

Regulación económica y evaluación del desempeño en transporte urbano por autobús: uso de la eficiencia técnica DEA en San José

Ing. Carlos Contreras-Montoya, D.Sc

División de Transportes – MOPT
Asociación Costarricense de Ingeniería de Transporte - ACITRA
carlos_contreras9@yahoo.com.br; ccontreras@mopt.go.cr

RESUMEN

Se discuten los conceptos de regulación económica y su vinculación con el análisis de la eficiencia técnica de un conjunto de empresas de transporte urbano de pasajeros en el Área Metropolitana de San José, para establecer su posicionamiento respecto a la frontera discreta eficiente de producción y con carácter exploratorio en el sentido de proponer una base metodológica para evaluar el desempeño de esas empresas y regular ese mercado.

El método empleado para medir esa eficiencia técnica es el Análisis de la Envoltura de Datos (*Data Envelopment Analysis* - DEA), y el análisis está referenciado a dos tipos de productos: recaudación operacional y kilometraje recorrido por las empresas como medida de la oferta efectiva del servicio. Se determinan las eficiencias técnicas de corto y largo plazo, los tipos de retornos de escala existentes y las referencias de *benchmarking* dadas las proyecciones en la frontera eficiente de las empresas no eficientes, según escala de producción y plazo en estudio.

Los resultados referenciados permiten contar con información del comportamiento promedio de la industria y según la escala de producción que se estudie, lo que puede servir de referencia para justificar y fundamentar redefiniciones regulatorias en lo que respecta al derecho de operar que la Administración delega en terceros privados y cuya fiscalización y normativa deben objetivar y preservar el interés público del servicio, especialmente en ocasión de vencimiento de períodos de concesión o al evaluar fusiones operativas al amparo de criterios como sectorización de la operación.

Este trabajo es parte de una serie de publicaciones referente a la mensuración de la eficiencia en la industria del transporte público, donde se estudian diversas formas de regulación y los resultados prácticos de aplicar técnicas de optimización en procesos multiproducto.

Palabras clave: Eficiencia técnica; transporte público; regulación, *Data Envelopment Analysis*.

1. INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA Y SU RELEVANCIA

En el caso de la industria de transporte público de pasajeros por autobús en América Latina, el análisis del costo del proceso productivo ha sido poco estudiado, ya sea desde el punto de vista de la representación funcional formal de las relaciones insumo-producto, así como desde la perspectiva de la caracterización de su productividad y eficiencia.

Dada la falta de este tipo de estudios en esos países, se infiere que se desconoce técnicamente la estructura de producción e informaciones sobre productividad y eficiencia de las empresas de autobús, sean ellas urbanas o interurbanas. Ni la Administración, ni las mismas unidades productoras parecen conocer y dominar la tecnología de producción de esa industria, o sea las interrelaciones entre los factores de producción, el impacto de la tecnología empleada, los condicionantes impuestos por el entorno regulatorio en que el servicio se presta y el equilibrio financiero-operacional del sistema, considerando los conceptos mencionados.

Dado ese vacío detectado en el análisis del estado del arte, y en concordancia con el objetivo de analizar el desempeño de la industria comentada, este trabajo se centrará en el principal centro urbano de Costa Rica: el Área Metropolitana de San José – AMSJ. Tomando como objeto empírico el caso del transporte urbano de San José, se espera contribuir para el conocimiento y la aplicación de una estrategia metodológica que permita mensurar la eficiencia técnica en la industria de transporte urbano de pasajeros por autobús y sus características.

Se describe la vinculación entre los conceptos de producción, costo, productividad y eficiencias técnica y asignativa, así como los conceptos que fundamentan la teoría del análisis de la envolvente de datos – DEA –, para la medición y el estudio de los aspectos relacionados con eficiencia técnica de unidades empresariales de decisión.

Los resultados se refieren a la determinación de la frontera discreta de producción, con la debida detección de las empresas que utilizan más eficientemente sus insumos, o sea, el denominado conjunto de referencia, esto para efectos de análisis del tipo *benchmarking* o *yardstick competition*, entre otros. Además se pretende obtener la clasificación de las empresas según sus retornos de escala (constantes, crecientes o decrecientes), lo que permitirá contar con información fundamental del comportamiento promedio de la industria ante eventuales cambios promovidos por redefiniciones reglamentarias.

2. BASE TEÓRICA

2.1 Consideraciones Preliminares

La composición de costos para producir el servicio de transporte terrestre de pasajeros por autobús depende de la relación entre los factores productivos, la tecnología existente, las características del servicio exigidas por la demanda, el nivel de precios de los insumos, la

estructura del mercado, así como del tipo de reglamentación vigente. En razón de esto, se considera relevante que se realicen estimaciones consistentes de funciones o parámetros que representen las relaciones de producción y de costo para esa industria. A pesar de que lo ideal es una estimación sistémica o integrada, puede ser de mucha utilidad práctica un análisis más direccionado en el sentido de establecer referenciales de comparación del desempeño entre observaciones que pertenezcan a una similar escala de operación.

Esa relevancia y utilidad están vinculadas a intereses legítimos que provienen principalmente de tres sectores directamente involucrados en la prestación y consumo del servicio, a saber:

- Para los operadores, es fundamental conocer y dominar las características de su proceso productivo, especialmente en lo que se refiere al costo y a la participación relativa de cada insumo en ese proceso, dada una determinada tecnología disponible y una reglamentación específica.
- Para la Administración, el interés se centra en el impacto y en la pertinencia de la reglamentación incidente en la producción y de sus posibles modificaciones, así como en la importancia de la relación entre los costos generados y el servicio producido, lo que se refleja en el trinomio cantidad-calidad-precio de la reglamentación económica. Todo esto con el objetivo final de garantizar a los administrados una relación armónica y sustentable desde la óptica social del servicio público.
- Para los consumidores del servicio, lo que les interesa en principio es el objetivo de tener acceso a un servicio de calidad relativa a sus intereses particulares, con adecuada cobertura y con tarifas módicas, lo que lleva a la necesidad de que el transporte sea ofertado en condiciones de eficiencia y que sea el más productivo posible.

Las relaciones entre los diferentes insumos — como trabajo, capital y energía — en la producción del servicio de transporte, y la productividad y eficiencia asociadas a cada uno de esos insumos son de estimación generalmente compleja. Esa complejidad se amplía debido a la dependencia entre insumos y productos, a la mezcla entre insumos en la estimación de costos, a la tecnología empleada, y a la definición del resultado del proceso productivo.

Además, la productividad y la eficiencia dependen también de condiciones operacionales exógenas, del entorno institucional y del impacto del tipo de propiedad — pública, privada o mixta.

2.2 Conceptos de Producción, Costo, Productividad y Eficiencia Técnica

Una función de producción describe las relaciones técnicas entre insumos y productos de un determinado proceso productivo. En términos conceptuales, esa función define las cantidades

máximas de producto, o de combinación de productos, para un dado vector de insumos, una vez que supone que los productores trabajan con una lógica de maximización de la producción o de minimización del costo.

La frontera de producción refleja el estado de la tecnología de la industria, a partir de ese concepto se puede verificar que cada cambio tecnológico generaría una nueva frontera de producción, o sea se pueden definir diferentes fronteras para una misma industria. Las empresas que consiguen operar sobre la frontera de producción son técnicamente eficientes; cuando registran relaciones entre producto e insumo menores que aquellas definidas para la frontera, esas empresas son viables, pero técnicamente ineficientes.

2.3 Funciones de producción y de costo en el corto y largo plazo

Consideraciones de orden teórica y relativas a las metodologías de estimación, indican el uso de la teoría de la dualidad entre producción y costo como base para obtener mayor consistencia en la determinación de los parámetros. La aplicación de la teoría de la dualidad permite el uso de las funciones de costo, a partir de las cuales McFADDEN (1978) mostró que se pueden inferir todas las propiedades de la función de producción, desde que la transformación de insumos en productos sea convexa en la estructura de los insumos, condición que puede ser impuesta en la estimación.

Los análisis referentes a la función de costo pueden ser de corto o de largo plazo, lo que depende de que los modelos consideren o no algún factor de producción definido como fijo. Los modelos de largo plazo asumen que todos los insumos son ajustables para alcanzar un determinado nivel de producción a costo mínimo, utilizando un mix óptimo de los factores. Sus estimaciones pueden ser hechas considerando directamente que no existe ningún factor fijo de producción, o a partir de modelos de corto plazo.

También ambos tipos de modelos pueden ser estimados en los casos de uno o de varios productos simultáneos del proceso (uniproducción y multiproducción). El Cuadro 1 resume cómo esos diferentes tipos de modelos son encontrados en la literatura, según la cantidad de variables de producto y las especificaciones econométricas para su estimación.

CUADRO 1
MODELOS UTILIZADOS PARA ESTIMAR PROPIEDADES DE PRODUCCIÓN/COSTO EN
TRANSPORTE PÚBLICO

Tipo de Modelo	Corto Plazo		Largo Plazo			
	Uni-producto	Multi-producto	A partir de Corto Plazo		Estimativa Directa	
			Uni-producto	Multi-producto	Uni-producto	Multi-producto
Lineal y Log-lineal	X					
Forma Restringida Función de Costo	X				X	
Forma Flexible Función de Costo	X	X	X	X	X	X
Función de Producción	X					
Función Hedónica de Costo		X				X
Modelo de Equilibrio						X

Nota: X representa el uso más común de cada tipo de modelo.

Fuente: *Public Transit Economics and Deregulation Policy*. Joseph Berechman. 1993.

Normalmente, en los países con prácticas menos consolidadas en la administración pública de los sistemas de transporte, es común no disponer de series históricas confiables de datos. Entre otras razones, esto implica un uso mayor de abordajes de corto plazo.

2.4 Análisis de la envolvente de datos DEA

El análisis de la envolvente de datos, conocida en la literatura en lengua inglesa por la sigla DEA — de la expresión *Data Envelopment Analysis* —, apareció por primera vez en su formulación actual en la publicación de CHARNES *et al.* (1978). Como el enfoque DEA está basado en la construcción de la frontera eficiente (mejor práctica en la combinación producto – insumo) y en la optimización de las unidades de decisión — DMUs — individuales, ese tipo de análisis permite una práctica diferenciada para clasificar y analizar datos. Se tienen las siguientes características vinculadas al uso de la metodología DEA:

- 1) está enfocada en observaciones individuales, al contrario de la práctica del uso de promedios a partir de muestras o de poblaciones;
- 2) produce una medida agregada para cada DMU en términos de la utilización de los factores de producción para generar productos
- 3) puede utilizar simultáneamente múltiples productos y múltiples insumos, con diferentes unidades de medida;
- 4) puede ser ajustada por la naturaleza de las variables, según sean exógenas o endógenas; puede incorporar variables categóricas;
- 5) los cálculos no requieren especificaciones o un conocimiento previo de pesos, o de precios, para los insumos o productos;
- 6) no impone restricciones en la forma funcional de la producción;
- 7) puede utilizar juicios o pesos cuando sea necesario;
- 8) produce estimaciones específicas para cambios en los insumos o en los productos, para proyectar DMUs ineficientes en la frontera;
- 9) satisface el óptimo de Pareto;
- 10) está enfocada en las fronteras reveladas de “mejor práctica”, en lugar de basarse en las propiedades de tendencia central de las fronteras.

En el análisis DEA, la frontera de producción puede ser definida como la máxima cantidad de productos que pueden ser obtenidos dado un conjunto de insumos o recursos, determinando una frontera lineal por partes (*piece-wise linear frontier*), que comprende las observaciones Pareto-eficientes (COOPER *et al.*, 2003). (THANASSOULIS, 2001).

Fundamentalmente hay dos tipos de modelos básicos a partir de los cuales son construidos los diferentes análisis DEA:

- modelo de retornos constantes de escala, también llamado modelo CCR (de Charnes, Copper y Rhodes) (CHARNES *et al.*, 1978) (COOPER *et al.*, 2003), o CRS/Y/I/A (LINS y MEZA, 2000), representando el modelo de la envolvente, bajo la óptica de los insumos y arquimediano.
- modelo de retornos variables de escala, también llamado modelo BCC (de Banker, Charnes y Copper) (BANKER *et al.*, 1984) (COOPER *et al.*, 2003), o VRS/Y/I/A (LINS y MEZA, 2000), representando el modelo de la envolvente, bajo la óptica de los insumos y arquimediano.

Modelo CRS

Para el cálculo de la eficiencia de una DMU "O", utilizando la formulación del modelo DEA tipo CCR o CRS primal, existe el problema de programación lineal a seguir:

$$\text{Max } h_o = \frac{\sum_{j=1}^s \mu_j y_{j0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (1)$$

s. a:

$$\frac{\sum_{j=1}^s \mu_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \leq 1$$

$$\mu_j \geq 0 \dots \forall j$$

$$v_i \geq 0 \dots \forall i$$

Donde

Y = producto.

X = insumo.

k = 1, ..., n DMUs.

i = 1, ..., m insumos, de cada DMU.

j = 1, ..., s productos de cada DMU.

μ_j = peso del producto yj

v_i = peso del insumo xi

Como este problema de programación fraccional tiene infinitas soluciones óptimas, es necesario fijar un valor constante para el denominador de la función objetivo. Además, también es importante linealizar las restricciones del problema, para transformarlo en un problema de programación lineal (PPL), se introduce entonces la transformación lineal de Charnes y Cooper, Esta forma del problema es llamada de problema de los multiplicadores, pues esta denominación se usa para los pesos μ_j y v_i :

$$\text{Max } h_o = \sum_{j=1}^s \mu_j y_{j0} \quad (2)$$

s.a.

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$

$$\sum_{j=1}^s \mu_j y_{jk} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \leq 0$$

$$\mu_j, v_i \geq 0 \dots \forall x, y$$

Ya para el modelo con retornos variables de escala, conocido también como BCC (Banker, Charnes y Cooper), considera la posibilidad de rendimientos crecientes o decrecientes de escala en la frontera eficiente (COOPER *et al.*, 2003) (THANASSOULIS, 2001). Para su estimativa es necesario eliminar la propiedad del radio ilimitado.

En la Figura 1, con un insumo y un producto, se muestran las fronteras ya formuladas CCR o CRS y BCC o VRS, y la frontera del tipo NIRS o de retornos no crecientes de escala, cuya formulación del PPL es la misma del modelo VRS con $\sum \lambda < 1$, para obtener la clasificación por tipo de retornos de escala tanto para el conjunto eficiente como para las DMUs ineficientes ET_a y ET_b.

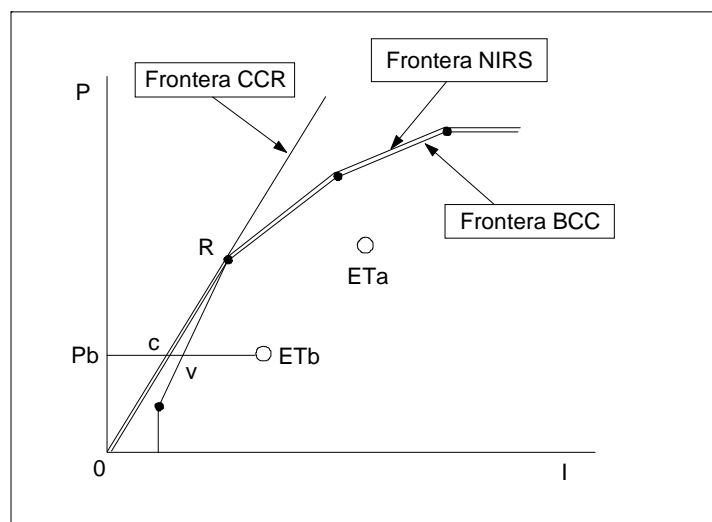


Figura 1. Fronteras CCR, BCC, NIRS y Economías de Escala en DEA

3. APLICACIÓN EN MUESTRA DEL AMSJ Y RESULTADOS

El software utilizado fue el programa EMS: Efficiency Measurement System, Versão 1.3 de 15/08/2000, desarrollado por Holger Scheel de la Universidad de Dortmund.

Se separan los resultados de la eficiencia técnica y del cálculo de la eficiencia de escala para tres tipos de DMUs:

- Las que operan individualmente, donde teóricamente las decisiones de carácter gerencial y de operación son del ámbito interno de la empresa.
- Las que operan formando una especie de consorcio tácito con prácticas operacionales y administrativas relativamente padronizadas y representan un fenómeno de concentración pertinente de ser evaluado (VISCUSI et al, 1997).
- La operación con minibuses, como clase diferenciada por el tipo de vehículo.

A través del análisis DEA NIRS y su comparación con los modelos VRS e CRS se obtuvieron los tipos de retornos de escala.

Para conformar la base de datos se recurrió básicamente a fuentes secundarias como registros contables en poder de las antiguas Direcciones de Transporte Público y de Estudios Técnicos del Ministerio de Obras Públicas y Transportes – MOPT, también recolección de algunos datos puntuales en las empresas. Lamentablemente, ninguna de las fuentes secundarias cuenta con la información completa.

La muestra utilizada permitió trabajar con 51% del total de empresas, incluyendo una DMU operadora de minibuses para un total de 25 DMUs que operan 56 rutas con 497 vehículos. La conciliación de datos permitió por su vez el análisis con las siguientes variables:

Productos (*Outputs*)

- recaudación operacional, por concepto de tarifas en colones (recoper)
- vehículos-km, (v-km)
-

Insumos (*Inputs*)

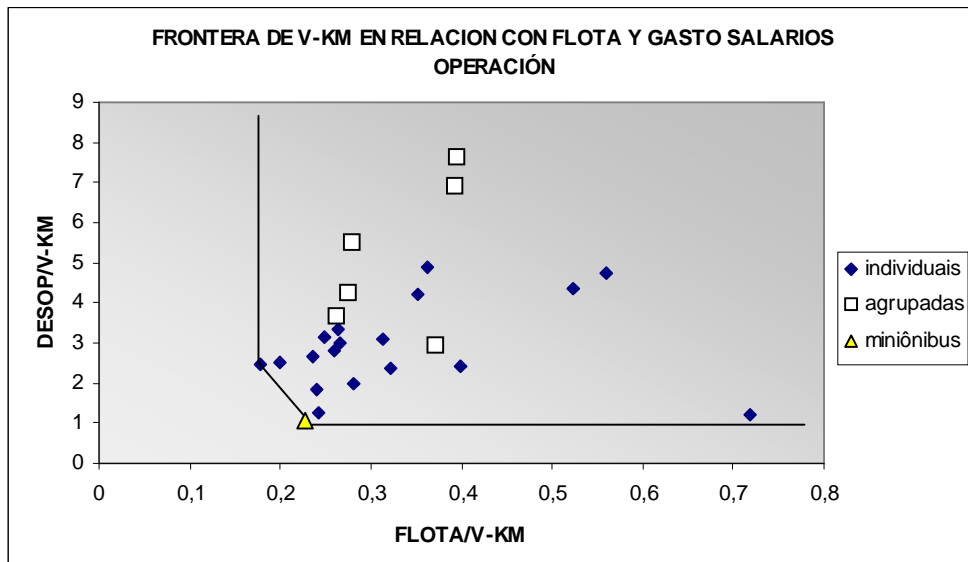
- del lado del capital: flota (flota)
- del lado del trabajo:
 - gasto con salarios en colones del personal de operación (desop)
 - gasto con salarios en colones del personal de administración (desad)
- por otros insumos: gasto en colones por consumo de combustible (combust)

Tabla 1. MEDIA Y VARIABILIDAD DE LOS INSUMOS Y PRODUCTOS

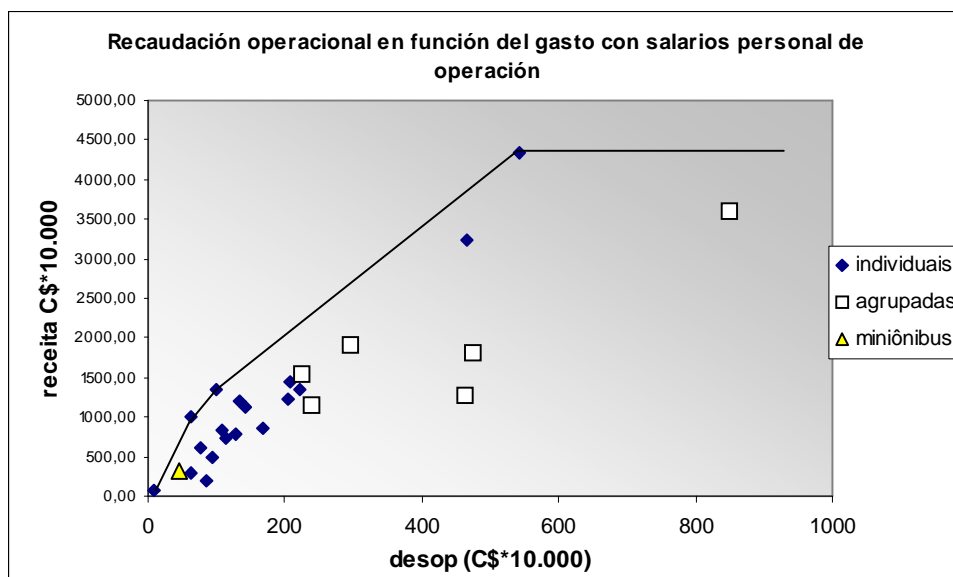
	flota	desop (₡*10.000)	desad (₡*10.000)	combus (₡*10.000)	recoper (₡*10.000)	v-km (kms*1000)
média (μ)	19,96	190,78	30,85	253,95	1231,93	59,63
desvío padrón (σ)	17,47	156,73	27,79	259,81	1064,57	47,84
Coefic. variación	0,88	0,82	0,90	1,02	0,86	0,80

Nótese que la variabilidad absoluta es expresiva tanto en *inputs* como en *outputs*, dadas las diferentes escalas y al no haber índices o proporciones, lo que es positivo desde el punto de vista del espectro representado, también fue analizada la matriz de correlación.

Como ejemplo el gráfico a seguir muestra la frontera eficiente parcial con dos inputs (flota y salarios de operación) en relación con v-km (oferta efectiva del servicio).



Un gráfico *input-output* se muestra a seguir, con el comportamiento parcial de la recaudación operacional en función del gasto con el personal de operación, solo fue ploteada la frontera VRS que en este caso está compuesta sólo por empresas no agrupadas.



Las proyecciones de las DMUs en la frontera eficiente están en regiones Pareto eficientes.

**Tabla 2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEA:
SCORE DE LA EFICIENCIA TÉCNICA CRS Y VRS, RADIAL Y ÓPTICA DEL INPUT**

DMU	SCORE CRS		SCORE VRS	
	recoper	v-km	recoper	v-km
ET1	82,60%	80,51%	82,71%	87,61%
ET2	95,87%	57,35%	100%	82,69%
ET3	100%	45,67%	100%	57,84%
ET4	92,20%	69,83%	93,19%	70,25%
ET5	97,98%	73,28%	98,08%	74,99%
ET6	100%	57,97%	100%	91,37%
ET7	100%	100%	100%	100%
ET8	100%	90,81%	100%	100%
ET9	100%	95,23%	100%	100%
ET10	74,27%	68,94%	big	big
ET11	100%	75,79%	100%	76,34%
ET12	93,34%	42,37%	100%	51,78%
ET13	100%	65,09%	100%	67,26%
ET14	83,37%	64,83%	89,90%	64,87%
ET15	100%	87,50%	100%	89,40%
ET16	100%	100%	100%	100%
ET17	70,57%	68,39%	71,99%	71,31%
ET18	100%	100%	100%	100%
ET19	61,43%	91,37%	100%	100%
ET20m	59,23%	100%	66,27%	100%
ET21	67,26%	75,46%	100%	100%
ET22	34,73%	54,49%	71,43%	81,25%
ET23	87,95%	96,12%	89,41%	96,25%
ET24	86,93%	57,16%	86,93%	61,86%
ET25	87,15%	73,34%	89,01%	73,63%
Média	0,87	0,76	0,93	0,83
desvío padrón	0,17	0,17	0,10	0,15
média individuales	0,87	0,76	0,95	0,84
média agrupadas	0,92	0,70	0,92	0,77

Las líneas en tono gris representan las DMUs que pertenecen al conjunto de empresas agrupadas y la DMU con la letra m es la empresa de minibuses.

En el caso del output recoper con modelo CRS 10 DMUs están en la frontera, de ellas 9 (con excepción de la DMU ET3) son referencia para las ineficientes, siendo que para cada una de

esas ineficientes la cantidad mínima de DMUs de referencia es de 2 DMUs y la cantidad máxima de DMUs de referencia es de 4 DMUs. Del conjunto de referencia la DMU que más aparece tiene una frecuencia de 9 veces (ET15).

En el caso del output recoper con modelo VRS 15 DMUs están en la frontera, de ellas 14 (con excepción de ET3) son referencia para las ineficientes, siendo que para cada una de esas ineficientes la cantidad mínima de DMUs de referencia es de 2 DMUs y la cantidad máxima de DMUs de referencia es de 5 DMUs. Del conjunto de referencia la DMU que más aparece tiene una frecuencia de 4 veces (5 DMUs con esta condición).

En el caso del output v-km con modelo CRS 4 DMUs están en la frontera y son referencia para las ineficientes, siendo que para cada una de esas ineficientes la cantidad mínima de DMUs de referencia es de 1 DMU y la máxima de DMUs de referencia es de 4 DMUs. Del conjunto de referencia la DMU que más aparece tiene una frecuencia de 17 veces (ET7).

En el caso del output v-km con modelo VRS 9 DMUs están en la frontera y son referencia para las ineficientes, siendo que para cada una de esas ineficientes la cantidad mínima de DMUs de referencia es de 2 DMUs y la máxima de DMUs de referencia es de 4 DMUs. Del conjunto de referencia La DMU que más aparece tiene una frecuencia de 12 veces (ET7).

La empresa de minibuses (ET20m) está en la frontera para o caso del output v-km, como era esperado según un análisis preliminar debido al uso de La flota.

Las empresas agrupadas no aparecen en los conjuntos de referencia con características de grupo, de hecho en el caso del output v-km todas son ineficientes y para el output recaudación operacional tres de ellas aparecen sobre la frontera.

La DMU ET10 mostró la característica de supereficiencia, como normalmente esa condición está asociada a un cierto aislamiento de la unidad en este caso se comprueba este hecho, pues aparece pocas veces como referencia para otras empresas.

La siguiente tabla muestra un resultado del análisis DEA, radial y óptica del input, para el modelo denominado non-increasing returns to scale ou NIRS, se utiliza la producción de v-km, con el objetivo de investigar en que parte de la frontera eficiente se están proyectando las DMUs e identificar así los tipos de retornos de escala asociados, según la interpretación usual en este tipo de industria (CONTRERAS & SANTOS, 1999).

Tabla 3. CLASIFICACIÓN POR TIPO DE RETORNOS DE ESCALA
Criterio de análisis NIRS para el *output* v-km

DMU	SCORE NIRS	RETORNOS c: constantes i: crecientes d: decrecientes
ET1	80,51%	irs
ET2	57,35%	irs
ET3	45,67%	irs
ET4	70,25%	drs
ET5	73,28%	irs
ET6	91,37%	drs
ET7	100%	cr
ET8	90,81%	irs
ET9	95,23%	irs
ET10	big	
ET11	75,79%	irs
ET12	51,78%	drs
ET13	65,09%	irs
ET14	64,83%	irs
ET15	89,40%	drs
ET16	100%	cr
ET17	68,39%	irs
ET18	100%	cr
ET19	91,37%	irs
ET20m	100%	cr
ET21	75,46%	irs
ET22	54,49%	irs
ET23	96,12%	irs
ET24	61,86%	drs
ET25	73,63%	drs

Dentro de la clasificación usual, 14 DMUs se encuentran en la región de retornos crecientes de escala, 6 en la región de retornos decrecientes y 4 en la región de retornos constantes de escala.

4. USOS POTENCIALES EN EVALUACIÓN Y REGLAMENTACIÓN OPERATIVA

Para la utilización de enfoques con una naturaleza del tipo regulación por *benchmarking*, o regulación por competencia contra un padrón preestablecido (*yardstick competition*) etc., es pertinente citar algunos ejemplos internacionales y posteriormente contextualizar el caso costarricense.

4.1 El caso de regulación *yardstick* basada en costo en Suiza

Para la industria sueca del transporte público regional por autobús se ha utilizado un enfoque de competencia contra un padrón de referencia basada en costo (*cost-based yardstick regulation*), donde se ha estimado una función de costo para un panel de 34 empresas operadoras a lo largo de 5 años y cuyos parámetros de costo individual se han usado como base para la regulación *yardstick* del sector, cuya heterogeneidad ha sido capturada por la dimensión de la red, el número de paradas y la topografía del área servida (FILIPPINI *et al*, 2001).

Los resultados de la estimación indican que esas empresas generalmente producen dentro de una escala eficiente, pero con una densidad ineficiente. La regulación propuesta ha creado incentivos apropiados para una adaptación del diseño de la red. El tamaño de las empresas se mide por medio de la cantidad de vehículos-km ofrecidos y las estimaciones mostraron la existencia de economías bajas de escala ($SE = 1,03$) y de economías de densidad mayores ($DE = 1,35$).

Es importante resaltar que, bajo este enfoque, la regulación *yardstick* de empresas con productos heterogéneos solo es apropiada si las características observadas por el regulador tienen la debida significancia y explicación para esa heterogeneidad; en este sentido, vale aclarar que los coeficientes de determinación ajustados revelaron que la función de costo estimada explica estadísticamente alrededor del 85% de la variación del total de costos operativos de esa industria.

4.2 El caso de regulación por *benchmarking* propuesta en Australia

Los contratos basados en el desempeño (*Performance-Based contracts* - PBC) propuestos para el caso australiano por HENSHER y STANLEY (2003), están referenciados a la experiencia de los modelos de Hordaland, en Noruega y de Nueva Zelanda, y según sus autores ofrecen mejores perspectivas desde la óptica de costo.

Se propone un sistema compensatorio que combina pagos por el ofrecimiento de un nivel de servicio mínimo (MSL), vinculado al concepto de obligaciones de servicios a la comunidad por parte del Gobierno para los servicios de transporte público, bajo niveles eficientes de costo obtenidos por medio del *benchmarking* de las mejores prácticas operativas, con la adición de un régimen de incentivos que compensa a los operadores por las mejoras en los patrones de nivel de servicio mínimo. El régimen de incentivos está basado en los usuarios esperados y en los beneficios externos derivados de las mejoras en los patrones MSL.

Nótese lo crucial que es para el éxito de esta estrategia la acción mancomunada y concertada tanto del poder concedente o Administración como de los operadores, en el sentido de que se debe cubrir la obligación de servicios de transporte público a la comunidad por parte del Gobierno, pero bajo el concepto de mejores prácticas vinculadas a costo ejercidas por las empresas en la operación en las vías. Ambas acciones objetivando incrementar el beneficio social por encima de los niveles determinados como mínimos aceptables de servicio a la comunidad usuaria.

El *benchmarking* de costos, propuesto para mejorar la remuneración y bajo mejores prácticas relevantes, está basado en niveles eficientes de costo. Se argumenta que este enfoque es consistente con la maximización del excedente social de la provisión de transporte público en un área dada, para cualquier restricción presupuestaria y cualquier nivel mínimo de servicio impuesto. Siendo que esa maximización no se alcanzaría con la sola aplicación de procesos licitatorios (*competitive tendering*) como es la práctica consolidada.

4.3 Aspectos del caso costarricense

Durante la vigencia de siete años de operación del período de concesión licitado en Costa Rica, así como para decidir eventualmente sobre el acto administrativo de renovación y sobre los resultados de la fiscalización de la operación en régimen de eficiencia, no son suficientes ni se han mostrado totalmente adecuados aquellos métodos que hacen un recuento histórico de la operación o que están basados en calificaciones administrativas de planes de mejoría de la capacidad empresarial a partir de los cuales no se puede determinar el posicionamiento real de las

empresas con respecto a la frontera de producción eficiente, dada su escala operativa y el nivel de uso de los insumos necesarios para la prestación del servicio.

Nótese que al permitirse administrativamente las fusiones operativas, ya sea bajo el criterio de sectorización por agrupación de itinerarios existentes o bajo cualquier otro, toma mayor relevancia la necesidad de establecer una estrategia de análisis y valoración funcional del desempeño operacional, evaluando la condición de cada empresa referente a la condición de retornos de escala que la caracterizan.

Se hace pertinente la necesidad de establecer una estrategia regulatoria más adecuada (regulación por *benchmarking*, regulación por *yardstick competition* etc.), que permita valorar el desempeño mostrado a lo largo del período definido en el concurso público así como las tendencias del caso, esto como requisito para mantener los derechos de operador concesionario o eventualmente ser considerado para una prórroga del período de operación u otras decisiones administrativas. Lo anterior aunado a un uso más intensivo del concurso público, para delegar la operación del servicio en aquellas empresas que demuestren ser mejores alternativas ante la Administración, tal como privilegia el ordenamiento jurídico administrativo y la opción de promover la competencia no necesariamente o solo *dentro* del mercado sino *por* el mercado al momento de delegarse el derecho de operar las rutas de transporte público.

5. CONCLUSIONES

La industria del transporte urbano por autobús en San José, representada en esta muestra, se caracterizó por un grado preocupante de ineficiencia técnica, especialmente desde la óptica del servicio evaluado por el kilometraje ofrecido a la población en las vías, cuando éste se trata independientemente del consumo efectivo del servicio, situación diferente cuando se incorpora el concepto de recaudación efectiva a través de la venta del servicio, donde los niveles tarifarios tienen un papel importante. Esto refuerza la importancia de la búsqueda de una correcta contabilización de los costos y una adecuada política tarifaria, tanto para evitar captura de la reglamentación como para elevar la eficiencia desde la óptica del enfoque multiproducto.

Los resultados cuantitativos muestran que la eficiencia técnica media de largo plazo es menor en el caso del output v-km (0,76) respecto a la recaudación (0,87). Este comportamiento se mantiene para la eficiencia técnica media de corto plazo, inclusive con valores más elevados es menor en el caso del output v-km (0,83) respecto a la recaudación operacional (0,93).

Se nota claramente que las empresas agrupadas muestran mayor ineficiencia en el caso del output v-km para ambos modelos (0,70 CRS y 0,77 VRS), situación que mejoran notablemente en la recaudación. Esto evidencia un posible impacto de la falta de competencia y de la presencia de una estructura oligopolista ineficiente. No se evidencia que el agrupamiento, como característica en la forma de organización, haya resultado en prácticas que representen un diferencial de eficiencia pues el desempeño es similar al del conjunto de todas las empresas analizadas. Al menos, se puede afirmar que prácticas relevantes para aumentar eficiencia, en función del trabajo en consorcio, no están siendo aplicadas de forma correcta por las DMUs agrupadas.

Para efectos clásicos de *benchmarking* se debe estudiar la composición o *mix* de insumos y las prácticas gerenciales de las DMUs ET7 y ET15, al ser las que más sirven de referencia, y de la ET10 que se mostró como super-eficiente (permanecerá eficiente inclusive bajo fuertes incrementos arbitrarios de los *inputs*).

A través del modelo NIRS se obtuvieron los tipos de retornos de escala, para el output v-km, y los resultados muestran preliminarmente una mayor cantidad de elementos trabajando más cerca de la condición de retornos crecientes de escala, por esto la reglamentación puede ser un importante instrumento en la búsqueda de la redefinición de la escala de producción de las DMUs, ya que en general la industria puede todavía crecer explotando las economías de escala.

Finalmente, se debe indicar la pertinencia estratégica de introducir metodologías alternativas de análisis de desempeño más robustas, tanto para apoyo al otorgarse el derecho a operar, como durante la operación en sí, y para evaluar aspectos de eficiencia en el momento de tomar decisiones importantes en el ámbito operativo-administrativo, tales como extensiones, tamaños de la operación dimensionados por el producto y fusiones del lado de la oferta del servicio.

Bibliografía

BANKER, R. D., CHARNES, A., AND COOPER, W., 1984, "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, v. 30, n.9, pp. 1078-1092.

CHARNES, A., COOPER, W.W., RHODES, E. (1978) "Measuring the Efficiency of Decision Making Units". *European Journal of Operational Research*, 2(6) pp 429-444.

CONTRERAS-MONTOYA, C., SANTOS, E. M. (1999) "El Binomio Economías de Escala / Concentración Empresarial: Consideraciones sobre su Presencia en el Transporte por Autobús", *Revista Urbana*, v. 4, n. 25 (julio-diciembre), pp. 35-52.

COOPER, W.W., SEIFORD, TONE, K, 2003, *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Kluwer Academic Publishers, Norwel, MA. USA. Fourth Edition.

FILIPPINI, M; MAGGI, R., PRIONI, P. (2001). "Cost-based Yardstick Regulation in the Swiss Regional Public Bus Industry". Conference paper Session Regulation, *STRC 1st Swiss Transport Research Conference*, Monte Verità / Ascona, March 1-3.

HENSHER, D. & J. STANLEY (2003). "Performance-Based Quality Contracts in Bus Service Provision". Institute of Transport Studies, Faculty of Economics and Business, The University of Sydney, Australia

LINS, M. P. E. e MEZA, L.D.(Eds.) (2000) *Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente de Apoio à Decisão*. COPPE. UFRJ. Rio de Janeiro.

McFADDEN D., 1978, "Cost, Revenue and Profit Functions". In: M.Fuss and McFadden (eds.): *Productions Economics: A Dual Approach to Theory and Applications*, v. I, pp.3-109.

SCHEEL, H. (2000) *EMS: Efficiency Measurement System*, User's Manual. Versão 1.3, Dortmund.

THANASSOULIS, E. 2001, *Introduction to the Theory and Applications of Data Envelopment Analysis*. Kluwer Academic Publishers, Norwel, MA. USA.

VISCUSI, W. K., VERNON, J.M., HARRINGTON Jr., J.E. (1997) *Economics of Regulation and Antitrust*, Second Edition, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.