

PUESTA A PRUEBA DEL ÍNDICE PASAJERO-KILÓMETRO (IPK) EN TIEMPOS DE LA BIG DATA.

Marcelo E. Lascano

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ferroviaria.

mlascano@gmail.com

Resumen

El Índice Pasajero-Kilómetro de uso habitual en el seguimiento del desempeño del transporte urbano de buses tuvo su origen en una etapa en la que la información disponible era escasa y no poseía el nivel ideal de confiabilidad. Con la incorporación de tecnología, tanto el Estado como los operadores se encuentran ante una multiplicación de la cantidad y calidad de la información. En este estudio ponemos a prueba el tradicional IPK a partir de la nueva información publicada por primera vez en la Argentina, mediante el análisis de 42 líneas con itinerario sin multiplicidad de ramales. Se realiza una estimación de los pasajeros-kilómetro transportados y se calcula un factor de ocupación mensual, como nuevas métricas de utilización exponencialmente más desagregadas. Se observa que el IPK no muestra relaciones que comprueben su capacidad como indicador ya sea de densidad de uso o tasa de renovación.

Palabras clave: usos – pasajeros-kilómetro – productividad – capacidad – Buenos Aires

Introducción

El ajuste entre la oferta y la demanda es una de las cosas más necesarias en la gestión de servicios de transporte urbano, tanto desde el sector público como desde el privado (Thomson, 1974). La demanda o, para ser más precisos, la afluencia ó el tráfico de pasajeros no sólo muestra patrones horarios o semanales de variación, sino que evoluciona a lo largo del tiempo. En forma inversa, si se busca asegurar la cobertura geográfica con servicio, es necesario conocer cuándo los niveles de utilización están por debajo de los niveles admisibles fijados por la autoridad de transporte.

La evolución de la relación entre la oferta y la demanda es particularmente relevante en ciudades que registran procesos de crecimiento rápido. Allí donde se producen expansiones del tejido urbano por fraccionamiento y luego densificación, los operadores de transporte pueden estar interesados en emprender un establecimiento temprano de servicio allí donde el tráfico aún no está maduro (Müller, 1999). En este tipo de caso, tanto para autorizar el recorrido como para detectar la maduración del tráfico, el Estado necesita monitorear la relación oferta demanda.

El Índice Pasajero-Kilómetro ha sido por décadas utilizado como una forma de evaluar la relación entre oferta y demanda. Resulta de dividir la cantidad de pasajes emitidos/usos registrados, lo que representa la demanda ocurrida, por el número de kilómetros recorridos en servicio por la flota afectada a un recorrido, lo cual representa el esfuerzo operacional realizado. Y es utilizado no sólo de modo indicativo sino también computado en la determinación de tarifas de base.

Una primera definición técnica puede ser tomada de la Asociación Nacional de Transporte Público de Brasil, que presenta el IPK en un relevamiento de indicadores de gestión (Comissão de Qualidade e Produtividade da ANTP, 1998). En la Argentina, Sánchez y otros (2009) lo definen como una métrica de densidad de utilización que se aplica para el cálculo de la tarifa al usuario y destacan que no se aplica al transporte interurbano, en el cual se procede sobre la base de la carga media. González Badián (2012) lo destaca al discutir que existen diversas métricas de desempeño y explicita que puede utilizarse tanto como una medida de carga vehicular media como de rentabilidad. Aludidas estas menciones, no puede pasarse por alto que no se encuentran, al menos en línea, referencias al IPK en el mundo anglosajón. Tampoco clásicos como el de Vuchik (1980) hacen referencia a él.

El IPK tiene la forma que permitía la información disponible respecto al servicio antes de la llegada de los medios semi-automático y automáticos de validación tarifaria, y de la llegada del GPS. Bajo aquella situación, cabe recordarlo, era muy importante la asimetría de información entre regulador y regulado. Y el propio carácter manual del sistema de expendio de boletos implicaba posibilidades de divergencias entre la demanda real y el registro. Una tercera circunstancia central del origen del IPK, hoy desaparecida, fue que el servicio cubría sus costos vehiculares con la recaudación.

Superadas la etapa artesanal en las modalidades del autotransporte urbano, y reducida la asimetría, actualmente es la propia autoridad concedente la que controla el sistema de emisión de pasajes, y la que mide la distancia recorrida por los vehículos. Las limitaciones que originaron el uso del IPK han desaparecido. Hoy se cuenta con información en mayor cantidad, más desagregada, más confiable y en tiempo cercano al real. Adicionalmente, como parte de la apertura cada vez mayor de información oficial que permiten los canales digitales, dichos datos se han vuelto ya de acceso público directo.

Este artículo tiene por objetivo analizar la consistencia del IPK a partir de la información nueva sobre demanda y recaudación publicada por la autoridad concedente (Ministerio de Transporte de la Argentina en este caso, MT). Como expresó Eduardo Vasconcellos en la presentación de su libro en Buenos Aires en 2015, una reciente disponibilidad masiva de datos permite por primera vez analizar en detalle los sistemas de transporte en Hispanoamérica.

Metodología:

Se analiza la correlación entre el IPK y distintas variables relativas a la demanda: el porcentaje de viajes cortos, la cantidad de pasajeros kilómetro estimados, la recaudación y la tarifa media recaudada. Se toman los datos de 42 líneas del Área Metropolitana de Buenos Aires. Se eligieron líneas sin ramales o con ramalización sólo marginal respecto a un recorrido principal, de manera que la información sobre la demanda pueda ser evaluada respecto a un itinerario. Esto no es posible de forma consistente en el caso de líneas que bajo un mismo permiso, esto es, bajo una misma identificación numérica para el usuario, reúnen varios itinerarios, netamente diferenciados, para los cuales la información sobre la demanda necesariamente se publica de manera agrupada (por ejemplo, itinerarios agrupados bajo la “línea” 98). En el AMBA, esta situación es frecuente. Esta agrupación puede enmascarar itinerarios con comportamientos muy disímiles, por ejemplo, promediando dos itinerarios con distintas cantidades de usuarios o con diferentes distancias medias.

En efecto, la demanda se estructura por el diseño del itinerario, es decir, su inserción en una secuencia lineal de usos del suelo en la ciudad. Dos itinerarios son necesariamente diferentes, porque cubren configuraciones de uso del suelo indefectiblemente distintas. Si bien en las ciudades se repiten patrones espaciales, tan sólo las variaciones en densidad o niveles de ingreso generan cambios en la generación y atracción de viajes. En cada caso, entonces la respuesta de la demanda será entonces también distinta. Deben evaluarse separadamente.

Aclaremos finalmente que utilizamos el término itinerario estrictamente como el de la fracción mínima lineal para la cual el operador organiza recursos para la prestación de un servicio de transporte, incluyendo la ida, la vuelta y el tiempo de rotación en cabeceras. En la Argentina el término itinerario a veces es utilizado para designar la parte de los instrumentos contractuales (“permiso”) que indican la secuencia de calles que debe atender el operador, que puede incluir varios itinerarios lineales.

Tabla 1: itinerarios-línea incluidos en el análisis

Grupo	Subgrupo	Línea	Grupo	Subgrupo	Línea
DF	1	5	SGI	2	9
DF	4	12	SGI	2	10
DF	1	25	SGI	2	17
DF	4	26	SGI	2	29
DF	1	34	SGI	1	37
DF	4	39	SGI	2	46
DF	1	50	SGI	1	55
DF	2	61	SGI	2	80
DF	3	65	SGI	1	92
DF	3	64	SGI	2	95
DF	4	68	SGI	3	97
DF	1	84	SGI	2	103
DF	2	90	SGI	2	110
DF	2	99	SGI	2	111
DF	3	102	SGI	2	114
DF	1	106	SGI	1	130
DF	1	108	SGI	2	141
DF	1	109	SGI	5	152
DF	3	118	SGI	1	160
DF	4	132	SGI	1	166
			SGI	1	168
			SGI	3	193

Datos:

Demanda:

Se analiza la cantidad de usos, es decir, validaciones de viaje, realizadas en noviembre de 2019 (Argentina, 2020a). Esta información es la que se aplicó para la liquidación de compensaciones tarifarias, de forma que puede asegurarse que el dato tiene un mínimo control de calidad. Se cuenta con la cantidad de usos por categoría tarifaria. Estos datos son publicados en línea por el Ministerio de Transporte de la Nación.

Las categorías tarifarias del autotransporte de pasajeros en el AMBA corresponden a la cantidad de cruces de los límites seccionarios de los itinerarios que realiza un viajero. Si un viaje se produce dentro de los límites de una sección, corresponde la tarifa por una sección, denominada “tarifa mínima”. Si el viaje cruza un límite seccionario, el viaje toca dos secciones, y corresponde entonces la tarifa por dos secciones, aunque no las recorra por completo. Y así sucesivamente, de acuerdo a lo indicado en la Tabla 2.

Aplicación de los datos de uso al cálculo de los pasajeros-kilómetro transportados

El IPK se utiliza se utiliza entre otras razones porque no se conoce la distancia viajada por los usuarios, es decir, los pasajeros kilómetro. La información ahora publicada por el MT permite realizar un cálculo aproximado, con un nivel de imprecisión aceptable en un análisis comparativo como el que se desarrolla en estas páginas. La Tabla 2 presenta el cuadro tarifario aplicado en el autotransporte de pasajeros del AMBA.

Tabla 2:

0 a 3 km	\$ 18,00
3 a 6 km	\$ 20,00
6 a 12 km	\$ 21,00
12 a 27 km	\$ 22,00
+27 km	\$ 23,00

La longitud de los viajes se pondera fijando límites seccionarios cada 3 kilómetros, de forma que si un viaje se inicia en el kilómetro 9 de la progresiva, y finaliza en el 11, se paga \$18. De forma que todos los límites seccionarios pueden funcionar como límites tarifarios, de acuerdo a la progresiva de inicio del viaje (fig. 1). Realizamos esta aclaración, aún considerando que el sistema es familiar a quienes leerán este análisis, porque hemos encontrado desentendimientos entre profesionales al respecto de estas categorías que excesivamente sobreentendidas, al momento de aplicarla al procesamiento de datos también son puestas a prueba.

Progresiva del itinerario (km desde el origen)	Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4	Sección 5	Sección 6	Sección 7	Sección 8	Sección 9	Sección 10
	3 km	6 km	9 km	12 km	15 km	18 km	21 km	24 km	27 km	30 km ?
0	\$ 18	\$ 20	\$ 21	\$ 21	\$ 22	\$ 22	\$ 22	\$ 22	\$ 22	\$ 23
3 km		\$ 18	\$ 20	\$ 21	\$ 21	\$ 22	\$ 22	\$ 22	\$ 22	\$ 22
6 km			\$ 18	\$ 20	\$ 21	\$ 21	\$ 22	\$ 22	\$ 22	\$ 22
9 km				\$ 18	\$ 20	\$ 21	\$ 21	\$ 22	\$ 22	\$ 22
12 km					\$ 18	\$ 20	\$ 21	\$ 21	\$ 22	\$ 22
15 km						\$ 18	\$ 20	\$ 21	\$ 21	\$ 22
18 km							\$ 18	\$ 20	\$ 21	\$ 21
21 km								\$ 18	\$ 20	\$ 21
24 km									\$ 18	\$ 20
27 km										\$ 18

Fig.1 : seccionamiento cada 3 km y seccionamientos tarifarios

Sobre la base de la cantidad de usos validados para cada tarifa se calculan entonces los pasajeros kilómetro para cada itinerario analizado. La suma de las distancias recorridas por todos los viajes de un itinerario, es decir, los pasajeros-kilómetro, representan la cantidad de servicio realizado. A diferencia de lo que sucede con otros servicios públicos, *ceteris paribus*, en transporte urbano el mismo consumo de recursos puede producir cantidades muy diferentes de servicio. La causa de esta particularidad está en la variabilidad del factor de ocupación.

Los usos por tipo de tarifa permiten conducir estimación de los pasajeros-kilómetro sólo con un fin comparativo, considerando que:

- 1) La tarificación sobre la base del cruce del límite seccionario-tarifario quita algo de robustez a la suposición de que a los usos de, por ejemplo, \$20, puede atribuirse una distancia media entre 3 y 6 km. Puede incluir viajes de menos de 3 kilómetros. Y así sucesivamente para 2, 3 cruces de límite seccionario-tarifario. En particular, esto se acentúa para viajes de más de 6 y más de 12 km, ya que una vez que el viaje supera esas distancias, la dispersión potencial del dato es más amplia. Sólo mediante relevamiento complementarios podría utilizarse esta información para un análisis de perfil de carga, por ejemplo.
- 2) Funcionamiento actual del sistema (sin *check out* al bajar de la unidad) no elimina errores en la asignación tarifaria del pasajero, riesgo de subregistro o sobregistro de la distancia. Sin embargo, en un primer análisis la asignación de tarifa parece ser relativamente rigurosa. Por ejemplo, las diferencias entre dos líneas que tienen casi el mismo itinerario sobre carriles preferenciales, siendo una más larga, son consistentes (34 y 161).
- 3) Variaciones en longitudes de las secciones, por ejemplo, en algunas líneas la tercera sección se extiende hasta pasados los 14 km. Aquí consideraremos los mismos rangos kilométricos para todos los itinerarios analizados.

Los datos y la metodología aplicada permiten entonces un análisis comparativo, evaluando itinerarios de diferentes frecuencia y utilización contra los respectivos IPK.

Distancia media:

Obtenido los p-km estimados, automáticamente se estiman tanto una distancia media, al dividirlos por la cantidad de usos.

Coches kilómetro corridos y estimación de la carga media mensual

La cantidad de coches kilómetro es publicada en línea también por el Ministerio de Transporte. En este caso, utilizaremos los kilómetros promedio de 2018, adoptados en 2019 para el cálculo de costos y compensaciones (Anexo VII de la Resolución 207 del MT, Argentina 2020b). Puede considerarse válido computar datos de este año anterior, ya que los informes preliminares del MT (Argentina, 2020c) indican que la cantidad de coches kilómetro en el AMBA durante 2019 estuvieron sólo apenas por debajo de los valores de 2018. De todas formas, como ya se ha señalado, aquí el único fin es comparativo, de forma que la aproximación es suficientemente satisfactoria.

Carga media mensual

Surge de dividir los pasajeros kilómetros mensuales estimados por la cantidad de coches kilómetros corridos mensuales. Cabe aquí también indicar que esta carga media mensual

es aproximada y sólo con un fin comparativo, ya que no se han publicado aún los kilometrajes mensuales promedio de 2019.

Resultados:

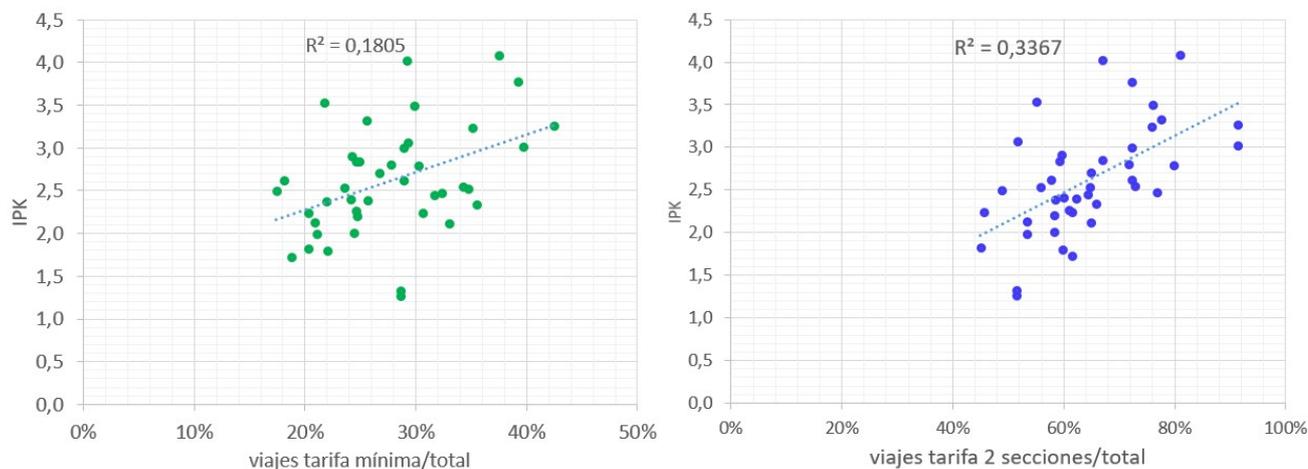


Fig. 2: IPK versus prevalencia de viajes de corta longitud

En la figura 2 ponemos a prueba el IPK contra la prevalencia de viajes cortos sobre el total de usos validados, esto es, la capacidad del IPK para predecir si en un itinerario el recambio de pasajeros es alto o bajo. A la izquierda, la correlación entre el IPK y el porcentaje de usos por la tarifa mínima no llega a explicar el 1% de la variabilidad. A la derecha, si se amplía el universo de usos a la tarifa por dos secciones, se obtiene una mejora marginal, alcanzando tan sólo un 10% de la variabilidad.

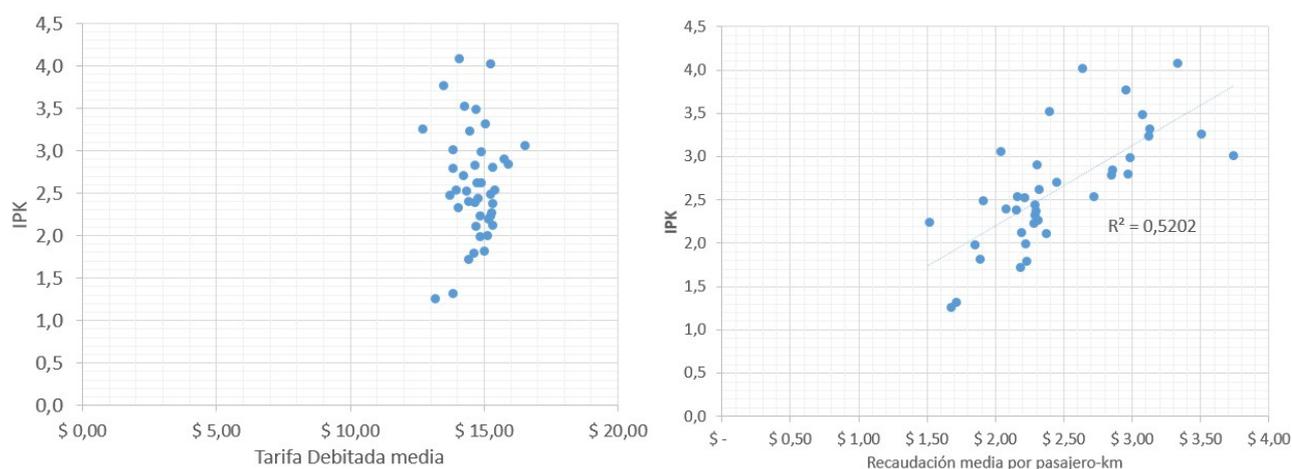


Fig. 3: IPK versus variables relativas a la recaudación

La figura 3 pone a prueba el IPK versus variables relativas a la recaudación, información que por primera vez también se hace pública de manera desagregada. A la izquierda, el IPK contra la tarifa media debitada. Este ploteo resalta dos aspectos. Por un lado, no hay un desplazamiento hacia izquierda de los valores tarifarios medios para los IPK más altos, como sugiere la interpretación usual del IPK. Esta tarifa media incluye los usos con

descuentos por trasbordo, por lo cual el efecto debería ser aún más pronunciado, considerando que los trasbordos colectivo tren implican viajes relativamente cortos en colectivo. Por otro lado, este ploteo resalta el efecto del marcado aplanamiento de la tarifa al usuario, que elimina la posibilidad de que la nube de puntos proyecte una cola hacia la derecha para los valores del IPK más bajos, ya que la prevalencia de viajes largos necesariamente reduce la cantidad absoluta de pasajeros. En definitiva, incluimos esta correlación porque muestra que el IPK es también poco indicativo en un contexto en el que no se cubren los costos con la tarifa.

A la derecha, el IPK contra la recaudación media por pasajero-kilómetro. De manera previsible, al no ser tan pronunciado el aplanamiento de la tarifa para los viajes más cortos, hay un 25% de la variabilidad en la recaudación media que se mueve con el IPK. Sin embargo, puede advertirse que la dispersión de valores es muy importante. En torno a un IPK de 3, pueden existir recaudaciones medias por pasajero-kilómetro muy disímiles.

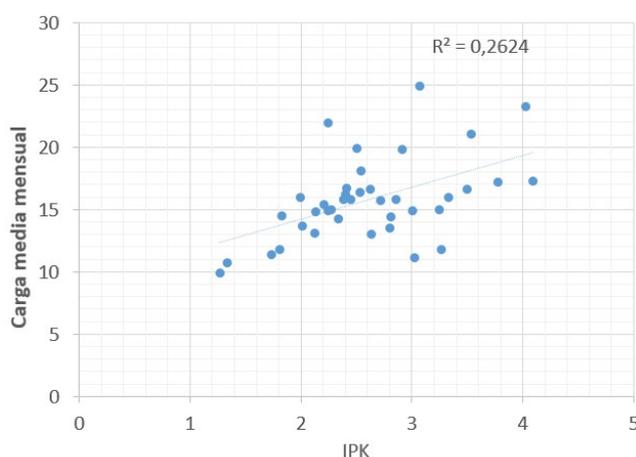


Fig. 4 IPK versus carga media

La figura cuatro es la prueba central respecto a la validez del IPK como indicador del nivel de utilización. A la izquierda, se advierte que para una carga media de 15 pasajeros existe una dispersión notoria de los valores de IPK, mostrando su inadecuación como indicador del nivel de utilización.

Esta ponderación debe matizarse con la correlación entre coches kilómetro (utilización), y la medida real de la utilización (pasajeros kilómetro) (figura 5 a la izquierda). Aquí encontramos una correlación mayor que en los casos anteriores. Sin embargo, refleja cierto desajuste entre ambas variables. Desde luego un ajuste total no sería deseable, considerando que muchos itinerarios tienen por objetivo la cobertura geográfica y que la programación de frecuencias no necesariamente responde a la demanda. De todos modos, no es esta situación la que explica la falta casi total de relación entre el IPK y la cantidad de pasajeros kilómetro sino, sencillamente, la falta de ponderación de la distancia en el tradicional indicador que aquí intentemos poner a prueba.

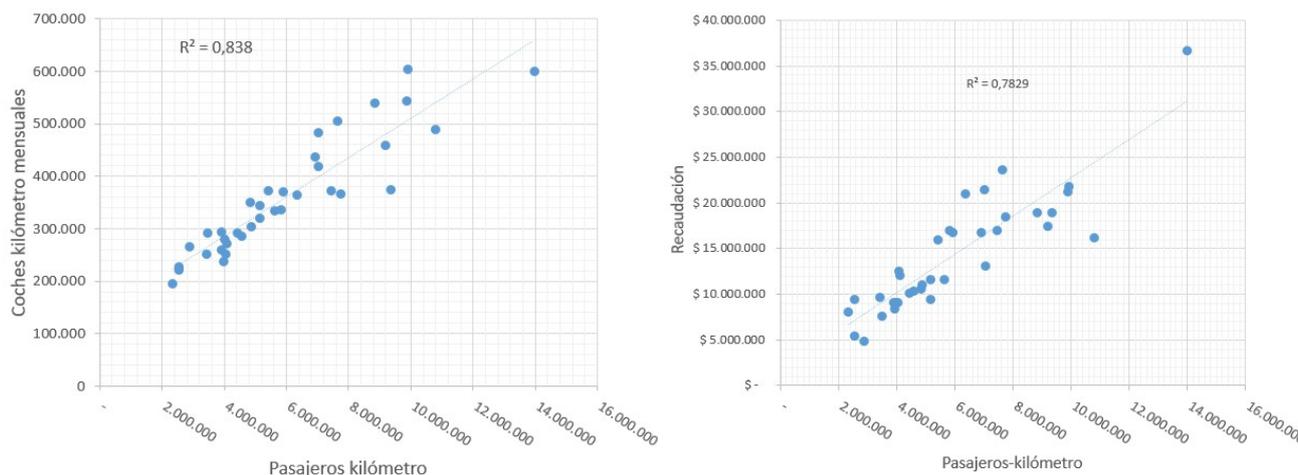


Fig. 5, cantidad de pasajeros kilómetro estimados versus otras variables.

En la fig. 5 a la derecha, se observa el desacople entre recaudación y pasajeros kilómetro, producto del aplanamiento de las tarifas al público. Incluimos este ploteo a raíz de que el IPK se utiliza de diversas formas para ajustar el cálculo de tarifas, ya sea técnicas, ya sea al usuario.

1. Discusión y conclusiones: qué puede y qué no el IPK?

El IPK es una medida ciega, porque permite captar variaciones pero desconociendo el escenario de utilización del servicio. En efecto, lo que las figuras obtenidas en nuestro análisis muestran puede sintetizarse en lo que sigue: si se comparan los IPK de dos líneas con igual número de pasajeros, pero una tiene el doble de coches kilómetro y el doble de distancia media, el IPK es el mismo. Nótese entonces que el IPK no sirve para realizar comparaciones entre una línea y otra. Las que se hacen en la práctica se nutren más de la evidencia del conocimiento de campo que el indicador por sí. O sobre la base del análisis previo de varios indicadores, como en el clásico análisis de Odila (2007) del impacto de la integración tarifaria sobre la demanda del transporte de buses en San Pablo

El IPK es ciego en un segundo sentido. Como hemos visto, no ilustra el nivel de utilización, pero sí puede indicar en algún caso si varía. Por ejemplo, si una línea comienza a tener nuevos usuarios, el IPK se incrementa. Pero si aumenta la distancia media, *ceteris paribus*, el IPK puede permanecer estable, enmascarando el aumento de la carga media y del factor de ocupación.

Estas conclusiones apuntan a la utilización del IPK como factor de ajuste de la tarifa media por pasajero, tema que analizaremos en un próximo análisis.

Referencias:

ARGENTINA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Subsidios y compensaciones otorgadas. Liquidación de Diciembre 2019 - Usos de Noviembre 2019. 2020a. Disponible en línea.

ARGENTINA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Subsecretaría de Transporte Automotor. Kilometraje de referencia. 2020b. IF-2019-05415128-APN-SSTA#MTR Anexo VII Resolución MT 207/19 EX-2019-00595084- -APN-SSTA#MTR.

- ARGENTINA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Comisión Nacional de Regulación del Transporte. Informe Interanual. Transporte Automotor Urbano. 2020c. Disponible en línea.
- COMISSÃO DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DA ANTP, Referenciais comparativos de gestão do transporte urbano. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP* 1998, 84, 87-96.
- GONZÁLEZ BADIÁN, H. Los subsidios al autotransporte de pasajeros, un aporte para un debate fundado. En *Regulación del autotransporte público, cuestiones teóricas y experiencias*, Müller, A. (editor). CESPA. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires. 2012, p. 121-137.
- MÜLLER, A. Transporte automotor colectivo de pasajeros. En *Plan Urbano Ambiental Tomo IV, Estudios de Transporte y Circulación Urbana*. Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. 1999. Buenos Aires.
- ODILA, A. Bilhete único muda o paradigma do sistema de ônibus, en *Integração no transporte público. Cadernos Técnicos ANTP BNDES*, 2007. Volumen 5. San Pablo.
- THOMSON, J. *Great cities and their traffic*. Penguin. Londres. 1977. 257 p.
- VUCHIK, V. *Public Transportation: Planning, Operations and Management*. Prentice-Hall. Filadelfia. 1980. 676 p.