

# UN ACERCAMIENTO TEÓRICO PARA EL SUBSIDIO A LA BICICLETA<sup>1</sup>

## A THEORETICAL APPROACH TO SUBSIDY TO THE BIKE

América Fabiola Aguilar Moreno<sup>2</sup>

### RESUMEN

Las prácticas de la planeación urbana constantemente se han visto rebasadas por la realidad, dado que mientras se está planeando, el mismo territorio está en un constante cambio, aunado a la falta de gestión y ejecución de los programas. Muchos expertos en desarrollo urbano sostienen que el aumento de ciclistas y peatones disminuye el riesgo de accidentes viales entre automóviles, lo cual en consecuencia promueve la disminución de gastos inherentes como son hospitalización pagos de seguros y retraso de otros automovilistas que se reflejan en pérdidas de horas de labor. Esto hace que cada persona que decide elegir la bicicleta genera una externalidad positiva, al aumentar la seguridad para toda la población. En este estudio se realiza un análisis microeconómico homólogo para el caso de la demanda ciclista (bicicletas públicas) en la Ciudad de México, llegando a la culminación de que para alcanzar el óptimo social, es necesario subsidiar el uso de la Ecobici. Se analizan distintas formas en que se puede llevar a cabo este subsidio, ultimando que la reducción de tarifa de las bicicletas públicas según la cantidad de viajes realizados parece ser la alternativa más adecuada en primera instancia, y recomendando el subsidio a la infraestructura vial como complemento.

Palabras clave: ECOBICI, subsidio, bicicleta, modelo microeconómico,

### ABSTRACT

The practices of urban planning have constantly been overtaken by reality, given that while it is being planned, the same territory is in constant change, together with the lack of management and execution of the programs. Many experts in urban development argue that the increase of cyclists and pedestrians reduces the risk of road accidents between cars, which consequently promotes the reduction of inherent expenses such as hospitalization, insurance payments and delays of other motorists that are reflected in lost hours. of labor. This means that each person who decides to choose the bicycle generates a positive externality, increasing safety for the entire population. This small study performs a homologous microeconomic analysis for the case of cyclist demand (public bicycles) in Mexico City, reaching the culmination that in order to reach the social optimum, it is necessary to subsidize the use of the Ecobici. Different ways in which this subsidy can be carried out are analyzed, finalizing that the reduction of the rate of public bicycles according to the number of trips made seems to be the most appropriate alternative in the first instance, and recommending the subsidy to the road infrastructure as a complement.

**Keywords:** Ecobici, subsidy, bicycle, microeconomic model

Recibido: 26 de Junio de 2018

Aceptado: 27 de Enero de 2019

Publicado: 31 de Mayo de 2019

---

<sup>1</sup> Proyecto: Más ciclistas, más seguridad: un argumento microeconómico para el subsidio de la demanda de transporte de bicicleta. Investigación realizada en la Universidad de Chile durante la estancia de movilidad en el periodo 2017B.

<sup>2</sup>Área de Ingeniería en Transporte, Centro Universitario Nezahualcóyotl de la Universidad Autónoma del Estado de México. América Fabiola Aguilar Moreno, <https://orcid.org/0000-0003-1300-8629>.

## INTRODUCCIÓN

La bicicleta como alternativa de transporte sustentable.

A partir del surgimiento del automóvil como vehículo de transporte cotidiano en el inicio siglo XX, su proliferación ha producido un cambio estructural en la forma en que se piensan, viven y diseñan las ciudades. Sin perjuicio de la gran cantidad de beneficios que ha traído al funcionamiento de las ciudades, existe también una serie de problemas asociados al uso del automóvil y a la construcción de ciudades centrada en el transporte privado. Estas críticas se centran, principalmente, en cuatro puntos: congestión, contaminación, sedentarismo y relaciones entre ciudadanos. En cuanto a congestión, se ha visto que el uso de automóvil tiende a generar conductas negativas en cuanto al tiempo de viaje derivado de los congestionamientos que En un estudio fundacional de Peter Jacobsen (2003) encontró, analizando datos empíricos de varias ciudades, que el riesgo de accidentes para los peatones y ciclistas disminuye considerablemente a medida que aumenta la demanda por caminar o pedalear. A partir de este estudio, una serie de autores ha seguido la línea de Jacobsen, encontrando resultados que apoyan este descubrimiento (Elvik, 2009). Este efecto ha sido llamado “seguridad por números” (en inglés, safety in numbers).

La mayoría de los autores en estos temas (Brüde y Larsson (1993); Lyon y Persaud,

La externalidad está asociada a los efectos positivos que genera un pasajero adicional sobre los demás pasajeros al densificar una red de transporte. Si la red se ajusta a los cambios de demanda, un aumento del número de pasajeros mejora las frecuencias, disminuyendo así los tiempos de espera. Los nuevos usuarios generan así una externalidad positiva sobre los ya existentes, razón por la cual el costo marginal social de proveer un nuevo viaje es menor al costo medio, que es que observan los usuarios. Esta diferencia entre el costo

afecta a todos los otros viajeros. Con esta y otras motivaciones, en los últimos 40 años se ha observado un desarrollo del diseño de ciudades ciclo-inclusivas, que fue iniciado primero en urbes holandesas, y posteriormente adoptado en otras ciudades europeas y del resto del mundo. El diseño orientado hacia la ciclo-inclusión ha experimentado una gran evolución durante esa época, pasando de una etapa de experimentación y ensayo a ser una disciplina de desarrollo académico formal y una ciencia basada en la práctica (Sagaris, 2015). Esto se ha visto con mayor fuerza en países desarrollados de Europa, mientras que en varios países en vías de desarrollo esta es una tendencia que está apenas asomando.

El efecto “seguridad en números”

(2002); Leden (2002); Leden (1998); Jacobsen, 2003) han modelado el número de accidentes (para el caso de la demanda ciclista) de la siguiente manera:

$$N = \alpha * Q_{MV}^{\beta 1} * Q_{CYC}^{\beta 2}$$

Donde N es el número de accidentes y  $Q_{MV}$  y  $Q_{CYC}$  son los volúmenes de usuarios de transporte motorizado y bicicleta ( $Q_{PED}$  para el caso de volumen de peatones, que se modela de igual forma), respectivamente.  $\alpha$ ,  $\beta 1$  y  $\beta 2$  son parámetros a estimar (Elvik, 2009).

El “Efecto Mohring” en el transporte público medio y el costo marginal hace que la demanda no esté determinada por el óptimo social, sino que sea inferior a éste, en condiciones en que no hay subsidio.

Este fenómeno es conocido como efecto Mohring (1971), según el cual es necesario subsidiar el transporte público para alcanzar la demanda óptima. Este subsidio sigue la lógica de Pigou (1920) que propone este tipo de intervenciones para que los individuos internalicen externalidades positivas.

## EL MODELO

Los supuestos más relevantes que realizaremos en el modelo propuesto tienen que ver con la forma en que los usuarios perciben los costos de utilizar el modo bicicleta. En ese sentido, haremos el supuesto de que las personas perciben el riesgo ponderando la probabilidad de sufrir un accidente con una "valoración monetaria de la seguridad".

Esto asume que los individuos conocen la probabilidad de sufrir un accidente al utilizar la bicicleta, lo que en muchos casos puede no ser del todo realista en algunos contextos. Sin embargo, no es descabellado pensar que los ciclistas sí analizan las condiciones de seguridad que se observan en la ciudad al momento de salir (o no) en bicicleta. Finalmente, es importante mencionar que no consideraremos el efecto de la congestión entre bicicletas en nuestras funciones de costo, debido a que es un fenómeno que rara vez se observa en condiciones urbanas, por lo que consideraremos tiempos de viaje que no cambian con la demanda.

### Formulación matemática

Modelaremos la demanda  $Y$  por el uso de bicicleta en la ciudad como función lineal del precio generalizado  $P$ , de la siguiente manera:

$$Y = n - m * P$$

Donde  $n$  y  $m$  son parámetros inherentes a la demanda, ambos mayores que 0. La probabilidad de que una persona se accidente, dada por la cantidad de

accidentes dividida por la demanda, está definida por:

$$PA_{acc} = \alpha * \frac{Y_{CYC}^{\beta}}{Y} = \alpha * Y_{CYC}^{\beta-1}$$

Donde  $\alpha$  es un parámetro de escala,  $\beta$  un parámetro empírico e  $Y_{CYC}$  es la demanda de ciclistas en la ciudad, expresada en una medida de pasajeros divididos por unidad de tiempo.

El costo total  $TC$  del uso de bicicleta está dado por la multiplicación de la demanda por el costo individual de los usuarios.

$$TC = Y_{CYC} * (r \alpha \gamma Y_{CYC}^{\beta-1} + t T \gamma + CO + \gamma \theta)$$

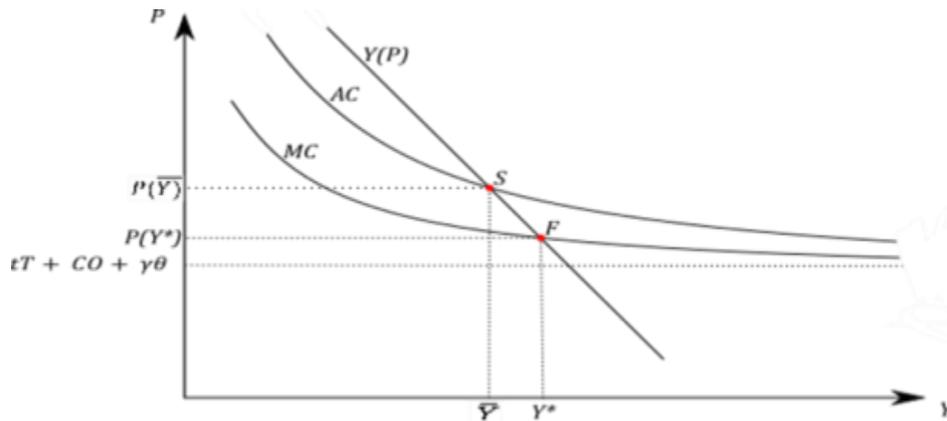
Donde  $r$  es la valoración del riesgo de accidentarse,  $t$  el valor del tiempo de viaje,  $T$  el tiempo de viaje y  $CO$  el costo operacional,  $\gamma$  indica el nivel de la infraestructura para bicicletas, y  $\theta$  es un parámetro que indica la valoración monetaria que dan los usuarios a el nivel de infraestructura en términos de comodidad. Es importante notar que el parámetro  $\gamma$  está modelado de manera que disminuya cuando mejora el nivel de la infraestructura.

Si dividimos  $TC$  por la demanda, obtendremos el costo medio  $AC$ , que es el costo que perciben los usuarios cuando el costo medio  $AC$ , que es el costo que perciben los usuarios cuando evalúan la posibilidad de salir en bicicleta.

$$AC = r \alpha \gamma Y_{CYC}^{\beta-1} + t T \gamma + CO + \gamma \theta$$

Es importante notar que, al ser  $T$  y  $CO$  fijos en este modelo y  $\beta - 1$  menor que cero,  $AC$  será siempre decreciente con la demanda, si es que no varía el nivel de infraestructura.

Gráfica 1. Equilibrio de mercado y óptimo social en la demanda de bicicletas. El punto S representa el equilibrio de mercado y el punto F el óptimo social.



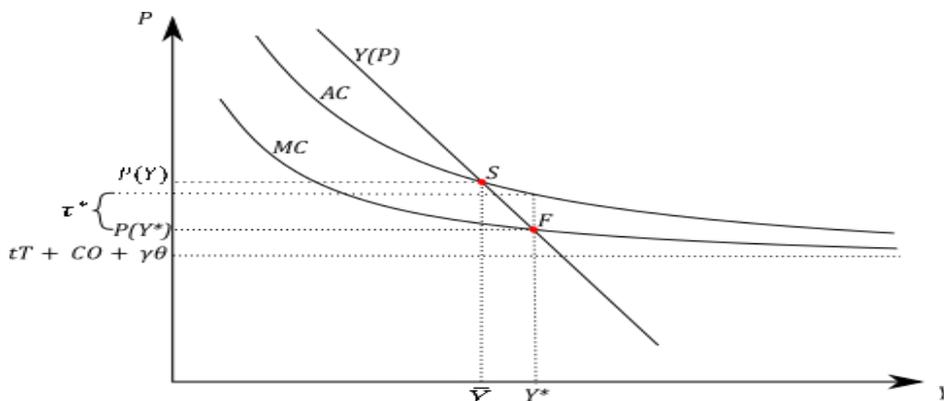
Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 1 se muestra el costo marginal MC de la demanda, que representa el costo de un ciclista más para todos los demás individuos, se obtiene al derivar TC respecto a la demanda.

$$MC = \frac{\partial TC}{\partial Y_{CYC}} = r \alpha \gamma \beta Y_{CYC}^{\beta-1} + t T \gamma + CO + \gamma \theta$$

Esta diferencia es una externalidad positiva producida por que los individuos solo consideran los costos que perciben, pero no consideran los beneficios que generan a los demás usuarios al elegir el transporte en bicicleta.

Gráfica 2. Subsidio óptimo a la demanda de bicicletas, indicado por la expresión  $\tau^*$ .



Fuente: elaboración propia

La teoría microeconómica básica y del mismo modo que el modelo de Mohring, encontramos la solución que maximiza el beneficio social al igualar la curva de demanda con la curva de costo marginal social. Así encontraremos la demanda óptimo  $Y_{CYC}^*$  en la siguiente ecuación implícita:

$$n - m Y_{CYC}^* = r \alpha \beta \gamma Y_{CYC}^{*\beta-1} + t T \gamma + CO + \gamma \theta$$

El punto de primer mejor, que representa el óptimo social, se ve representado por el punto F.

## SUBSIDIO A LA DEMANDA

En los puntos anteriores, pudimos observar (gráfica 2) que la pendiente de las curvas  $Y(P)$ ,  $MC$  y  $AC$  es siempre negativa y que  $MC$  es siempre menor que  $AC$ . La curva  $Y(P)$  debe tener una intersección con  $AC$ ,

De las condiciones anteriores, se desprende que necesariamente el equilibrio de primer mejor ( $F$ ) involucre una mayor demanda que el de mercado ( $S$ ). De esta manera, se cumplirá que  $Y_{CYC}^* > \bar{Y}_{CYC}$ .

Si se quiere alcanzar el óptimo social, que maximiza el beneficio de todas las personas, es necesario que la demanda se mueva desde  $\bar{Y}_{CYC}$  hasta  $Y_{CYC}^*$ . Para que la demanda se encuentre en este punto, es necesario que los ciclistas perciban el costo marginal en lugar del costo medio. De esta manera, para llegar a la solución de primer mejor se hace necesario un subsidio que internalice la diferencia entre el costo medio y el costo marginal. Luego, el subsidio óptimo  $\tau$  estará dado por la siguiente expresión:

$$\tau^* = AC(Y_{CYC}^*) - MC(Y_{CYC}^*)$$

$$\tau^* = r \alpha \gamma Y_{CYC}^{*\beta-1} * (1 - \beta)$$

Al aplicar este subsidio, los usuarios asumirán solo una parte del costo medio,

para que exista al menos una solución factible al problema de mercado, lo que obliga a que la pendiente de  $Y(P)$  sea menor que la de  $AC$  y, por ende, interseccione también con  $MC$ .

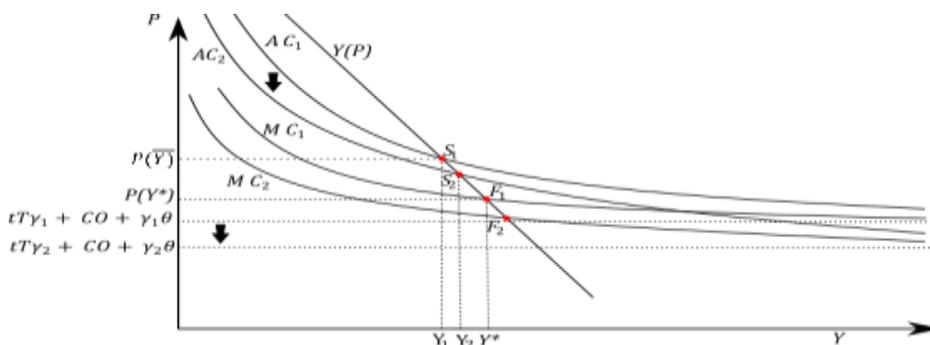
por lo que la demanda aumentará hasta llegar al punto en que  $Y(P) = AC(Y_{CYC}^*) - \tau^*$ . Este punto se ve reflejado en la gráfica 2.

Teniendo una forma explícita para la regla de subsidio óptimo, podemos hacer un análisis de cómo afectan las distintas variables en este resultado. En primer lugar, podemos ver que para valores razonables el subsidio siempre será positivo, debido a que  $\beta$  está entre 0 y 1, y todas las demás variables son mayores que 0.

En segundo lugar, por simple inspección se aprecia que las variables  $r, \alpha, \gamma$  afectan positivamente, y de manera lineal, el subsidio óptimo. Si la valoración de la seguridad o el parámetro  $\alpha$ , aumentan,  $\tau^*$  aumentará en la misma proporción y viceversa. En tercer lugar, el valor del tiempo de viaje, el tiempo de viaje y el costo operacional no tienen influencia en el valor del subsidio óptimo.

## SUBSIDIO A LA INFRAESTRUCTURA: LA MEJOR SEGUNDA SOLUCIÓN

Gráfica 3. Subsidio a la infraestructura dedicada a bicicletas, para el caso en que la nueva demanda ( $S_2$ ) es mayor que la de primer mejor sin subsidio de infraestructura ( $F_1$ ). Se aprecia un descenso de los costos medios, desde  $AC_1$  a  $AC_2$



Fuente: elaboración propia

Hemos visto que la solución socialmente óptima requiere de un subsidio a la demanda que se entregue a los ciclistas, para que consideren un menor costo a la hora de iniciar un viaje. Ahora bien, existen situaciones que pueden impedir que se haga efectivo un subsidio por viaje: por ejemplo, que no exista una tarifa sobre la cual aplicar el subsidio o que motivos políticos impidan efectuar este subsidio directamente. En ese caso, una solución de segundo mejor que se puede plantear es el subsidio a la infraestructura, de manera que se incentive la demanda.

Al aplicar un subsidio a la infraestructura, estamos actuando sobre el parámetro  $\gamma$  de nuestro modelo, el cual se ve disminuido al mejorar el nivel de infraestructura. Esta disminución impacta directamente reduciendo los costos totales de los usuarios, lo que genera un aumento de la demanda. La nueva demanda será mayor que el punto de equilibrio de mercado, debido a que los costos medios son menores. La gráfica 3 muestra cómo la reducción de los costos desplaza las curvas hacia una asíntota con un límite menor que el anterior, pasando de la curva de costos medios  $AC_1$  a una nueva curva  $AC_2$ . De esta manera, se pasa del punto de equilibrio  $S_1$  al punto  $S_2$ . Evidentemente, el nuevo equilibrio, aunque es una situación mejor que la anterior, sigue siendo subóptima dentro del nuevo contexto, debido a que los usuarios aún no internalizan su externalidad positiva. El óptimo social en la situación en

Ahora, utilizamos las derivadas para formar las elasticidades de la demanda y la infraestructura respecto a la inversión.

$$\frac{\partial TC}{\partial I} = \varepsilon_{\gamma I} \frac{\gamma}{I} * Y_{CYC} AC + \gamma \varepsilon_{\gamma I} \frac{Y_{CYC}}{I} MC + 1$$

Ahora, para encontrar la condición de primer orden igualamos la derivada a cero, con lo que se obtiene la siguiente expresión:

$$I^* = -\gamma * Y_{CYC} (\varepsilon_{\gamma I} AC + \varepsilon_{\gamma I} MC)$$

que se subsidió la infraestructura está representado por el punto  $F_2$ .

Es necesario considerar que la mejora en infraestructura necesitará de una inversión, que debe ser incluida en los costos totales.

En nuestro modelo, modelamos la relación entre inversión e infraestructura de la siguiente manera:

$$\gamma = \tilde{\gamma} * \left(1 + \frac{\rho}{1+I}\right)$$

Donde  $\tilde{\gamma}$  es el valor mínimo posible de  $\gamma$  (el máximo nivel de infraestructura que se puede alcanzar).  $I$  es la cantidad de dinero invertido en infraestructura.  $\rho$  es un parámetro que indica la efectividad de la inversión en reducir el valor de  $\gamma$ : si el valor de  $\rho$  es muy alto, significa que la inversión puede reducir en mayor medida el valor del parámetro  $\gamma$ ; si el valor de  $\rho$  es muy pequeño, significa que la inversión es menos efectiva en mejorar la infraestructura.

Así, el parámetro  $\gamma$  varía con la inversión según la siguiente expresión:

$$\frac{\partial \gamma}{\partial I} = \gamma' = -\frac{\tilde{\gamma} * \rho}{(1+I)^2}$$

Considerando esta forma para la relación entre inversión e infraestructura, tenemos una nueva forma para los costos totales.

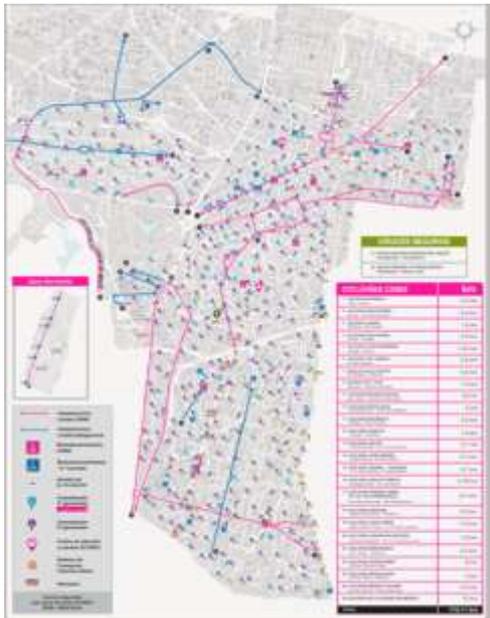
$$TC = Y_{CYC}(I)(r \propto \gamma(I)Y_{CYC}(I)^{\beta-1} + t T \gamma(I) + CO + \gamma(I)\theta) + I$$

De esta manera, la inversión óptima en infraestructura está correlacionada directamente con el nivel de infraestructura y la demanda observadas. Sabemos que la elasticidad  $\varepsilon_{\gamma I}$  es menor que 0, y la elasticidad  $\varepsilon_{\gamma I}$  mayor que cero. Tomando en cuenta esto, mientras mayor es el costo medio y menor el costo marginal, mayor es la inversión óptima, pues la externalidad es mayor.

## SUBSIDIO A LA BICICLETA COMO MODO DE TRANSPORTE

Para alcanzar la solución óptima social en cuanto a demanda por uso de bicicleta, es necesario un subsidio a la demanda, debido a que existen externalidades positivas que los ciclistas no internalizan. Un ejemplo de esto; es la encuesta realizada por la Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA, 2014) del Gobierno del Distrito Federal y el Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos (CEMCA). Busca identificar los factores que llevan a las personas a usar ECOBICI, con el fin de

Mapa 1. Infraestructura y equipamiento de ciclo vías de la Ciudad de México.



Fuente: Encuesta Ecobici 2014

Con un tamaño de muestra de 960 (solo usuario de Ecobici). Uno de los perfiles del usuario en relación al género es de:

incentivar el uso de este sistema, así como de la bicicleta particular (Ecobici, 2014).

Ecobici es el sistema de bicicletas públicas compartidas de la Ciudad de México que ha integrado a la bicicleta como parte esencial de la movilidad, es un modo de transporte dirigido a los habitantes de la capital, de sus alrededores y a los turistas. Permite a los usuarios registrados tomar una bicicleta de cualquier ciclo-estación y devolverla en la más cercana a su destino en trayectos ilimitados de 45 minutos. Quienes quieran acceder al Sistema Ecobici, podrán pagar una suscripción por un año, una semana, tres días o un día.

Hombres con 62% y Mujeres 38%. El 20% son jóvenes entre 25 a 29 años utilizan el servicio con el cual el 87% trabaja, su lugar de residencia con un 85% vive en la Ciudad de México y 15% en el Estado de México;

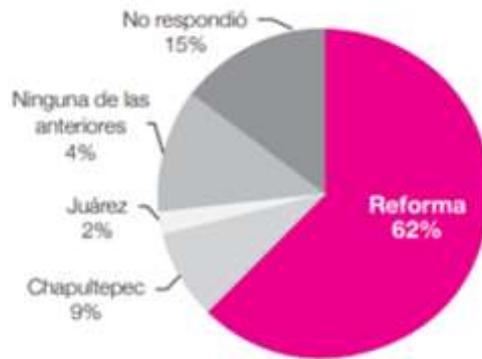
Se propone dos vías en que se puede llevar a cabo el subsidio:

a través del financiamiento de infraestructura dedicada a ciclistas y a través de la rebaja de tarifas en los sistemas de bicicletas públicas.

Por este motivo, si se quiere implementar un subsidio que mejore las condiciones urbanas, desde un punto de vista microeconómico, se deben buscar vías alternativas.

Los traslados que se realizan utilizando este modo en mayor parte donde circulan son en calles locales; pero prefiriendo utilizar la infraestructura de las ciclo vías; él prefiere circular por estas vialidades es la seguridad y rapidez.

Gráfica 4. Ciclovías que usan con mayor frecuencia

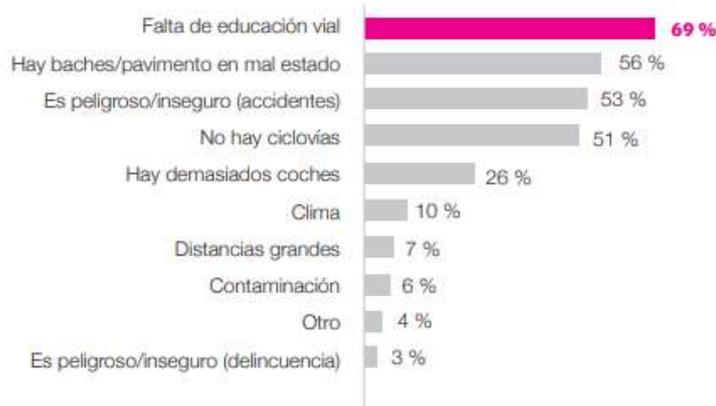


Fuente Encuesta Ecobici 2014

La primera propuesta consiste en destinar dinero fiscal equivalente al monto total del subsidio para financiar obras de infraestructura para bicicletas. Esta medida tiene un efecto en los usuarios en cuanto

puede reducir el precio generalizado de los usuarios, disminuyendo tiempos de viaje, aumentando los estándares de seguridad o mejorando la comodidad de las vías

Gráfica 5. Principales dificultades para el uso de la bicicleta



Fuente Encuesta Ecobici 2014

El principal problema del subsidio a la infraestructura es que los usuarios siguen sin internalizar sus externalidades de seguridad, pues siguen observando los costos medios de la nueva situación. De esta manera, llegamos a una situación mejor que la inicial, pero que sigue sin ser socialmente óptima, desde un punto de vista económico

De esta manera, el subsidio a la infraestructura es una solución de segundo mejor, recomendable en casos en que no sea viable subsidiar directamente los viajes.

La segunda alternativa que proponemos es el subsidio a la tarifa por el uso de bicicletas públicas. En varios países, existen sistemas de bicicletas públicas por las que se paga una tarifa. Comúnmente la forma en que se

paga esta tarifa es con una cuota mensual que permite utilizar ilimitadamente las bicicletas pertenecientes a la red.

Sin embargo, al cuestionarnos en la forma práctica de llevar a cabo este subsidio, las soluciones no son obvias. En el caso de los autobuses urbanos, el subsidio a la demanda no es difícil de traducir en políticas concretas, pues los usuarios pagan una tarifa, y al subsidiar para disminuir el cobro

estamos reduciendo directamente el costo generalizado de los pasajeros. Sin embargo, en la mayoría de los casos el uso de bicicleta no es tarifado, por lo que no se dispone de una herramienta de subsidio tan directa como para los autobuses urbanos. En proporción al modo de transporte a utilizar solo 13% de los viajes se realizan sólo en Ecobici y 87% de los viajes se combinan con otros modos de transporte.

Gráfica 6. Frecuencia que se utiliza Ecobici en los días de la semana.

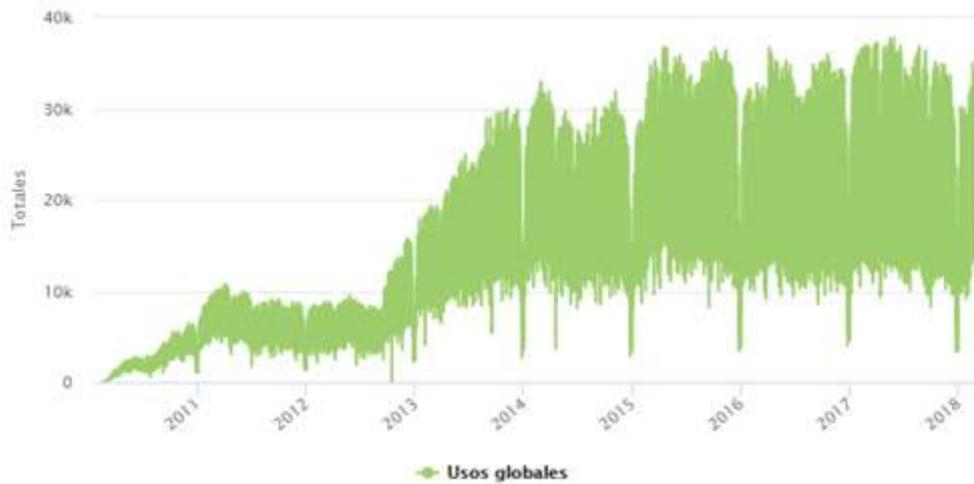


Fuente: Encuesta ECOBICI 2014

Otra alternativa de subsidio es realizar un descuento en la tarifa mensual que pagan los usuarios, según la cantidad de viajes que se realizaron en el mes. Con esta opción, se está subsidiando tanto la decisión de largo plazo de entrar en el sistema (debido a que baja el costo mensual) como la decisión de corto plazo de elegir la bicicleta para un viaje en particular. Subsidiar a través de descuentos por viaje es una medida que va más en el sentido pigouviano que propone

este artículo, pues se internaliza la externalidad positiva que produce cada viaje. Es importante hacer ver que, al subsidiar la tarifa del sistema de bicicletas públicas, se generan incentivos para que los proveedores del servicio aumenten sus precios, llegando a un equilibrio con una demanda inferior al óptimo. De esta manera, un subsidio al uso de bicicletas públicas podría necesitar de una regulación complementaria de precios y cantidades.

Gráfica 7. Uso Global de Ecobici.



Fuente Estadísticas de Ecobici (2014)

Esta discusión es relevante para el tema y la proponemos para futuras investigaciones. La selección de los participantes se realizó mediante la base de datos obtenida de la encuesta, valorando a aquellas personas que percibieron cambios significativos en su vida cotidiana desde que empezaron a usar Ecobici. Si se quiere involucrar un subsidio a las bicicletas públicas, disminuye el costo generalizado de estos usuarios, pero no el

de los de bicicletas "privadas". Por eso, en un futuro análisis será necesario modelar ambas demandas (pública y privada) de forma separada. Sin perjuicio de lo anterior, esta nueva modelación no cambia la estructura fundamental de la demanda y los costos, por lo que la conclusión de la optimización del subsidiar sigue siendo válida.

Gráfica 8. Históricos de Servicios Ecobici



Fuente Estadísticas de ECOBICI

El Sistema de Bicicletas Públicas Ecobici, ha sido adoptado como una alternativa eficaz para trasladarse en la Ciudad de México, no sólo por complementar la red de transporte masivo, sino por los beneficios que aporta en salud, medio ambiente, ahorro de tiempos de traslado y mejora de la calidad de vida.

## CONCLUSIONES

En este artículo, se utilizó el desarrollo académico en el campo de la prevención de accidentes para elaborar un modelo microeconómico sobre la demanda de ciclistas. De esta manera, los usuarios perciben un costo por moverse en bicicleta, pero no perciben el beneficio que hacen a los demás al aumentar la seguridad. La idea del subsidio es entregar a los ciclistas (de manera directa o indirecta) un monto equivalente a la diferencia entre el costo medio (costo que perciben los usuarios) y el costo marginal (costo para toda la sociedad de un usuario más).

Considerando las distintas formas en que planteamos que se puede realizar un subsidio a la demanda ciclista (subsidio a la infraestructura, subsidio fijo o por viaje a la tarifa de bicicletas públicas), llegamos a la conclusión de que, en primera instancia, el subsidio por viaje a la tarifa de las bicicletas públicas parece ser la forma más adecuada de llevar a cabo esta política. La principal ventaja de esta modalidad es que es la única que permite subsidiar directamente cada viaje, afectando la decisión de corto plazo en la elección de modo.

En el caso de que se subsidia la infraestructura el resultado obtenido no es óptimo, en cuanto no se internalizan las externalidades, pero es mejor que el caso sin subsidio. De esta manera, el subsidio a la infraestructura es una opción beneficiosa si no se puede aplicar un subsidio directo. Este resultado depende del valor de las elasticidades y de la efectividad de la inversión.

Por lo que es de especial importancia someter este modelo al levantamiento de algunos supuestos, incorporando la congestión entre bicicletas, la elasticidad entre la demanda de distintos modos, la interacción en la calle entre bicicletas y otros modos y la modelación separada de la demanda de bicicletas públicas y privadas.

Esperamos que la investigación en este ámbito permita plantear directrices para los tomadores de decisiones en materias de políticas públicas y planificación de transporte, de modo que permita avanzar hacia ciudades más sustentables, justas y eficientes.

## BIBLIOGRAFÍA

- Brüde, U., y Larsson, J. (1993). Models for predicting accidents at junctions where pedestrians and cyclists are involved. How well do they fit? . *Accident Analysis and Prevention*, 499-509.
- Ecobici, Sistema de transporte individual (2014). <https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/>.
- Elvik, R. (2009). The non-linearity of risk and the promotion of environmentally sustainable transport. *Accident Analysis & Prevention*, 41(4), 849-855.
- Jacobsen, P. L. (2003). Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury Prevention*, 205-209.
- Leden, L. (2002). Pedestrian risk decrease with pedestrian flow. A case study based on data from signalized intersections in Hamilton, Ontario. *Accident Analysis and Prevention*, 64, 457-464.
- Leden, L. (1998). Measuring the safety of raised bicycle crossings using a new research methodology. . Paper Presented at the Transportation Research Board Annual Meeting. Washington, DC.
- Lyon, C., y Persaud, B. (2002). Pedestrian collision prediction models for urban intersections. *Transportation Research Record* 1818, 102–107.
- Mohring, H. (1971). Optimization and scale economies in urban bus transportation. Minneapolis, Minnesota: Center for Economic Research, University of Minnesota.

Pigou, A. C. (1920). The economics of welfare. London: McMillan&Co.

Sagaris, L. (2015). Lessons from 40 years of planning for cycle-inclusion: Reflections from Santiago, Chile. Natural Resources Forum 39(1), 64-81

SEDEMA, Secretaría del Medio Ambiente Ciudad de México (2014) [www.cemca.org.mx](http://www.cemca.org.mx)