing es muy similar donde el usuario solicita el servicio desde su teléfono móvil conociendo el tiempo de espera y pudiendo asignar ese tiempo a otra actividad, es por ello, que se asumirá que el valor del tiempo de espera por un vehículo de ridesourcing será 0.33 multiplicado por el valor del tiempo de espera del transporte público.

4. ANÁLISIS DE ESCENARIOS DEL MODELO GENERAL

Se realizó varias ejecuciones del modelo dando como resultado que el impacto en la congestión tiene relación directa con la decisión del planificador en imponer un impuesto o aplicar un subsidio a la plataforma de ridesourcing. Se realizó simulaciones de los siguientes escenarios:

- Escenario 1. A mayor congestión, el óptimo se da cuando el gobierno aplica un impuesto a la plataforma de ridesourcing. Este resultado se lo compara con el óptimo cuando no se regula a la plataforma.
- Escenario 2. A menor congestión, el óptimo se da cuando el gobierno subsidia a la plataforma de ridesourcing. Este resultado es comparado con el óptimo cuando no se regula a la plataforma.

Se analiza y se compara la eficiencia de los siguientes tres posibles instrumentos de regulación en condiciones de alta congestión (escenario 1) y en condiciones de menor congestión (escenario 2): (i) óptimo con impuesto en base al porcentaje de la tarifa por viaje versus la no regulación a la plataforma. (ii) óptimo con impuesto en base al valor por viaje realizado versus la no regulación a la plataforma. (iii) óptimo con impuesto en base al valor por vehículo trabajando en la plataforma versus la no regulación a la plataforma.

4.1. Escenario 1

Los resultados muestran que en escenarios donde se alcanza velocidades mayores a 9 km/hr el poder de mercado que ejerce la plataforma de ridesourcing es mayor que la externalidad negativa de la congestión lo que empuja a un subsidio. A partir de este resultado, se realiza un análisis de sensibilidad aumentando el número de vehículos particulares ($N_{auto} = 420000$) logrando un mayor impacto en la congestión cuando un conductor de ridesourcing decide trabajar en la plataforma. En este caso, se observa que el poder de mercado de la plataforma está dominado por el efecto de externalidad por congestión en la red vial, por lo cual el regulador quiere que existan menos vehículos de ridesourcing. Esto lleva a un óptimo con impuesto a la plataforma de ridesourcing.

El resultado del óptimo con impuesto a la plataforma se lo compara con el caso de la no regulación a la plataforma. A partir del impuesto que el gobierno cobra la plataforma, la tarifa de la plataforma aumenta con respecto a la no regulación y existen menos conductores que trabajan en la plataforma, lo que aumenta tiempos de espera. Dado que la tarifa es mayor y los tiempos de espera del servicio de ridesourcing aumentan, se generan menos viajes para este mercado y la ganancia de los conductores de ridesourcing disminuye. Por otra parte, aumentan los viajes generados por los otros

modos de transporte generando mayor consumer surplus y un mayor beneficio en la ganancia para los taxistas y las empresas de transporte público.

Ahora realizamos una comparación numérica de la política de regulación en base al impuesto por porcentaje de la tarifa versus la no regulación a la plataforma. Disminuye en un 7% el número de viajes generados por la plataforma y aumenta en un 4% y 1% el número de viajes generados en taxi y transporte público, respectivamente. La ganancia de la plataforma disminuye en un 25% con respecto a la no regulación y la ganancia de sus conductores disminuye en un 11 %. Aumenta la ganancia de los taxistas y del transporte público con respecto a la no regulación en un 7% y 3 %, respectivamente. Por lo tanto, el sector que obtiene beneficios con las políticas de regulación es el mercado de taxi y transporte público, sin embargo, se observa una mayor pérdida a la plataforma de ridesourcing y a sus conductores.

Desde el punto de vista de vista del planificador, es importante tener a consideración la pérdida de los conductores. Los resultados determinan un impuesto alrededor del 6% de la tarifa por cada viaje realizado. Diversos países están cobrando un impuesto a las plataformas en base al porcentaje de la tarifa: en Vitória cobran un impuesto de 1% del valor del viaje, en Ciudad de México existe un impuesto de 1.5% del valor del viaje, en New York se estableció un cobro del 4% de la tarifa de viaje. Nuestros resultados muestran un impuesto relativamente más alto al determinado por Vitória y la Ciudad de México, sin embargo, hay que tener en cuenta que en este escenario se alcanza un óptimo con impuesto para niveles alto de congestión, por lo tanto, podríamos considerar cobrar un impuesto en sectores de la ciudad con altos niveles de congestión según periodo del día.

4.2. Escenario 2

En este escenario se compara el óptimo con subsidio en base a las tres políticas de regulación versus la no regulación a la empresa de ridesourcing. Se realiza este análisis reduciendo el número de vehículos particulares ($N_{auto} = 417000$), logrando disminuir el nivel de congestión. Se va comparando la variable cuando el gobierno aplica un subsidio versus la no regulación de las plataformas.

Entre los resultados principales se observa que con el subsidio la tarifa de la plataforma es menor con respecto a la no regulación y existen más conductores que trabajan en la plataforma, lo que disminuye tiempos de espera. Dado que la tarifa es menor y los tiempos de espera disminuyen, se generan más viajes y también la ganancia de los conductores de ridesourcing aumenta. Se observa que subsidiando a la plataforma la velocidad disminuye en aproximadamente un 13% con respecto a la no regulación.

Se realiza un análisis comparativo numérico de la política de regulación en base a un impuesto por porcentaje de la tarifa versus la no regulación a la plataforma. Se observa un aumento de alrededor de 12000 viajes generados por la plataforma de ridesourcing y una reducción menos de 3263 y 7710 viajes generados en taxi y transporte público, respectivamente. La ganancia de la plataforma y de sus conductores aumentan significativamente a más del doble con respecto a la no regulación. Disminuye la ganancia total de los taxistas y del transporte público con respecto a la no regulación en un 15% y 16 %, respectivamente. Por ende, se observa que en este escenario los agentes perjudicados son la industria de taxi y transporte público.

5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE POLÍTICAS DE REGULACIÓN

5.1. Impuesto.

Porcentaje de la tarifa. se alcanza una tarifa de ridesourcing mayor que la tarifa del servicio de taxi. El número de vehículos de ridesourcing es un 47% mayor que el número de taxis operando. Sin embargo, se observa que el costo generalizado del usuario de ridesourcing es menor que el de taxi, dado que el servicio de ridesourcing genera un menor tiempo de espera y tiempo de viaje, con una diferencia alrededor de 100 pesos chilenos.

Valor por vehículo de ridesourcing. El beneficio social considerando esta política de regulación a la plataforma es mayor que el beneficio social con la anterior política (porcentaje de la tarifa por viaje). Se genera un aumento en la tarifa de ridesourcing, por lo que el costo generalizado aumenta logrando disminuir su demanda. Este efecto ocasiona una menor ganancia para cada conductor de ridesourcing por lo que menos conductores deciden trabajar en la plataforma.

Los conductores de ridesourcing y la plataforma son los únicos agentes perjudicado con esta política. Dado que aumenta el costo generalizado del servicio de ridesourcing, usuarios sustituyen su viaje de ridesourcing por otro modo de transporte, logrando aumentar la demanda de taxi y transporte público, y a su vez, aumentar sus ganancias, el consumer surplus y finalmente el beneficio social.

Valor por viaje de ridesourcing. Ahora comparemos la política del valor por viaje de ridesourcing realizado con respecto a la política del valor por número de vehículos trabajando en la plataforma. En general, el mercado beneficiado con esta política es el de ridesourcing, dado que aumenta la ganancia de la plataforma y de los conductores, con un aumento de menos de 1% con respecto a la anterior política.

5.2. Subsidio.

Porcentaje de la tarifa. Esta política de regulación es aquella que genera el menor beneficio social con respecto a las otras regulaciones. El número de vehículos que trabajan en la plataforma es un 83% mayor que el número de taxis operando. La tarifa de ridesourcing sigue siendo mayor que la tarifa de taxis, con un costo generalizado al usuario de ridesourcing mayor al 3% comparado con el costo generalizado al usuario de taxi.

Valor por vehículo. En este caso, el beneficio social es menor en comparación al caso del subsidio en base al valor por viaje. Esto ocurre debido a que el gobierno subsidia a la plataforma por cada vehículo operando, el número de vehículos de ridesourcing es mayor, llevando a una menor tarifa con respecto al caso de un subsidio en base al valor por viaje realizado a través de la plataforma. Se observa que el beneficio social aumenta, así como también la ganancia de taxis, de transporte público y el consumer surplus. Los agentes beneficiados son los conductores de ridesourcing y la plataforma, sin embargo, el aumento que se genera en la ganancia es menor a 1 %.

Valor por viaje. La política de regulación a las plataformas de ridesourcing en base a subsidiar un valor por cada viaje generado genera un mayor beneficio social comparado al subsidio por porcentaje de la tarifa y valor por vehículo. Con esta política se genera un mayor consumer surplus,

ganancia de los taxistas, ganancia del transporte público pero una menor ganancia de los conductores ridesourcing. Los tiempos de espera y tiempos de viaje en cada modo de transporte no difieren en gran medida entre las tres políticas de regulación en base a un subsidio.

5.3. Análisis de sensibilidad

Aumento de la cantidad de vehículos particulares. En el escenario 1, se observa que el aumento del beneficio social que se genera al aplicar una política de regulación comparado con la no regulación es alrededor del 1 %. Por tal razón se analizó las variables que pueden generar situaciones de aumento a este porcentaje. Se aumenta la cantidad de vehículos particulares ($N_{auto} = 428000$) generando un mayor impacto en la congestión y se observa un cambio significativo en las ganancias de cada mercado y en el beneficio social.

Los principales resultados al comparar las diferentes variables del modelo cuando el gobierno aplica un impuesto versus la no regulación de la plataforma son: aumento de 18% aproximadamente de las ganancias del transporte público, aumento del 57% aproximadamente de la ganancia total de los taxistas, reducción del 50% de la ganancia total de los conductores del servicio de ridesourcing, aumento del 5% del bienestar social y del 5% del consumer surplus.

Se observa un gran impacto en la ganancia total de los taxistas, por lo que en este escenario se está dando prioridad a los taxistas. Además, está ocasionando que la tarifa de ridesourcing aumente, menos usuarios escojan este servicio, logrando que menos conductores de ridesourcing decidan ingresar al sistema a trabajar, por lo tanto, aumenta la demanda de taxis y de transporte público.

Disminución \emptyset_R . Se ha disminuido el valor monetario de otros factores de servicio de un vehículo de ridesourcing de 1000 CLP a 800 CLP. Dado que el valor monetario de otros factores disminuye, la plataforma logra disminuir su tarifa y su porcentaje de comisión con el fin de aumentar el número de vehículos de ridesourcing y a su vez su demanda. Esto ocurre porque el único modo de transporte que puede tomar decisiones es la plataforma y sus conductores.

La plataforma y sus conductores son los únicos agentes beneficiados con esta política. Los modos de transporte de taxi y transporte público se ven afectados con esta política debido a que disminuye sus ganancias, así como también disminuye el consumer surplus y el beneficio social.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los servicios de ridesourcing se han ido expandiendo por varios países generando discusiones y debates de sus beneficios y perjuicios a la sociedad y al sistema de transporte. Por la falta de claridad sobre su legalidad y la competencia con otros modos de transporte, los gobiernos han tomado decisiones aceleradas en relación a su regulación, y en muchos casos sin estudios previos. Este trabajo es un inicio del análisis de las implicaciones de las diferentes regulaciones a la plataforma en un país.

Los resultados muestran que para velocidades mayores a 9 km/hr el poder demercado que ejerce la plataforma de ridesourcing es mayor que la externalidad negativa de la congestión, lo que lleva a

un óptimo donde el gobierno deberá subsidiar a la plataforma con el objetivo de maximizar el bienestar social. Sin embargo, esto podría cambiar si existe competencia entre plataformas, es decir, si el regulador permite la libre entrada y competencia de las distintas plataformas de ridesourcing.

Al disminuir el número de vehículos particulares, el ingreso de vehículos a trabajar en la plataforma tiene un mayor impacto negativo en la congestión. Esto sucede para velocidades muy bajas. En este caso, se observa que el poder de mercado de la plataforma está siendo dominado por el efecto externalidad por congestión, por lo cual el regulador querrá que existan menos vehículos de ridesourcing, llevando a un óptimo donde el gobierno establece un impuesto a la plataforma de ridesourcing.

Existen ejes viales en Santiago donde se alcanza velocidades menores a 14km/h en el periodo punta, como por ejemplo ejes de las avenidas Ossa, Vitacura, Pedro de Valdivia y Alameda. Hay que tener en cuenta que, en estos casos, el aumento de vehículos de ridesourcing en las vías agravan la congestión de la ciudad y será necesario que el planificador/gobierno determine una política por la externalidad negativa que está ocasionando la plataforma de ridesourcing.

Al analizar las políticas de regulación, nuestros resultados nos indica que cuando el óptimo nos lleva a aplicar un impuesto a la plataforma, la política de regulación que genera el mayor beneficio social es que el gobierno aplique una tasa a la plataforma por cada vehículo de ridesourcing, sin embargo, este beneficio es menor a 1% con respecto a las demás políticas por lo cual podemos concluir que para efectos de bienestar social las tres políticas logran ser muy similares.

Esta investigación es un aporte a la discusión de políticas públicas y una contribución a la elaboración de futuros trabajos que nos ofrezcan una visión más amplia del impacto de estas compañías de ridesourcing en otros escenarios, como por ejemplo que pasaría si el gobierno deja de regular a las compañías de taxi.

Para futuros trabajos se puede agregar variantes al modelo y analizar el escenario donde el gobierno no establece la flota máxima de los taxis, pero sigue regulando la tarifa. Se puede asumir que el mercado de taxis está compuesto por taxis operados por el dueño, un taxi por dueño o firma. En un mercado de entrada libre competitivo, la oferta resultante satisface el equilibrio de mercado donde el ingreso marginal obtenido por la última unidad de servicio de taxi solo cubre sus costos. En este punto el incentivo individual de unirse a la industria de taxi desaparece. Esto podría cambiar las conclusiones del trabajo, ya que se logra que variables del mercado de taxi se optimice y la plataforma no será el único agente que tome decisiones.

Por otra parte, en este modelo no se refleja la procedencia del valor total del subsidio y tampoco en qué se utiliza el valor recaudado por impuestos a la plataforma, lo cual podría ser considerado en futuros trabajos. Otro punto de vista, es considerar un costo de fondos públicos para financiar cualquier déficit resultante. Un ejemplo de lo indicado es cuando una parte del financiamiento del transporte público proviene de un impuesto a los viajes en taxis. Por lo tanto, las plataformas, al reducir los viajes en taxis, reducen el financiamiento al transporte público indirectamente, además de directamente por quitarle viajes también al transporte público. Esto podría justificar un impuesto a las plataformas independiente de las externalidades que se ha analizado en el trabajo.

Con respecto a los vehículos particulares, se puede analizar el caso en que el dueño del vehículo decide dejar su vehículo en casa y accede a otro modo de transporte para realizar su viaje. Además, se sugiere nuevos enfoques no incluidos en este modelo, como la competencia entre plataformas de ridesourcing que pueden llegar a tener impacto significativo en las tarifas y las comisiones que cobran a sus conductores. Así como también, tarificación de estacionamientos, tarifa dinámica del servicio de ridesourcing, optimización de frecuencia de buses, sustitución de un viaje de ridesourcing por el uso del automóvil particular.

Finalmente, para futuros trabajos se puede realizar análisis de sensibilidad para conocer que parámetros o supuestos del modelo ocasiona que la diferencia porcentual del beneficio social entre políticas de regulación sea menor al cinco por ciento, y que exista el riesgo de una falla regulatoria.

Referencias

- Basso Sotz, L. (2008) 'Airport deregulation: Effects on pricing and capacity', *International Journal of Industrial Organization*, 26(4), 1015-1031.
- Batarce, M. *et al.* (2015) 'Valuing crowding in public transport systems using mixed stated/revealed preferences data: the case of Santiago', in *TRB 94th Annual Meeting Compendium of Papers, Washington DC*.
- Cetin, T. and Eryigit, K. Y. (2013) 'The economic effects of government regulation: Evidence from the New York taxicab market', *Transport Policy*, 25, pp. 169–177.
- Ch, J. D. C., Briones, J. and others (2006) 'A diagrammatic analysis of the market for cruising taxis', *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 42(6), pp. 498–526.
- Jiang, W. and Zhang, L. (2018) 'The impact of the transportation network companies on the taxi industry: Evidence from Beijing's GPS taxi trajectory data', *Ieee Access*, 6, pp. 12438–12450.
- Nie, Y. M. (2017) 'How can the taxi industry survive the tide of ridesourcing? Evidence from Shenzhen, China', *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 79, pp. 242–256.
- Rayle, L. *et al.* (2016) 'Just a better taxi? A survey-based comparison of taxis, transit, and ridesourcing services in San Francisco', *Transport Policy*, 45, pp. 168–178.
- Tirachini, A. (2014) 'The economics and engineering of bus stops: Spacing, design and congestion', *Transportation research part A: policy and practice*, 59, pp. 37–57.
- Tirachini, A., Camus, L. and Cruz, D. (2015) 'Modelación de tiempos de detención de buses en paraderos de Santiago y Valparaíso-Viña del Mar', *Estudios de Transporte*, 19(2).
- Tirachini, A. and Gomez-Lobo, A. (2020) 'Does ride-hailing increase or decrease vehicle kilometers traveled (VKT)? A simulation approach for Santiago de Chile', *International journal of sustainable transportation*, 14(3), pp. 187–204.
- Tirachini, A. and del Rio, M. (2019) 'Ride-hailing in Santiago de Chile: Users' characterisation and effects on travel behaviour', *Transport Policy*, 82, pp. 46–57.
- Zhen, C. (2015) *Impact of ride-sourcing services on travel habits and transportation planning*. University of Pittsburgh.