

# Eficiencia Técnica en el Servicio de Transporte Público de Pasajeros: estudio de caso Cuenca, Ecuador



Luis Suin-Guaraca

Universidad de Cuenca, Facultad de Economía. Cuenca, Ecuador.  
ORCID: 0000-0003-3465-2835

Paúl Feijoo Criollo

Universidad de Cuenca, Facultad de Economía. Cuenca, Ecuador.  
ORCID: 0000-0002-8436-0075

Recibido: 29/12/2022. Aceptado: 26/9/2023.

## Resumen

Una gestión inadecuada del transporte público incide en una menor capacidad vial, convirtiéndose en un desafío para el decisor político por el impacto social que conlleva el servicio. En este sentido, la presente investigación estimó la Eficiencia Técnica del servicio de transporte público mediante la metodología del Análisis Envoltante de Datos para la ciudad de Cuenca. Se utilizaron dos modelos: de demanda y de oferta; como DMU se tomaron a las 37 rutas de servicio de buses; como variables, para el input los kilómetros recorridos, la flota total, y el intervalo de paso, y para el output, el número de pasajeros y los costos operativos; datos obtenidos del Informe de Revisión de la Tarifa del Transporte Público Urbano Colectivo del Cantón Cuenca del año 2021. Los resultados indicaron una eficiencia promedio, en el servicio de transporte, del 68% para el modelo de demanda y el 90% en el de oferta; muestran además ineficiencias técnicas por la escala en la que operan las diferentes rutas; concluyéndose la necesidad de incrementar la distancia en las rutas de recorrido y los intervalos de paso.

**PALABRAS CLAVE:** EFICIENCIA TÉCNICA. ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS. CUENCA. ECUADOR. TRANSPORTE PÚBLICO.

## Technical Efficiency in the Passengers Public Transportation: study case Cuenca-Ecuador

### Abstract

Inadequate management of public transport leads to lower road capacity, becoming a challenge for the political decision-maker due to the social impact of the service. In this sense, the present research estimated the Technical Efficiency of the public transport service through the methodology of Data Envelopment Analysis for the city of Cuenca. Two models were used: demand and supply; as DMU were taken to the 37 bus service routes; as variables, for the input the kilometers traveled, the total fleet, and the passage interval, and for the output, the number of passengers and the operating costs;

data obtained from the Review Report of the Collective Urban Public Transport Fare of the Cuenca Canton of the year 2021. The results indicated an average efficiency, in the transport service, of 68% for the demand model and 90% in the supply model; they also show technical inefficiencies due to the scale at which the different routes operate; concluding the need to increase the distance on the routes of travel and the intervals of passage.

**KEYWORDS:** TECHNICAL EFFICIENCY. DATA ENVELOPMENT ANALYSIS. ECUADOR. PUBLIC TRANSPORTATION.

## Introducción

El servicio de transporte público constituye una actividad prioritaria para la población y de alto interés para el decisor político, ya que busca garantizar un servicio que satisfaga las necesidades de traslado de los usuarios y, al mismo tiempo, aborde los problemas de alto tráfico y congestión vehicular que se presentan, especialmente en los sectores urbanos del país.

La falta de atención al servicio de transporte público tiene un impacto en la administración del tránsito en general, lo cual genera una disminución en la capacidad vial. Estas consecuencias se observan en mayores costos económicos y, por lo tanto, en una pérdida de eficiencia asignativa y económica en el sector, lo que finalmente afecta la calidad de vida de los habitantes al incrementar los índices de inequidad y otros efectos negativos para la sociedad (Thomson *et al.*, 2002; Alonso *et al.*, 2018).

En Ecuador, para el año 2020, se matricularon más de 2,3 millones de automotores, de los cuales el 7,2% corresponde a vehículos de transporte público, incluyendo buses urbanos, interprovinciales, intercantonales, taxis y camiones de alquiler. En cuanto a los autobuses, se categorizan por clase y representan el 4,4% del total de vehículos matriculados, junto con tráileres, tanqueros, volquetas, furgonetas, ambulancias y otros sin clasificar (INEC, 2021).

Según el Cuadro 1, en el año 2020, a nivel nacional, existieron 23.979 autobuses. De estos, 1602 se ubicaron en el Azuay, lo que la convierte en la quinta provincia con mayor número de autobuses, detrás de Pichincha (4788), Guayas (3253), Tungurahua (1855) y Manabí (1626) (INEC, 2021).

En la ciudad de Cuenca, capital de la provincia del Azuay, 475 autobuses ofertan el servicio de transporte público en el área urbana, divididos en 37 líneas de recorridos, de las cuales el 14% operan con un modelo troncal, formando parte del Sistema Integrado de Transporte en Bus (SIT) con el uso de terminales de transferencia; las restantes, actúan en rutas convencionales aisladas y distribuidas en toda la ciudad. En el Cuadro 2 se muestran detalles del servicio de transporte público (GAD Cuenca, 2021).

Cuenca, capital del Azuay, soporta diariamente 1.330.948 viajes, tanto al interior como en la periferia de la ciudad. Aproximadamente el 52% (685.080 viajes) se realizan al interior, y de estos, el 20% corresponde a la zona centro urbana. Asimismo, el 25% de los viajes al interior de la ciudad se realiza mediante la utilización del servicio de transporte público, con 103.831 viajes de entrada y 68.341 viajes de salida (GAD Cuenca,

Eficiencia Técnica en el Servicio de Transporte...  
L. SUIN-GUARACA Y P. FEJOO CRIOLLO

Cuadro 1. Vehículos matriculados en Ecuador para el año 2020 por clase.  
Fuente: elaboración propia con base en la información del INEC (2021).

CLASE	TOTAL	USO			
		Estado	Alquiler	Particular	Otros
Automóvil	699.134	2.114	58.566	638.347	107
Autobús	23.797	1.104	20.952	1.740	1
Camión	106.028	2.274	37.086	66.639	29
Camioneta	426.683	10.614	20.038	395.961	70
Furgoneta	42.697	347	7.695	34.641	14
Suv	396.708	4.944	480	390.813	471
Motocicleta	629.581	7.498	5.035	617.028	20
Tanquero	3.021	384	1.462	1.173	2
Trailer	13.404	209	10.526	2.666	3
Volqueta	12.312	1.311	5.642	5.357	2
Otra Clase	7.810	1.749	1.380	4.568	113
TOTAL	2.361.175	32.548	168.862	2.158.933	832

2015). Existe un exceso de carga vehicular que soporta la ciudad y la provincia. Azuay, con 173 vehículos por cada mil habitantes, tiene el tercer índice más alto de vehículos a nivel nacional y supera en un 28% la media nacional, que se ubica en 135 vehículos por cada mil habitantes (INEC, 2021).

La Asamblea Nacional del Ecuador (2008:2), en la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, en su artículo 3 establece que “el Estado garantizará que la prestación del servicio de transporte público se ajuste a los principios de seguridad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, continuidad y calidad, con tarifas socialmente justas”. Asimismo, la Constitución de la República, en su artículo 264, numeral 6, establece como competencia exclusiva de los gobiernos autónomos descentralizados municipales la planificación, control y regulación del tránsito y transporte terrestre dentro de la circunscripción cantonal.

En este sentido, y en cumplimiento de la normativa indicada, en Cuenca, su Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD, 2021) estableció rangos de longitud de recorrido para identificar la eficiencia del sistema. Se estableció una media de recorrido de 29,11 km y se observó que el 49% de las líneas recorren entre 30 y 45 km; el 43% recorre entre 15 y 30 km, y el 8% (tres líneas de buses) recorren distancias menores a 15 km. Concluyeron que las líneas de buses que conforman el sistema gastan recursos excesivos en términos de la longitud del recorrido, puesto que recorren distancias innecesarias que podrían ser cubiertas por otras líneas, dado que existen cerca de 157 km de recorrido traslapado y el 90% de las líneas actuales se concentran en los principales ejes de la ciudad.

Por tanto, el objetivo de esta investigación es calcular la Eficiencia Técnica (ET) del servicio de transporte público mediante el método del Análisis Envolvente de Datos (DEA) para la ciudad de Cuenca en las líneas de buses que circulan por las diferentes Rutas Urbanas, permitiendo obtener índices de eficiencia para el servicio, e identificar la sensibilidad de la producción de cada línea con respecto al volumen de unidades, a la extensión del recorrido y al intervalo de paso; además de detectar posibles ahorros en el uso de recursos.

Eficiencia Técnica en el Servicio de Transporte...  
L. SUIN-GUARACA Y P. FEJOO CRIOLLO

Cuadro 2. Recorrido y longitud de las líneas de transporte público en Cuenca.  
Elaboración propia con base en la información del GAD Cuenca (2021).

ID	RECORRIDO	Longitud (km)	Pasajeros diarios	Intervalo de paso (min)	Flota vehicular
2	Totoracocha - Eloy Alfaro - Totoracocha	28.859	9.069	7	7
3	Eucaliptos - Bellavista - Eucaliptos	33.337	20.464	6	23
5	Totoracocha - Control Sur - Totoracocha	26.975	17.142	7	21
6	T. Ordoñez - Mayancela - T. Ordoñez	20.051	7.169	11	5
7	Mall del Rio - Trigales - Mall del Rio	37.010	18.993	6	27
8	San Joaquín - Trigales - San Joaquín	33.453	18.093	8	19
10	La Florida - Paluncay - La Florida	44.197	4.577	5	18
12	Quinta Chica - Baños - Quinta Chica	36.223	17.585	6	22
13	IESS - Mall del Rio - IESS	32.083	20.776	8	23
14	Feria Libre - El Valle - Feria Libre	25.732	18.928	6	24
15	Feria Libre - Baguanchi - Feria Libre	33.667	9.288	6	13
16	Monay - Mutualista Azuay - Monay	40.023	28.818	6	20
17	10 de Agosto - 5 Esquinas - 10 de Agosto	24.719	1.815	6	8
18	Graiman - Zhucay - Graiman	30.276	13.918	7	21
19	Visorey - Tenis Club - Visorey	27.873	9.796	7	15
20	Kennedy - Mutualista Azuay - Kennedy	33.280	14.008	6	21
21	Cementerio - Rayoloma - Cementerio	15.409	10.654	7	1
22	Gapal - Salesianos - Gapal	28.465	5.450	8	25
23	Centenario - San Pedro - Centenario	20.248	15.432	7	2
24	Miraflores - Auquilula - Miraflores	41.079	22.133	8	23
25	Jaime Roldós - Sta María - Jaime Roldós	33.858	3.293	7	9
26	M 27 de Febrero - Checa - M 27 de Febrero	36.077	7.672	6	15
27	Cochas - Baños - Cochas	44.279	31.366	10	20
28	Feria Libre - Sidcay - Feria Libre	28.313	23.549	7	25
29	Cementerio - Dolorosa - Cementerio	27.366	8.791	6	6
31	María Auxiliadora - El Carmen - María Auxiliadora	17.055	12.900	7	5
33	Cementerio - Nulti - Cementario	23.148	13.400	7	2
41	T. Ordoñez - Sta Rosa - T. Ordoñez	43.450	7.690	7	5
42	T. Ordoñez - Llacao - T. Ordoñez	27.574	7.342	7	3
43	T. Ordoñez - La Raya - T. Ordoñez	33.281	6.963	9	3
44	T. Ordoñez - Sidcay - T. Ordoñez	30.804	12.863	9	3
45	*Centenario - Cárcel - Centenario	11.989	9.427	15	1
50	Monay - Balzay - Monay	28.623	15.498	7	12
100	Ricaurte - Baños - Ricaurte	37.072	37.932	7	10
1010	T. Terrestre - Yanaturo - T. Terrestre	9.221	262	12	1
1020	T. Terrestre - Eucaliptos - T. Terrestre	12.501	19.616	7	5
2010	Feria Libre - Lirio - Feria Libre	19.372	5.057	5	13
TOTAL		1.076,9	507.729	258	475
Promedio		29,1	13.722	7	13

\* Servicio prestado solamente fines de semana

## Revisión de literatura

En la teoría económica, la eficiencia se mide por la productividad, es decir, por la cantidad de bienes y servicios que pueden producirse por cada unidad de recurso utilizado, buscando la mejor relación entre recursos empleados y resultados alcanzados para lograr el mayor rendimiento económico y técnico de los insumos empleados y de la actividad en general (Mankiw, 2012).

En particular, la frontera de posibilidades de producción (FPP) es la porción de la función de producción donde se alcanza el máximo producto posible con una combinación dada de insumos. Una empresa que se ubica sobre la FPP se considera eficiente desde el punto de vista técnico, ya que está aprovechando todos los recursos de los cuales dispone para llevar a cabo la producción. Se supone que las firmas producen sobre o por debajo de la frontera, es decir, con algún grado de ineficiencia (Coelly *et al.*, 2005; Emrouznejad *et al.*, 2015).

Por otra parte, es importante distinguir entre Eficiencia Técnica y Eficiencia Asignativa (o de precios). La Eficiencia Asignativa se refiere al uso eficiente de los recursos desde el punto de vista de los costos, reflejando la habilidad de una firma para utilizar los insumos en proporciones óptimas dado un nivel de precios relativos de los insumos y un nivel de tecnología en la producción (Canales, 2013). En cambio, la Eficiencia Técnica de una empresa es relativa al conjunto de empresas a partir de las cuales se estima la función de producción y el uso relativo de los insumos. La suma de ambas da como resultado la Eficiencia Económica Total de una empresa (Farrel, 1957; Charners, 1997; Soto *et al.*, 2019).

La evaluación de la Eficiencia Técnica (ET) ha recibido considerable atención en la literatura. Försund *et al.* (1980) clasifican a los modelos de frontera según la forma en que esta frontera es especificada y estimada; Brons *et al.* (2005) indican que los métodos paramétricos y no paramétricos no presentan diferencias significativas, al igual que entre las especificaciones estocásticas y determinísticas. Por su parte, Kerstens (1999) y De Borger *et al.* (2002) encuentran que las metodologías de frontera han contribuido significativamente al mejoramiento de la eficiencia y productividad de los sistemas de transporte público, cuyas características definen su Eficiencia Técnica.

Jarboui *et al.* (2013) encuentran un mayor grado de eficiencia en operadoras de rutas largas; mientras que Li *et al.* (2013) revelan un menor nivel de eficiencia en traslados en horas pico; por su parte, Da Silva *et al.* (2022) indican una influencia del tamaño de la operadora, siendo las operadoras grandes más eficientes; finalmente, Jarboui *et al.* (2013) señalan que también influye el crecimiento de los países, presentándose más eficientes los países desarrollados; tesis corroborada por Ramos *et al.* (2008), que verifican que en Europa se observan mejores índices de ET en los sistemas de transporte público que en los de los países de América del Sur.

Asimismo, Roy *et al.* (2007) afirman que la ET de los operadores de transporte público depende del régimen de propiedad y del tipo de contrato que rige sus transacciones; Carvalo *et al.* (2015) incluyen el uso de infraestructura tecnológica en las ciudades de prestación del servicio; mientras que, por su parte, Piacenza (2006) asevera que las políticas de subsidios en los pasajes afectan a la ET puesto que distorsionan los costos.

En cuanto a desempeños específicos, García (2019) encuentra, en el servicio de transporte público de 24 municipios españoles, una eficiencia promedio de apenas el 51,03%.

Eficiencia Técnica en el Servicio de Transporte...  
L. SUIN-GUARACA Y P. FEIJOO CRIOLLO

Holmgren (2013) en 26 condados de Suiza, indica que durante el periodo 1986 – 2009, la eficiencia en el costo del servicio de transporte público disminuyó del 87,5% en la década de los ochenta, al 60,4% al final del periodo 2009. Volonté *et al.* (2016) en Bahía Blanca, Argentina, indican que los niveles de eficiencia del servicio de transporte público local, se mantuvieron estables durante el periodo 2007–2014.

## Metodología

La presente investigación calculó la Eficiencia Técnica del servicio de transporte público en la ciudad de Cuenca mediante la metodología del Análisis Envoltante de Datos (DEA), utilizando dos modelos DEA con CRS y orientación al Input. Se utilizó la información contenida en el Informe de Revisión de la Tarifa del Transporte Público Urbano Colectivo del Cantón Cuenca (Gobierno Autónomo Descentralizado de Cuenca, 2021).

La especificación de la forma del modelo DEA permite realizar comparaciones entre los modelos propuestos, y dado que el denominador de las razones no está relacionado con la población ni con ninguna otra medida de tamaño, se adopta el modelo CRS al implicar la existencia de rendimientos constantes a escala por su independencia del tamaño de la unidad, lo que facilita la comparación de los resultados entre DMU y entre los diferentes modelos (Hollingsworth *et al.*, 2003).

## Análisis Envoltante de Datos (DEA)

El DEA es un modelo de programación lineal que se extendió como una medida de eficiencia, generalizando una relación de entrada única (inputs) y de salida única (outputs) de una sola Unidad de Toma de Decisiones (DMU) a una configuración de entradas múltiples y salidas múltiples. Una DMU es una entidad que produce outputs y que utiliza inputs o insumos en el proceso de producción (Farrel, 1957; Charnes *et al.*, 1978; Charnes, 1997).

El DEA crea una superficie de producción lineal por partes que, en términos económicos, representa la frontera de mejores prácticas de producción. Al proyectar cada unidad en la frontera, es posible determinar el nivel de ineficiencia en comparación con una sola unidad de referencia o una combinación convexa de otras unidades de referencia. La proyección se refiere a una DMU hipotética que es una combinación convexa de una o más DMU eficientes y no una DMU real (Banker *et al.*, 1984; Hanoch *et al.*, 1972; Coelli *et al.*, 2005). El primer modelo básico de DEA, con Retornos constantes a escala - CRS (Charnes *et al.*, 1978), se expresa en forma de proporción de la siguiente manera:

$$\text{Max} \left\{ \delta_0 = \frac{\sum_r u_r y_{rj_0}}{\sum_i v_i x_{ij_0}} \right\}$$

S.A:

$$\frac{\sum_r u_r y_{rj_0}}{\sum_i v_i x_{ij_0}} \leq 1 \quad \forall \text{ DMU}_j, \quad u_r, v_i \geq 0$$

Donde:

- $\delta_o$  = Puntaje de eficiencia de la DMU.
- $r$  = Número de outputs.
- $i$  = Número de inputs.
- $u_r$  = Peso dado al output  $r$ ;
- $y_{rj}$  = Cantidad de output  $r$  de la unidad  $j$ ;
- $v_i$  = Peso dado al input  $i$ ;
- $x_{ij}$  = Cantidad de input  $i$  de la unidad  $j$ .

## VARIABLES UTILIZADAS

Como DMU se consideró a cada línea por Ruta de Recorrido y se implementaron dos modelos: uno de demanda que tiene por output el Número Total de Pasajeros en un día laboral; y uno de oferta que toma como output los Costos Operativos en un día laboral. Los inputs utilizados en los dos casos fueron: 1) Kilómetros de recorrido al día, 2) Flota total y 3) Intervalo de Paso medida en minutos. El Cuadro 3 nos muestra las variables utilizadas; además del número usado, que Banker *et al.* (1984) recomienda, para garantizar una correcta discriminación entre las unidades de decisión.

Cuadro 3. DMU y sus variables Input y Output. Fuente: elaboración propia con base en la información del GAD Cuenca (2021).

Modelo	DMU	Variables Input	Variables Output	N° Variables
Demanda	Rutas de Recorridos	Km Recorridos	Número de Pasajeros	37 ≥ [ 3 ; 12 ]
		Flota Total		
		Intervalo de Paso		
Oferta	Rutas de Recorridos	Km Recorridos	Costos Operativos	37 ≥ [ 3 ; 12 ]
		Flota Total		
		Intervalo de Paso		

## Resultados

Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 4, tanto para el modelo de demanda como para el de oferta. En promedio, la ET del modelo de demanda del sistema de transporte público se situó en un 68,15%, existiendo 3 rutas técnicamente eficientes (dmu 5; dmu 34 y dmu 36); 15 unidades que se encuentran por debajo y 22 unidades por encima del promedio de eficiencia técnica. Los valores de los slacks muestran oportunidades de mejora en los kilómetros de recorrido al día; en la flota total de buses destinada para cada recorrido, en el intervalo de paso y en el número de pasajeros.

En tanto, el modelo de oferta presenta una eficiencia promedio del 90,88%, con 5 rutas técnicamente eficientes (dmu 12; dmu 17; dmu 20; dmu 29 y dmu 35); 16 rutas que se encuentran por debajo y 21 rutas por encima del promedio de eficiencia técnica. Los slacks muestran también oportunidades de mejora, sobre todo en la flota total de buses que cubren cada ruta y en el intervalo de paso, los slacks de las demás variables no se muestran significativos.

Eficiencia Técnica en el Servicio de Transporte...  
L. SUIN-GUARACA Y P. FEJOO CRIOLLO

Cuadro 4. Modelos DEA Demanda y Oferta - valores de slacks (holguras). Elaboración propia con base en la información del GAD Cuenca (2021).

RUTAS D.M.U.	Modelo Demanda					Modelo Oferta				
	Eficiencia Técnica	Km recorridos	Flota total (%)	Intervalo de paso	Número de pasajeros (%)	Eficiencia Técnica	Km recorridos	Flota total (%)	Intervalo de paso	Costos operativos
dmu: 1	0,39	38,774	0,00	0,28	0,00	0,99	0	0,00	0	0
dmu: 2	0,81	0	0,00	0	0,01	0,86	0,0000033	1,90	0	0
dmu: 3	0,93	44,703	0,00	0,8	0,01	0,99	0	0,00	0,0000105	0
dmu: 4	0,62	13,018	0,00	2,93	0,02	0,92	0	0,00	0	0
dmu: 5	1	33,18	2,66	0	0,00	0,97	0	4,28	0	0
dmu: 6	0,89	3,607	0,00	0	0,00	0,85	0	0,00	0	0
dmu: 7	0,5	0	0,00	0	0,00	0,86	0	0,00	0	8,22E-06
dmu: 8	0,8	43,869	3,44	0,32	0,02	0,93	0	4,42	3,27E-07	0
dmu: 9	0,94	61,417	0,00	0	0,02	0,87	0	0,00	0	0
dmu: 10	0,7	42,107	0,00	0	0,00	0,9	0	0,00	0	0
dmu: 11	0,66	0	0,00	0	0,01	0,89	0	0,00	0	0,0000101
dmu: 12	0,88	1,459	1,30	0,97	0,03	1	0	0,00	0	0
dmu: 13	0,73	39,846	0,00	1,2	0,02	0,93	0	0,00	0	0
dmu: 14	0,76	52,686	0,00	0	0,00	0,86	0	0,00	0	0
dmu: 15	0,86	21,141	0,00	0	0,02	0,89	0	0,00	0	9,05E-06
dmu: 16	0,79	121,84	0,00	0	0,03	0,92	0	0,00	0	0
dmu: 17	0,63	0	0,00	16,51	0,00	1	0	0,00	0	0
dmu: 18	0,9	106,694	0,00	5,32	0,00	0,97	0	0,00	2,069	0
dmu: 19	0,73	47,292	0,00	14,79	0,01	0,87	0	0,00	7,62	8,49E-06
dmu: 20	0,72	0	0,00	0	0,00	1	0	0,00	0	0
dmu: 21	0,23	10,854	0,00	1,55	0,00	0,76	0	0,00	0	5,35E-06
dmu: 22	0,77	0	0,00	0	0,01	0,92	0	0,00	0	2,08E-06
dmu: 23	0,84	35,049	0,00	2,39	0,00	0,97	0	0,00	0,603	0
dmu: 24	0,9	39,261	0,00	0	0,05	0,85	0	0,00	1,64E-06	0
dmu: 25	0,39	29,001	0,00	3,07	0,00	0,84	0	0,00	0	5,50E-06
dmu: 26	0,54	56,364	0,00	2,61	0,01	0,92	0	0,00	0	6,85E-06
dmu: 27	0,23	32,476	0,00	7,61	0,00	1	0	0,00	0	0
dmu: 28	0,43	17,201	0,00	7,84	0,01	0,74	0	0,00	0	8,42E-06
dmu: 29	0,42	31,537	0,00	6,02	0,00	1	0	0,00	0	0
dmu: 30	0,37	8,783	0,00	20,21	0,01	0,89	0	0,00	31,98	0
dmu: 31	0,34	48,702	0,00	8,27	0,01	0,83	0	0,00	5,576	0

Eficiencia Técnica en el Servicio de Transporte...  
 L. SUIN-GUARACA Y P. FEIJOO CRIOLLO

RUTAS D.M.U.	Modelo Demanda					Modelo Oferta					
	Eficiencia Técnica	Km recorridos	Slacks			Eficiencia Técnica	Km recorridos	Slacks			Costos operativos
			Flota total (%)	Intervalo de paso	Número de pasajeros (%)			Flota total (%)	Intervalo de paso		
dmu: 32	0,35	4,158	0,00	6,17	0,00	0,97	0	0,00	6,202	0	
dmu: 33	0,77	0	0,00	0	0,04	0,95	0	0,00	0	6,80E-06	
dmu: 34	1	68,336	0,00	0	0,00	0,79	0	1,83	3,27E-07	0	
dmu: 35	0,42	0	0,00	0	0,00	1	0	0,00	0	0	
dmu: 36	1	0	0,00	0	0,00	0,92	0	0,00	0	0	
dmu: 37	0,98	0	0,00	3,85	0,00	0,82	0	0,00	0	0	
Prom.	68,15%	28,47	0,20	3,05	0,01	90,88	8,92E-08	0,34	1,461	0,0002	

En el cálculo de la Eficiencia Técnica, Técnica Pura y de Escala, los resultados se muestran en el Cuadro 5, tanto para los modelos de demanda y de oferta. La ET puede examinarse descomponiéndola en eficiencia técnica pura y eficiencia de escala.

Cuadro 5. Eficiencia y sus componentes – modelos DEA Demanda y Oferta. Fuente: elaboración propia con base en la información del GAD Cuenca (2021).

RUTAS D.M.U.	DEMANDA				OFERTA			
	EFICIENCIA			R.T.S.	EFICIENCIA			R.T.S.
	Técnica	Técnica Pura	De Escala		Técnica	Técnica Pura	De Escala	
dmu:1	0,39	0,97	0,4	1	0,99	1	0,99	1
dmu:2	0,81	0,97	0,83	1	0,86	0,96	0,89	1
dmu:3	0,93	1	0,93	1	0,99	1	0,99	1
dmu:4	0,62	0,82	0,76	1	0,92	0,95	0,97	-1
dmu:5	1	1	1	0	0,97	1	0,97	1
dmu:6	0,89	0,96	0,93	1	0,85	0,92	0,93	1
dmu:7	0,5	0,76	0,66	1	0,86	0,86	0,99	-1
dmu:8	0,8	0,98	0,82	1	0,93	0,98	0,95	1
dmu:9	0,94	1	0,94	1	0,87	0,94	0,92	1
dmu:10	0,7	0,9	0,78	1	0,9	0,93	0,96	1
dmu:11	0,66	0,88	0,75	1	0,89	0,92	0,96	1
dmu:12	0,88	1	0,88	1	1	1	1	0
dmu:13	0,73	0,88	0,83	1	0,93	0,95	0,98	-1
dmu:14	0,76	0,94	0,81	1	0,86	0,94	0,92	1
dmu:15	0,86	0,95	0,9	1	0,89	0,93	0,96	1

Eficiencia Técnica en el Servicio de Transporte...  
L. SUIN-GUARACA Y P. FEJOO CRIOLLO

RUTAS D.M.U.	DEMANDA				OFERTA			
	EFICIENCIA				EFICIENCIA			
	Técnica	Técnica Pura	De Escala	R.T.S.	Técnica	Técnica Pura	De Escala	R.T.S.
dmu:16	0,79	0,95	0,83	1	0,92	0,96	0,95	1
dmu:17	0,63	1	0,63	1	1	1	1	0
dmu:18	0,9	0,97	0,93	1	0,97	0,97	1	-1
dmu:19	0,73	0,92	0,79	1	0,87	0,89	0,98	-1
dmu:20	0,72	0,8	0,9	1	1	1	1	0
dmu:21	0,23	0,85	0,27	1	0,76	0,85	0,89	1
dmu:22	0,77	0,93	0,83	1	0,92	0,93	0,99	1
dmu:23	0,84	1	0,84	1	0,97	1	0,97	1
dmu:24	0,9	0,99	0,9	1	0,85	0,97	0,88	1
dmu:25	0,39	0,68	0,58	1	0,84	0,87	0,97	-1
dmu:26	0,54	0,82	0,66	1	0,92	0,94	0,98	-1
dmu:27	0,23	1	0,23	1	1	1	1	0
dmu:28	0,43	0,54	0,8	1	0,74	0,81	0,91	-1
dmu:29	0,42	1	0,42	1	1	1	1	0
dmu:30	0,37	0,72	0,51	1	0,89	0,95	0,94	-1
dmu:31	0,34	0,67	0,51	1	0,83	0,89	0,93	-1
dmu:32	0,35	0,7	0,5	1	0,97	1	0,97	-1
dmu:33	0,77	0,86	0,9	1	0,95	0,96	0,98	-1
dmu:34	1	1	1	0	0,79	0,79	0,99	-1
dmu:35	0,42	1	0,42	1	1	1	1	0
dmu:36	1	1	1	0	0,92	0,93	0,99	-1
dmu:37	0,98	0,98	1	1	0,82	0,83	0,99	-1
<i>Promedio</i>	<i>0,68</i>	<i>0,90</i>	<i>0,75</i>		<i>0,91</i>	<i>0,94</i>	<i>0,96</i>	

Nota: VRS Frontier (RTS): -1: drs; 0: crs; 1: irs

En el modelo de demanda, el índice promedio de ET se situó en el 68%, con solamente 3 DMU eficientes, 19 DMU que se encuentran por encima del promedio de eficiencia, y las 16 DMU restantes se encuentran por debajo del promedio. En el caso de la eficiencia técnica pura, el promedio de eficiencia fue del 90%, existiendo 11 DMU totalmente eficientes, 13 DMU ubicadas por encima del promedio de eficiencia y las restantes 13, por debajo del promedio. En cuanto a la eficiencia de escala, su promedio se situó en el 75%, con 4 DMU eficientes al 100%, 21 DMU por encima del promedio de eficiencia y 12 DMU por debajo del promedio de eficiencia. En este modelo, todas las líneas que recorren las diferentes rutas urbanas resultaron tener retornos crecientes a escala,

con excepción de las 3 líneas (8%) que son eficientes técnicamente, las cuales tienen retornos constantes a escala.

Revisado el modelo de oferta, el índice promedio de ET se situó en el 91%, con 6 DMU eficientes, 13 DMU que se encuentran por encima del promedio de eficiencia, y las 18 DMU restantes se encuentran por debajo del promedio. En el caso de la eficiencia técnica pura, el promedio de eficiencia fue del 94%, existiendo 11 DMU totalmente eficientes, 12 DMU ubicadas por encima del promedio de eficiencia y las restantes 14, por debajo del promedio. En el caso de la eficiencia de escala, su promedio se situó en el 96%, con 7 DMU eficientes al 100%, 19 DMU por encima del promedio de eficiencia y 11 DMU por debajo del promedio de eficiencia. En este modelo, 16 líneas (43,24%) que recorren las diferentes rutas urbanas resultaron tener retornos crecientes a escala; 6 líneas (16,22%), que son técnicamente eficientes, resultaron tener retornos constantes a escala; y 15 líneas (40,54%) tienen retornos decrecientes a escala, la mayoría de ellas ineficientes.

## Conclusiones y discusión

La investigación calculó la ET en las rutas urbanas que recorren las líneas del servicio de transporte público en la ciudad de Cuenca. La descomposición indica que, en general, existen 34 líneas con desempeño que no alcanza una eficiencia del 100%, y muestra que la mayoría de la ineficiencia técnica proviene de las ineficiencias por la escala en la que operan.

El desarrollo y crecimiento de la ciudad y un cada vez más alto índice de densidad poblacional implican mayores retos en cuanto a la gestión de la movilidad urbana y periurbana, sobre todo en lo que respecta a la eficiencia en la prestación del servicio de transporte público, planteando un mayor desafío en cuanto al diseño, aplicación y evaluación de políticas que contribuyan al control y mejoramiento de los sistemas de transporte público.

El creciente interés en la evaluación de la ET de los servicios públicos es especialmente importante en el área municipal, debido a su influencia en la calidad de vida de los ciudadanos. El servicio de transporte público, una de las competencias municipales, guarda un interés particular en introducir mejoras en su gestión debido a las características que rodean su desempeño y la injerencia que este tiene en el correcto tratamiento del transporte en general.

El artículo estableció un procedimiento que permite analizar el servicio de transporte público en función de sus rutas urbanas recorridas, representando, en primer lugar, la oferta, la demanda y las medidas de producción de calidad que nos permiten capturar todos los motivos económicos para proporcionar los servicios; y, en segundo lugar, las características de la heterogeneidad de la producción de transporte, como parte integral de la descripción de la tecnología.

Se calcularon dos modelos, el primero enfocado en la demanda. En este, apenas el 8% de las DMU son técnicamente eficientes, mientras que el 92% de las líneas que recorren

Eficiencia Técnica en el Servicio de Transporte...  
L. SUIN-GUARACA Y P. FEJOO CRIOLLO

diferentes rutas urbanas son técnicamente ineficientes; las medidas muestran que la mayoría de la ineficiencia técnica proviene de las ineficiencias de escala.

El segundo modelo, enfocado al lado de la oferta, muestra que solamente un 16% de las rutas son técnicamente eficientes, mientras que el 84% de las líneas presentan algún grado de ineficiencia, mostrándose valores relativamente parecidos entre la eficiencia pura y de escala.

De los resultados se desprende varias posibilidades de mejora de la ET de acuerdo a los niveles de holgura o capacidad no utilizada, pudiendo evidenciarse que, por el lado de los outputs, los valores resultan lógicos: en el modelo de la demanda, se debería buscar un incremento en el número de usuarios en 467 pasajeros diarios; y en el modelo de la oferta, afectar los costos en un \$1,46 diario.

Requieren mayor atención las holguras de las variables inputs: en el caso de la variable Kilómetros Recorridos, para en promedio alcanzar un nivel óptimo de eficiencia, se podría incrementar las rutas hasta 28,47 km, resultado que comparte el estudio de Jarboui *et al.* (2013) al señalar que existe un mayor grado de eficiencia en operadoras de rutas largas.

Es importante destacar que operativamente es factible incrementar los recorridos a través de agrupar y unificar rutas. El Plan de Movilidad y Espacios Públicos (GAD, 2015) indica que las diferentes rutas traslapan 157 kilómetros de recorrido y el 90% de las líneas actuales se concentran en los principales ejes de la ciudad, evidenciando problemas de solapamiento de recorrido.

La variable Intervalo de Paso presenta holguras que indican una posibilidad de mejora al incrementar, en promedio, el intervalo de paso de buses, en 3,05 y 1,46 minutos para los modelos de demanda y oferta respectivamente, en especial en las horas no pico, como lo sostiene Li *et al.* (2013) en su estudio que revela mayor nivel de eficiencia en el servicio de transporte en traslados para las horas no pico.

La unificación de rutas y el incremento en el Intervalo de Paso permitirá aumentar el número de usuarios en los trayectos y, por ende, a los costos fijos, afectando a las holguras output del análisis, esto sin necesidad de incrementar la Flota Total, ya que sus holguras son mínimas, requiriendo un incremento imperceptible de entre el 0,20% y 0,34% en el número de vehículos destinados a cada ruta y que presten el servicio de transporte urbano, para los modelos de demanda y oferta respectivamente.

Los resultados mostrados indican la imperiosa necesidad de reestructurar el servicio de transporte público, y podrán aportar en la medida en que haya un involucramiento desde la competencia pública, sostenida en el manejo profesional del transporte no solamente público sino del tránsito en general, además de su análisis integral apoyado en una información especializada que permita el seguimiento adecuado a las políticas implementadas.

Para finalizar, los estudios futuros deberían considerar ampliar las variables y el tiempo de análisis en cuanto a la eficiencia del sistema de transporte público, así mismo, confrontar los resultados obtenidos mediante esta metodología, con otros diferentes métodos como Fronteras Estocásticas de corte longitudinal, además del uso de datos de panel.

## Referencias bibliográficas

- » Alonso R., y Lugo-Morín, D. (2018). El estado del arte de la movilidad del transporte en la vida urbana en ciudades latinoamericanas. *Revista Transporte y Territorio*, 19, 133-157. <https://doi.org/10.34096/rtt.i19.5329>
- » Asamblea Nacional del Ecuador. (2008, 07 de agosto). *Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial*. Registro Oficial Suplemento n° 378. <https://bit.ly/2O51F5c>
- » Banker, R.; Charnes, A. y Cooper, W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30, 1078-1092.
- » Brons, M.; Nijkamp, P.; Pels, E. y Rietveld, P. (2005). Efficiency of urban public transit: A meta analysis. *Transportation* 32: 1–21. <https://bit.ly/3AN1ncM>
- » Canales, R. (2013). Analisis Envolvente de Datos: Estimacion de la Eficiencia Técnica y Asignativa del Sector Bancario Nicaragüense, Periodo 2008-2011. *Reice*, 1(1): 63-94. <https://bit.ly/3At7Nyi>
- » Carvalho, M.; Syguiy, T. y Nithack, D. (2015). Efficiency and Effectiveness Analysis of Public Transport of Brazilian Cities. *Journal of Transport Literature*, 9(3), 40-44 <https://doi.org/10.1590/2238-1031.jtl.v9n3a8>
- » Charnes, A. (1997). *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*. New York: Kluwer Academic Publishers.
- » Charnes, A.; Cooper, W. y Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operations Research*, 2(6), 429-44. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- » Coelli, T.; Rao, D.; O'Donnell, C. y Battese, G. (2005). An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. *Springer Science*, 2, 41-83.
- » Da Silva B. y Wickstrom Alves, T. (2022). Eficiência do sistema de transporte metroferroviário brasileiro: uma aplicação da Análise Envolvória de Dados. *Ambiente Contábil*, 14(1): 313–333. <https://doi.org/10.21680/2176-9036.2022v14n1ID24643>
- » De Borger, B.; Kerstens, K. y Costa, Á. (2002). Public transit performance: What does one learn from frontier studies?. *Transport Reviews*, 22(1), 1-38. <https://bit.ly/3THYGlu>
- » Emrouznejad, A. y Cabanda, E. (2015). Introduction to Data Envelopment Analysis and its applications. En Osman et al. (Eds.), *Handbook of Research on Strategic Performance Management and Measurement Using Data Envelopment Analysis* (pp. 235-255). s/d.
- » Farrel, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistics Society Series A*, 120(3), 253-290. <https://doi.org/10.2307/2343100>
- » Försund, F.; Lovell, K. y Schmitd, P. (1980). A survey of frontier production functions and of their relationship to efficiency measurement. *Journal of Econometrics*, 13, 5-25.

Eficiencia Técnica en el Servicio de Transporte...  
L. SUIN-GUARACA Y P. FEJOO CRIOLLO

- » García, I. (2009). Technical and Scale Efficiency in Spanish Urban Transport: Estimating with Data Envelopment Analysis. *Advances in Operations Research*, 20(9), 1-15. <https://doi.org/10.1155/2009/721279>
- » Gobierno Autónomo Descentralizado de Cuenca [GAD CUENCA]. (2021). *Informe de Revisión de la Tarifa del Transporte Público Intracantonal Urbano Colectivo del Cantón Cuenca*. <https://bit.ly/3QOexfP>
- » Gobierno Autónomo Descentralizado de Cuenca (2015). *Plan de Movilidad y Espacios Públicos (2015-2025)*. <https://bit.ly/3wWyYQs>
- » Hanooh, G. y Rothschild, M. (1972). Testing the assumptions of production theory: a nonparametric approach. *Journal of Political Economy*, 80, 256-275.
- » Hollingsworth, B. y Smith, P. (2003). Use of ratios in data envelopment analysis. *Applied Economics Letters*, 734. <https://doi.org/10.1080/1350485032000133381>
- » Holmgren, J. (2013). The efficiency of public transport operations: An evaluation using stochastic frontier analysis. *Research in Transportation Economics*, 39(1), 50-57. <http://dx.doi.org/10.1016/j.retrec.2012.05.023>
- » Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (2021). *Anuario de Estadísticas de Transporte 2020*. <https://bit.ly/3cKnsRp>
- » Jarboui, S.; Forget, P. y Boujelben, Y. (2015). Efficiency evaluation in public road transport: a stochastic frontier analysis. *Transport*, 30(1), 1-14. <https://doi.org/10.3846/16484142.2013.785019>
- » Kerstens, K. (1999). Decomposing technical efficiency and effectiveness of French urban transport. *Annales d'Economie et de Statistique*, 54, 129-155. <https://bit.ly/3q85SKa>
- » Li, J.; Chenb, X.; Li, X. y Guo, X. (2013). Evaluation of Public Transportation Operation based on Data Envelopment Analysis. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 96(6), 148-155. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.020>
- » Mankiw, N. (2012). *Principios de Economía*. México DF: Cengage Learning.
- » Piacenza, M. (2006). Regulatory Contracts and Cost Efficiency: Stochastic Frontier Evidence from the Italian Local Public Transport. *Journal of Productivity Analysis*, 25(3), 257-277. <https://doi.org/10.1007/s11123-006-7643-7>
- » Ramos Sampaio, B.; Lima Neto, O. y Sampaio, Y. (2008). Análisis de eficiencia de los sistemas de transporte público: lecciones para la planificación institucional. *Transporte Investigación Parte A Política y práctica* 42(3), 445-454. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2008.01.006>
- » Roy, W. y Yvrande-Billon, A. (2007). OwnContractual Practices and Technical Efficiency: The Case of Urban Public Transport in France. *Journal of Transport Economics and Policy*, 41(2), 257-282. <https://bit.ly/3RREDPD>
- » Soto, J. y Casado, M. (2019). La trayectoria metodológica de la evaluación de la eficiencia y su futuro. *Papeles de Economía*, 160, 156-164. <https://bit.ly/3Aq1rzi>
- » Thomson, I. y Bull, A. (2002). La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales. *Revista de la CEPAL*, 76, 109-121. <https://bit.ly/3ggGSiu>
- » Volonté, C. y Viego, V. (2016). Eficiencia del transporte urbano de pasajeros en la localidad de Bahía Blanca, Argentina 2007-2014. *Semestre Económico*, 19(41), 37-54. <https://doi.org/10.22395/seec.v19n41a2>

Eficiencia Técnica en el Servicio de Transporte...  
L. SUIN-GUARACA Y P. FEIJOO CRIOLLO

**Luis Suin-Guaraca / [luis.suin@ucuenca.edu.ec](mailto:luis.suin@ucuenca.edu.ec)**

Economista por la Universidad de Cuenca. Máster en Economía por la Universidad de Cuenca y máster en Administración de Empresas por la Universidad del Azuay. Cursa el Doctorado en Economía y Finanzas por la Universidad de Investigación e Innovación de México y es docente ocasional en la Universidad de Cuenca, así como investigador en las líneas de economía de la salud, educación y transporte.

**Paúl Feijoo Criollo / [edwin.feijoo@ucuenca.edu.ec](mailto:edwin.feijoo@ucuenca.edu.ec)**

Economista por la Universidad de Cuenca, máster en Economía por la Universidad de Cuenca y máster en Alta Dirección por la Universidad Degli Studi Di Bari. Es analista económico en la Empresa Municipal de Movilidad de Cuenca e investigador en las líneas de economía de la salud y transporte y macroeconomía aplicada.