



## Análisis de la eficiencia de centros comerciales, a través del análisis envolvente de datos\*

Daniel Felipe Orjuela Ramírez<sup>a</sup> ■ María Alejandra Reyes Parga<sup>b</sup>  
■ Mario Enrique Uribe Macías<sup>c</sup>

**Resumen:** este documento tiene como objetivo presentar el cálculo de la eficiencia de centros comerciales a partir del modelo de análisis envolvente de datos (DEA), el *ranking* de los centros comerciales más eficientes por medio del cálculo de la súper eficiencia con orientación al *input* y el comparativo en productividad entre 2017 y 2019, con el índice de Malmquist. Respecto a la metodología, se seleccionaron dieciocho centros comerciales de la ciudad de Bogotá, a cuyos datos pertinentes se aplicó el modelo DEA, relacionado con el nivel de eficiencia y el índice de Malmquist, para medir los cambios en su productividad. Todos los establecimientos cuentan con ubicaciones comerciales, son reconocidos en el mercado, cuentan con una trayectoria superior a tres años y están distanciados geográficamente unos de otros. El desempeño de los centros comerciales en Colombia había sido medido hasta el momento solo a través de dos de los Key Performance Indicators (KPI) más utilizados en la literatura: el tráfico (número de visitas) y las ventas (Accecolombia, 2020); su valoración se había basado en la comparación de los resultados en estos KPI con los de un periodo anterior. Este estudio presenta el primer análisis para medir la eficiencia de la industria de centros comerciales en Colombia y una de las primeras aplicaciones del modelo DEA para evaluar dicha eficiencia; sus principales conclusiones están relacionadas con la oportunidad que estos centros tienen para reducir la inversión en mercadeo y la cuota de administración, además de la modificación de la estrategia en cuanto a la inversión en la zona comercial.

**Palabras clave:** súper eficiencia; centros comerciales; análisis envolvente de datos (DEA); eficiencia; desempeño

---

\* Artículo de investigación.

- a Magíster en mercadeo, especialista en gerencia de proyectos, administrador de empresas. Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. Correo electrónico: [djorjuela@ut.edu.co](mailto:djorjuela@ut.edu.co) ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9197-4684>
- b Magíster en pensamiento estratégico y prospectiva, administradora de empresas. Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. Correo electrónico: [mareyesp@ut.edu.co](mailto:mareyesp@ut.edu.co) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4153-8152>
- c Doctor en gerencia de proyectos, magíster en administración, especialista en evaluación social de proyectos, especialista en administración financiera, administrador de empresas. Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. Correo electrónico: [meuribem@gmail.com](mailto:meuribem@gmail.com) ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1517-1403>

**Recibido:** 02/05/2022 **Aceptado:** 17/08/2022

**Disponível em linha:** 17/02/2023

**Cómo citar:** Orjuela-Ramírez, D.F., Reyes-Parga, M. A., y Uribe-Macías, M. E. (2022). Análisis de la eficiencia de centros comerciales, a través del análisis envolvente de datos. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 30(2), 59-76. <https://doi.org/10.18359/rfce.6243>

## *Efficiency analysis of shopping malls through data envelopment analysis*

**Abstract:** This paper aims to present the calculation of the efficiency of shopping centers from the data envelopment analysis (DEA) model, the ranking of the most efficient shopping centers through the calculation of super efficiency with input orientation, and the comparative in productivity between 2017 and 2019, with the Malmquist index. Regarding the methodology, eighteen shopping centers in the city of Bogota were selected, to whose relevant data the DEA model was applied, related to the level of efficiency and the Malmquist index, to measure the changes in their productivity. All the establishments have commercial locations, are recognized in the market, have a track record of more than three years, and are adequately distanced geographically from each other. The performance of shopping centers in Colombia had been measured so far only through two of the Key Performance Indicators (KPI) most used in the literature: traffic (number of visits) and sales (Acocolombia, 2020); their assessment had been based on the comparison of the results in these KPIs with those of a previous period. This study presents the first analysis to measure the efficiency of the shopping mall industry in Colombia and one of the first applications of the DEA model to evaluate such efficiency; its main conclusions are related to the opportunity that these centers have to reduce the investment in marketing and the management fee, in addition to the modification of the strategy in terms of investment in the commercial area.

**Keywords:** super efficiency; shopping centers; data envelopment analysis (DEA); efficiency; performance

## *Análise da eficiência dos shopping centers através da análise envoltória de dados*

**Resumo:** Este documento visa apresentar o cálculo da eficiência dos shopping centers utilizando o modelo de análise envoltória de dados (DEA), o ranking dos shopping centers mais eficientes através do cálculo da super eficiência com orientação de entrada e a comparação em produtividade entre 2017 e 2019, com o índice de Malmquist. Com relação à metodologia, foram selecionados dezoito shopping centers na cidade de Bogotá, cujos dados relevantes foram aplicados ao modelo DEA, relacionados ao nível de eficiência e ao índice de Malmquist, para medir as mudanças em sua produtividade. Todos os estabelecimentos têm localização comercial, são reconhecidos no mercado, têm um histórico de mais de três anos e estão adequadamente distanciados geograficamente uns dos outros. O desempenho dos shopping centers na Colômbia tinha sido medido até agora apenas através de dois dos Key Performance Indicators (KPI) mais usados na literatura: tráfego (número de visitas) e vendas (Acocolombia, 2020). Essa avaliação tinha sido baseada na comparação dos resultados desses KPI com os de um período anterior. Este estudo apresenta a primeira análise para medir a eficiência da indústria de shopping centers na Colômbia e uma das primeiras aplicações do modelo DEA para avaliar tal eficiência. Suas principais conclusões estão relacionadas à oportunidade que esses shopping centers têm de reduzir o investimento em marketing e taxa de administração, assim como a modificação da estratégia em termos de investimento na área comercial.

**Palavras-chave:** supereficiência; shopping centers; análise envoltória de dados (DEA); eficiência; desempenho

## Introducción

La importancia de los centros comerciales como formato de *retail* se ha vuelto cada vez más notable y, en la actualidad, la cultura de los centros comerciales desempeña un papel importante en el estilo de vida de los consumidores (Anselmsson, 2016; Calvo-Porrall y Lévy-Mangín, 2018; Kashyap y Kumar, 2019). Prueba de ello es que, durante décadas, el número de metros cuadrados de los centros comerciales ha aumentado en todo el mundo (Berman y Evans, 2004).

Los académicos de diversas disciplinas han escrito mucho sobre los centros comerciales en los últimos años (Anselmsson, 2016; Calvo-Porrall y Lévy-Mangín, 2018; Suárez-Vega *et al.*, 2019). Los estudios se han centrado en comprender cómo y por qué los consumidores compran en un centro comercial; sin embargo, la investigación sobre la gestión de centros comerciales ha estado en gran parte ausente de la literatura (Hänninen y Paavola, 2021; Makgopa, 2016; Santoso *et al.*, 2018).

Actualmente, el desempeño de los centros comerciales se mide a través de Key Performance Indicators (KPI) financieros y no financieros. A lo largo de la literatura, el éxito de los centros comerciales se ha medido a través de tres indicadores principales: el número de visitas (tráfico de personas), las ventas y el retorno sobre la inversión (Anselmsson, 2016; Damian *et al.*, 2011; Kunc *et al.*, 2020; Parsons y Ballantine, 2004; Tokosh, 2018). Por otro lado, el establecimiento de metas y la comparación con resultados anteriores siguen siendo los métodos más frecuentes de valoración del desempeño (Dlamini y Cloete, 2021; Hänninen y Paavola, 2021; Joseph, 2019).

Estos indicadores para medir y evaluar el desempeño no permiten determinar una frontera (mejores prácticas) para calificar a las organizaciones en eficientes o ineficientes, ni detectar unidades de referencia u oportunidades de mejora. Por otro lado, la eficiencia, entendida como la utilización de los *inputs* mínimos para la obtención de un determinado nivel de *outputs*, o la obtención del nivel máximo de *outputs* para un nivel dado de *inputs*, es una medida con efecto sobre la rentabilidad que permite llenar los vacíos de otras medidas de desempeño. Los

estudios de medición de la eficiencia se llevan a cabo con el fin de evaluar el desempeño de acuerdo con principios microeconómicos básicos, como la maximización de beneficios o la minimización de costos, y dado que las empresas convierten múltiples *inputs* en múltiples *outputs*, son necesarias técnicas para analizar conjuntamente tanto las entradas como las salidas (Chang *et al.*, 2009).

El presente artículo presenta un análisis del desempeño de centros comerciales a través del análisis envolvente de datos (DEA), un modelo frontera, no paramétrico, para medir la eficiencia relativa de unidades de toma de decisiones multi-*input*/multi-*output*. Esta herramienta permite obtener los pesos específicos que más benefician cada unidad, identificar las mejores prácticas, detectar referentes de comparación, conocer qué variables explican el nivel de eficiencia y encontrar oportunidades de mejora (Chang *et al.*, 2009). Así, este estudio contribuye a la literatura de centros comerciales y a la literatura del DEA.

El artículo está estructurado de la siguiente manera: en la primera parte se presenta la literatura relevante para el estudio, describiendo el modelo DEA y dos de sus sofisticaciones metodológicas (la súper eficiencia y el índice de productividad de Malmquist), para luego definir el formato de los centros comerciales y las aplicaciones del DEA en estos y en la industria del *retail* en general, haciendo énfasis en los *inputs* y en los *outputs* utilizados en la literatura científica.

En el segundo apartado se describe la metodología y se presenta el planteamiento del modelo DEA orientado al *input* y al *output* con rendimientos constantes a escala, así como los modelos planteados para el análisis temporal de la eficiencia y el análisis de súper eficiencia. En la tercera sección, se presentan los resultados del estudio y, finalmente, en la cuarta parte se señalan las conclusiones.

## Literatura relevante

A continuación, se analizará el tema del modelo DEA, del cual se desprenden dos temas operacionales que son la súper eficiencia y el índice de Malmquist, presentados desde su óptica conceptual. Finalmente, se aborda el tema de los centros comerciales y de las aplicaciones del DEA en ellos.

## El análisis envolvente de datos

Charnes *et al.* (1978) identificaron la necesidad de encontrar un procedimiento satisfactorio para evaluar las eficiencias relativas de las unidades de producción multi-*input*/multi-*output* (Cook *et al.*, 2005; Cook y Seiford, 2009) y, con base en los planteamientos de Farrell (1957), desarrollaron un nuevo método para medir la eficiencia para la toma de decisiones basado en la lógica *input-output*, denominado análisis envolvente de datos (Data Envelopment Analysis, DEA). En su artículo seminal, para designar a cada unidad de estudio con *inputs* y *outputs* comunes, los autores introdujeron el término unidad de toma de decisiones (Decision Making Unit, DMU).

El DEA se utiliza para determinar la eficiencia relativa de las DMU que utilizan múltiples entradas para producir múltiples salidas. A lo largo del tiempo se han desarrollado diferentes modelos DEA, como el de rendimientos constantes a escala (CRS), el de rendimientos variables a escala (VRS) y el de súper eficiencia. Además, los modelos DEA pueden estar orientados al *input* o al *output*. Los primeros identifican las reducciones de insumos que permitirían que una DMU se volviera eficiente, mientras que los segundos identifican los aumentos de producción que lograrían el mismo efecto (Holod y Lewis, 2011). La metodología DEA se basa en la optimización de Pareto, que establece que una DMU no es eficiente si es posible aumentar un *output* sin subir ni bajar ningún otro *output*. De manera similar, una DMU no es eficiente si es posible reducir un *input* sin disminuir ni aumentar ningún otro *input* (Avkiran, 2011; Emrouznejad y Yang, 2018). Una DMU eficiente se ubica en la frontera de posibilidades de producción, y las holguras de entrada y salida son cero. Para determinar la frontera de eficiencia, el DEA utiliza los datos disponibles para cada DMU en lugar de utilizar una función de eficiencia predeterminada (An *et al.*, 2015; Davidovic *et al.*, 2019).

Aunque el modelo fue planteado originalmente en el contexto de las organizaciones sin fines de lucro, desde su introducción en 1978 se ha generado un crecimiento exponencial de publicaciones científicas con aplicaciones en múltiples áreas como finanzas,

industrias extractivas, comercio, manufactura, salud, educación, deportes, transporte, energía y medio ambiente (Emrouznejad y Yang, 2018). El DEA permite identificar las DMU que exhiben las mejores prácticas y formarían una frontera eficiente, medir el nivel de eficiencia de las unidades no frontera, e identificar puntos de referencia con los cuales comparar dichas unidades ineficientes (Cook y Seiford, 2009). La principal ventaja del DEA es que es una técnica que no recurre a la subjetividad (Soheilrad *et al.*, 2018), ya que no se asigna un peso arbitrario a cada criterio, sino que los pesos se calculan automáticamente.

Dado lo anterior, el DEA es una técnica de programación lineal no paramétrica para la evaluación de la eficiencia relativa de una serie de alternativas que producen múltiples *outputs* al consumir múltiples *inputs* (Amirteimoori y Khoshandam, 2011; Contreras, 2020). Dentro de un conjunto de DMU comparables, el DEA permite: i) identificar aquellas que exhiben las mejores prácticas y formarían una frontera eficiente; ii) medir el nivel de eficiencia de las unidades no frontera; y iii) identificar puntos de referencia con los cuales comparar dichas unidades ineficientes (Cook y Seiford, 2009). Así, el DEA tiene como objetivo la utilización de los *inputs* mínimos para la obtención de un determinado nivel de *outputs* (enfoque *input*) o la obtención del nivel máximo de *outputs* para dado nivel de *inputs* (enfoque *output*) (Halkos *et al.*, 2011).

## Súper eficiencia

Desde la introducción del DEA se han generado numerosas sofisticaciones del modelo a nivel metodológico. En muchos modelos DEA, el mejor rendimiento de una DMU se indica con una puntuación de eficiencia de uno y a menudo hay más de una DMU con este puntaje de eficiencia (Noura *et al.*, 2011), por lo que el DEA permite evaluar la eficiencia relativa, pero no ordenar las unidades eficientes.

Andersen y Petersen (1993) propusieron una solución a este problema a través de un modelo de evaluación que permite clasificar y comparar unidades eficientes, conocido como súper eficiencia. El modelo DEA fue planteado de manera idéntica a la extensión de Banker *et al.* (1984), excepto porque la unidad bajo evaluación no está incluida en la referencia (Andersen y Petersen, 1993). Posteriormente,

Wilson (1995) recomendó el modelo de súper eficiencia como un enfoque útil para identificar *outliers* y así proporcionar una mejor aproximación de la frontera de producción (Boyd *et al.*, 2016).

## Índice de productividad de Malmquist

Otro de los avances metodológicos más representativos del DEA es el índice de productividad de Malmquist. Con base en el índice de cantidad del consumidor de Malmquist (1953), en el que las observaciones fueron evaluadas en relación con una curva de indiferencia, Caves *et al.* (1982) sustituyeron la frontera tecnológica por la curva de indiferencia para definir un índice de productividad.

En la definición de estos autores del índice de productividad de Malmquist orientado al *output*, se utilizó la isocuanta del *output* como la referencia a la que se proyectaron las observaciones bajo evaluación utilizando una función de distancia de salida, y de la misma forma, se eligió una isocuanta de *inputs* como referencia para el índice de productividad de Malmquist orientado al *input*; las funciones de distancia correspondientes toman el valor de la unidad si y solo si los datos pertenecen a las respectivas isocuantas (Färe *et al.*, 2011). Este índice permite descomponer los cambios en la productividad en cambios en la eficiencia (desviaciones de la frontera de mejores prácticas) y cambios de tecnología (movimientos de la frontera), y se define mediante funciones de distancia (Yu y Ramanathan, 2009).

## Los centros comerciales

Los centros comerciales aparecieron por primera vez en la década de 1920 en los Estados Unidos, y tras el final de la Segunda Guerra Mundial se convirtieron en avenidas de *retail* esenciales, con un rápido crecimiento en todos los países del mundo (Frasquet *et al.*, 2001; Warnaby y Medway, 2018).

Un centro comercial se define como un escenario planificado de interacción comercial en el que los *retailers* intercambian bienes y servicios tangibles e intangibles por el dinero, los datos y el tiempo de los consumidores (Savelli, 2018; Warnaby y Medway, 2018). Se diferencia de otros formatos

de *retail* porque es de propiedad absoluta y se administra y comercializa como una unidad (Guy, 1994). Las características clave de los centros comerciales contemporáneos son una arquitectura unificada, una selección de tiendas y actividades de servicio, estacionamiento privado y una gestión unitaria (Crawford, 1986). En ese orden de ideas, para Colombia, los centros comerciales son considerados una propiedad horizontal que administra el espacio y tiene como objetivo garantizar el tráfico de personas.

## Aplicaciones del DEA en centros comerciales

A pesar del desarrollo exponencial del DEA en múltiples sectores, las aplicaciones específicas en centros comerciales son escasas. Yu (2006) integró el DEA y el proceso de red analítica para desarrollar un método que permitiera resolver el problema de la selección de la ubicación de un centro comercial en Hong Kong, maximizando la relación entre *outputs* e *inputs*. Los *inputs* propuestos fueron “número de hogares en el área” y “valor de la tierra”, mientras que los *outputs* planteados fueron “dinero promedio gastado”, “retorno sobre la inversión” e “ingreso total”.

Por otro lado, Ronghua y Quanyi (2011) midieron la eficiencia de dieciocho centros comerciales subterráneos en China a través de un modelo DEA de súper eficiencia orientado al *output*. El *input* utilizado fue “costo total de inversión”, mientras que los *outputs* implementados fueron “ingreso promedio por alquiler”, “ocupación de alquiler”, “número de oportunidades laborales”, “número de locales” y “mayor espacio de cobertura arbórea”.

Dado que el centro comercial es un formato de venta *retail* (Calvo-Porrall y Lévy-Mangín, 2018; Ibrahim *et al.*, 2018; Savelli, 2018; Wang y Xu, 2021), también se han incluido los estudios para medir la eficiencia de *retailers* dentro de la literatura relevante.

En las últimas dos décadas se ha incrementado el número de aplicaciones del DEA a la industria del *retail*, y se ha venido consolidado como un sector de importancia en los análisis de eficiencia. Los principales modelos de *retail* donde se ha

aplicado este modelo son los supermercados, los hipermercados, las tiendas por departamento, las tiendas de especialidad y los almacenes de cadena (Ibrahim *et al.*, 2018; Ingene, 2014). La tabla

1 muestra algunos de los *inputs* y *outputs* más utilizados en la literatura del DEA en empresas especializadas en la comercialización masiva de productos o servicios.

**Tabla 1.** *Inputs y outputs más utilizados en la literatura del DEA en retailers*

Autores	Inputs	Outputs
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hsiao <i>et al.</i> (2013)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de empleados</li> <li>• Gastos operacionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingresos por ventas</li> <li>• Número de clientes</li> <li>• Satisfacción del cliente</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Šegota (2008)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor de suministro de los bienes</li> <li>• Número promedio de empleados de tiempo completo</li> <li>• Área del espacio de ventas</li> <li>• Nivel de inventario promedio</li> <li>• Número de registros de efectivo</li> <li>• Costos de trabajo</li> <li>• Otros gastos operacionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventas</li> <li>• <i>Realized margin value</i></li> <li>• Rentabilidad</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• De Mateo <i>et al.</i> (2006)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mano de obra del vendedor</li> <li>• Mano de obra de cajero</li> <li>• Gastos de administración y ventas</li> <li>• Gastos de marketing</li> <li>• Superficie del piso de la tienda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventas brutas</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keh y Chu (2003)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo</li> <li>• Capital</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accesibilidad (número de clientes/población)</li> <li>• Surtido</li> <li>• Aseguramiento de la entrega del producto</li> <li>• Información disponible</li> <li>• Promociones</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Barros (2006)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo</li> <li>• Capital</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventas</li> <li>• Resultados operacionales</li> <li>• Valor agregado</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yu y Ramanathan (2009)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espacio total de venta</li> <li>• Empleados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventas</li> <li>• Rentabilidad antes de impuestos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• De Jorge Moreno (2010)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empleados</li> <li>• Activos fijos</li> <li>• Costo de trabajo</li> <li>• Inventarios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingresos por ventas</li> <li>• Resultados operacionales</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Xavier <i>et al.</i> (2015)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos de personal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventas</li> <li>• EBITDA</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vyt y Cliquet (2017)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de empleados</li> <li>• Área de ventas</li> <li>• Espacio en góndola</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Sales turnover</i></li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

## Metodología

A continuación, se presenta la orientación del modelo DEA, la selección de los *inputs* y los *outputs* y los modelos utilizados en el proceso.

### Orientación del modelo

Un modelo DEA puede orientarse a los *inputs* o a los *outputs*. Un análisis orientado al *input* proporciona información sobre cuánta reducción proporcional de *inputs* es necesaria mientras se mantienen los niveles actuales de *outputs* para que una DMU ineficiente se convierta en eficiente (es decir, analizar si un determinado nivel de *outputs* puede ser obtenido utilizando menos *inputs*). Por otro lado, un análisis orientado al *output* proporciona información sobre cuánto aumento en los niveles de *output* de una DMU ineficiente es necesario mientras se mantienen los niveles de *inputs* actuales para lograr que sea eficiente (es decir, analizar si con un nivel dado de *inputs*, la DMU puede conseguir más *outputs*).

De acuerdo con Barros y Athanassiou (2004), la decisión de la orientación del DEA al *input* o al *output* se basa en las condiciones del mercado de las DMU. En mercados competitivos, las DMU están orientadas al *output*, ya que se asume que los *inputs* están bajo el control de la DMU que busca maximizar su *output*, sujeta a la demanda del mercado, fuera de control de la DMU, por lo que la función de producción es la elección natural; por el contrario, en mercados monopolísticos, las DMU se orientan al *input* y la función de costos es la elección natural (Barros y Perrigot, 2008).

En este *paper* se ha elegido una orientación al *output*, ya que el sector de los centros comerciales en Colombia se acerca más a una estructura de mercado competitiva que a una monopolística. Así, el interés del modelo DEA planteado en este artículo es maximizar el *output* (tráfico de personas) con un nivel dado de *inputs* (gasto en empleados, gasto en marketing, ingresos por cuotas de administración, área comercial y número de parqueaderos). Además, se ha planteado un modelo DEA orientado al *input* con el fin de generar recomendaciones a los centros comerciales frente a su inversión en marketing, gastos de personal,

número de parqueadero y área comercial (esto último es tomado en cuenta dado que, en los últimos años, varios centros comerciales han invertido en ampliaciones).

Es importante mencionar que la investigación ha decidido desarrollar un modelo DEA con rendimientos constantes a escala (CRS), lo cual implica ajustar una recta que pasa por los puntos más exteriores o eficientes, es decir, pasa por los puntos en que la pendiente es máxima.

### Selección de *inputs* y *outputs*

La aplicación exitosa del DEA depende de la correcta elección de los *inputs* y los *outputs*. Las variables de entrada y salida deben reflejar los objetivos de la empresa (Donthu y Yoo, 1998). Estudios anteriores del DEA en centros comerciales y *retailing* han propuesto diferentes medidas de producción, tanto en unidades monetarias, como ventas (De Jorge Moreno, 2010; De Mateo *et al.*, 2006; Hsiao *et al.*, 2013; Šegota, 2008; Vyt y Cliquet, 2017; Xavier *et al.*, 2015) e ingresos (De Jorge Moreno, 2010; Hsiao *et al.*, 2013; Ronghua y Quanyi, 2011), como en unidades no monetarias, como satisfacción del cliente (Hsiao *et al.*, 2013) y número de clientes (Hsiao *et al.*, 2013; Keh y Chu, 2003). En este estudio se seleccionó como *output* una variable no monetaria: el tráfico de personas (Hsiao *et al.*, 2013; Keh y Chu, 2003). La justificación de esta selección se basa en que el fin último de un centro comercial es lograr el mayor número de visitas posible (Anselmsson, 2006; Borgers y Vosters, 2011). Además, la competencia se está intensificando entre los centros comerciales debido a un aumento constante en su número y a la creciente competencia con otros formatos de venta minorista (Tsai, 2010). Por ello, el número de visitantes es un indicador importante de desempeño de los centros comerciales (Savelli, 2018).

Con respecto a los *inputs*, con base en la revisión de la literatura relevante, para este estudio se seleccionaron algunas de las variables de entrada más utilizadas en las publicaciones del DEA en *retailing* y centros comerciales: i) gastos en personal (Barros, 2006; De Jorge Moreno, 2010; De Mateo *et al.*, 2006; Hsiao *et al.*, 2013; Ronghua y Quanyi, 2011; Xavier *et al.*, 2015; Yu y Ramanathan, 2009);

ii) gasto en mercadeo (De Mateo *et al.*, 2006); iii) ingresos por cuotas de administración (Ronghua y Quanyi, 2011); iv) área comercial (De Mateo *et al.*, 2006; Ronghua y Quanyi, 2011; Šegota, 2008; Yu y Ramanathan, 2009); y v) número de parqueaderos.

El número de parqueaderos se ha incluido dado que las condiciones de parqueo son un recurso clave de aglomeración que actúa como un *driver* de la competitividad de los centros comerciales (Ke y Wang, 2016; Palevičius *et al.*, 2016; Teller *et al.*, 2016), que además puede gestionarse para otros fines comerciales, como eventos, cuando está subutilizado (Chapman y Sadd, 2014). Esta selección se presenta en las tablas 2, 3 y 4, a continuación:

**Tabla 2.** *Inputs y output seleccionados para el estudio*

Inputs	Puesta en operación
Gastos en personal	Miles de pesos colombianos
Gasto en mercadeo	Miles de pesos colombianos
Ingresos por cuotas de administración	Miles de pesos colombianos
Área comercial	Metros cuadrados
Número de parqueaderos	Unidad
Output	
Tráfico de personas	Unidad

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.** *Inputs*

DMU	Gasto en mercadeo	Parqueaderos	Ingresos cuotas de administración	Gastos de personal	Área comercial m <sup>2</sup>
Unicentro	5 282 947	3200	10 908 889	11 263 132	46 308
Santafé	2 178 522	3350	12 487 715	6 484 635	84 188
Andino	2 799 593	719	7 423 942	3 563 592	22 516
Titán Plaza	3 207 863	2262	9 130 291	3 167 176	59 370
Centro Mayor	3 189 214	3100	10 633 315	4 457 255	109 000
Plaza de las Américas	3 437 693	1484	7 690 321	6 424 487	42 579
Gran Estación	1 296 152	2079	8 153 539	5 044 689	45 829
Bulevar	1 158 444	963	4 131 352	3 553 735	41 642
Hayuelos	2 907 811	1966	6 718 661	3 021 231	41 128
Salitre Plaza	2 605 031	1207	6 381 652	3 081 492	33 435
Plaza Imperial	2 307 016	1801	7 431 817	2 593 797	47 483
DiverPlaza	1 532 057	1000	6 778 488	2 473 442	42 650
Av. Chile	828 158	700	4 709 459	1 143 267	14 000
Portal de la 80	1 562 280	1094	5 513 855	1 745 600	38 000
El Retiro	1 711 653	314	2 807 866	1 822 402	8680
Mercurio	898 371	1100	3 954 703	814 659	42 000
UniOccidente	711 585	630	3 500 543	1 354 757	24 428
Centro Suba	372 121	300	2 005 647	925 732	14 798

Fuente: Mall & Retail (2020).

**Tabla 4. Output**

DMU	Tráfico de personas
Unicentro	26 908 804
Santafé	24 984 000
Andino	17 823 120
Titán Plaza	18 995 407
Centro Mayor	28 000 000
Plaza de las Américas	41 001 046
Gran Estación	17 805 616
Bulevar	7 300 000
Hayuelos	13 947 962
Salitre Plaza	17 000 000
Plaza Imperial	42 649 631
DiverPlaza	18 615 245
Av. Chile	6 453 089
Portal de la 80	19 165 906
El Retiro	5 000 000
Mercurio	15 743 560
UniOccidente	7 050 543
Centro Suba	10 000 000

Fuente: Mall & Retail (2020).

## Presentación de los modelos utilizados

La primera etapa de procesamiento tuvo como objetivo identificar la eficiencia de cada uno de los centros comerciales a partir del modelo planteado por Charnes *et al.* (1978) en el que se utilizan CRS. Es importante mencionar que este modelo es justo para todos los centros comerciales, dado que permite asignar pesos diferentes a cada *input* ( $vX$ ) y *output* ( $uY$ ) de cada uno de ellos, de tal forma que se vean beneficiados.

$$Max \frac{\sum_{r=1}^m u_r r_{r0}}{\sum_{i=1}^n v_i x_{i0}} \quad (1)$$

Aquí se busca identificar los pesos del *output* ( $u$ ) y los pesos del *input* ( $v$ ) que maximicen esa relación. Dado esto, se deben restringir estos pesos con el fin de que no tomen valores infinitos, planteando una eficiencia infinita. En ese orden de ideas, adicional al modelo de maximización, se presentan las siguientes restricciones para cada uno de los centros comerciales.

La primera restricción sugiere que la búsqueda de la ratio de *output e input* para cada centro comercial tome un valor menor o igual que 1, evitando así que se generen valores infinitos y determinando un centro comercial eficiente como aquel que tenga una ratio de 1.

$$\frac{\sum_{r=1}^m u_r r_{rj}}{\sum_{i=1}^n v_j x_{ij}} \leq 1 \quad (2)$$

Por otra parte, es de aclarar que los pesos del *output* ( $u$ ) y los pesos del *input* ( $v$ ) para cada centro comercial tendrán que tomar valores mayores o igual que 0.

$$u_r, v_i \geq 0$$

Ahora bien, para calcular el coeficiente de eficiencia de una manera más sencilla, Charnes *et al.* (1978) linealizan el modelo, obteniendo así la posibilidad de realizar el cálculo dirigido a una orientación al *input* o al *output*; es decir, se puede maximizar la ratio si se maximiza o se busca el valor más grande del numerador o si se minimiza o se hace más pequeño el denominador, lo que permitirá la orientación al *input* o al *output* y la linealización del modelo:

Orientación al *input*:

$$Max \sum_{r=1}^m u_r y_{r0} \quad (3)$$

Restricción orientación al *input*:

$$\sum_{i=1}^n v_i x_{i0} = 1 \quad (4) \quad \sum_{r=1}^m u_r y_{rj} \leq \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} \quad (5)$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

Orientación al *output*:

$$\text{Min } \sum_{i=1}^n v_i x_{i0} \quad (6)$$

Restricción orientación al *output*:

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{r0} = 1 \quad (7)$$

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} \leq \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} \quad (8)$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

El segundo proceso para realizar, luego de determinar las eficiencias de los centros comerciales, responde a la pregunta ¿cuál es mejor?; es decir, se ha decidido realizar un *ranking* orientado al *input*, teniendo en cuenta que las unidades o centros comerciales eficientes tendrán el mismo valor, es decir 1. A su vez, en este segundo proceso se podrá identificar si existen entre la muestra unidades o centros comerciales atípicos o muy alejados de los demás, denominados *outliers*. Para este objetivo se decidió utilizar el proceso planteado por Andersen y Petersen (1993), quienes proponen el cálculo denominado de súper eficiencia; es decir, incluyen en el modelo de eficiencia la restricción de que un centro comercial eficiente no pueda tener como *benchmark* o comparativo a sí mismo (caso que sí se presenta en el cálculo de eficiencia planteado por Charnes *et al.* (1978), en donde, para la unidad que era eficiente, es decir que tenía valor de 1, su *benchmark* era ella misma por ser parte de la frontera).

Dado lo anterior, al modelo de eficiencia se le agrega la restricción que el *benchmark* no puede ser el mismo centro comercial, es decir, que debe ser mayor a 0.

$$\left( \sum_{j=1, j \neq 0}^I \lambda_j x_{ij} \right) \leq x_{i0} \theta^0 \quad \forall i \quad (9)$$

$$\lambda_j, \theta^0 \geq 0$$

El tercer proceso en la metodología es realizar el comparativo entre dos periodos temporales de los centros comerciales (año 2017 y 2019), con el fin de identificar el cambio de productividad entre

un año y otro, para lo cual se utilizó el índice de Malmquist.

Este índice permite medir el cambio de las diferentes empresas en cuanto a productividad, lo cual es el resultado de medir el cambio de la distancia de la empresa hacia su frontera en cada uno de los periodos (cambio en eficiencia), y si el cambio de la frontera entre un periodo *t* y un periodo *t+1* ha aumentado o ha disminuido (cambio tecnológico).

El cambio en eficiencia permite identificar la distancia de cada empresa con respecto a la frontera en un periodo *t* y la distancia de cada empresa con respecto a la frontera en un periodo *t+1*, y a partir de ello, definir si la empresa ha logrado acercarse más o se ha alejado de la frontera en ese cambio de periodo. Dado lo anterior, el cambio de eficiencia estará dado por:

$$C = \frac{\delta^2((x_0, y_0)^2)}{\delta^1((x_0, y_0)^1)} \quad (10)$$

Entendiendo a  $\delta^{t_2}(x_0, y_0)^{t_1}$  como el coeficiente de eficiencia del centro comercial  $(x_0, y_0)$  en  $t_1$  respecto a la frontera  $t_2$ :

$$\text{Cambio de eficiencia} = \frac{\text{Eficiencia del centro comercial}_x^{t+1} \text{ respecto a la frontera}^{t+1}}{\text{Eficiencia del centro comercial}_x^t \text{ respecto a la frontera}^t} \quad (11)$$

Para lo cual, si el cambio de eficiencia es mayor que 1, se podría afirmar una mejora en la eficiencia; si es menor que 1, habría empeorado su eficiencia; y si es igual a 1, se afirmaría una igualdad en la eficiencia entre el periodo *t* y el *t+1*.

Dado lo anterior, una empresa puede mantenerse en el mismo lugar en cuanto a resultados de *inputs* y *outputs* y aun así evidenciar un cambio de productividad mayor que 1, lo cual sería resultado de que la frontera del periodo *t+1* se ha movido a la derecha, es decir, se ha reducido. En consecuencia, se debe realizar la medición del movimiento de la frontera entre los periodos *t* y *t+1*, llamando a esto cambio tecnológico (CT), el cual se puede definir como:

$$CT = \left[ \frac{\delta^1((x_0, y_0)^1)}{\delta^2((x_0, y_0)^1)} \times \frac{\delta^1((x_0, y_0)^2)}{\delta^2((x_0, y_0)^2)} \right]^{1/2} \quad (12)$$

Es decir,

$$CT = \left[ \frac{\text{Eficiencia del centro comercial}_x^t \text{ respecto a la frontera } t}{\text{Eficiencia del centro comercial}_x^{t+1} \text{ respecto a la frontera } t+1} \times \frac{\text{Eficiencia del centro comercial}_x^{t+1} \text{ respecto a la frontera } t}{\text{Eficiencia del centro comercial}_x^{t+1} \text{ respecto a la frontera } t+1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

En ese orden de ideas, identificando el movimiento de la frontera como el cambio tecnológico, si este resultado es mayor que 1, se podría afirmar un progreso tecnológico; si es menor que 1, existiría una regresión tecnológica; y

si es igual a 1, se presenta un mantenimiento tecnológico.

Por último, como se expresó anteriormente, el cambio de productividad será el resultado del producto del cambio de eficiencia y el cambio tecnológico:

$$MI = \frac{\delta^2((x_0, y_0)^2)}{\delta^1((x_0, y_0)^1)} \times \left[ \frac{\delta^1((x_0, y_0)^1)}{\delta^2((x_0, y_0)^1)} \times \frac{\delta^1((x_0, y_0)^2)}{\delta^2((x_0, y_0)^2)} \right]^{1/2} \quad (13)$$

Si el MI es mayor que 1, se puede afirmar que hay una mejora en productividad; si es menor que 1, se entendería que la productividad ha empeorado; y si es igual a 1, ha mantenido su productividad.

## Resultados

### Etapas 1

Con respecto al *input*, se presentan los siguientes resultados para los centros comerciales (tabla 5):

**Tabla 5.** Eficiencia con orientación al input

Centro comercial	Coficiente de eficiencia	Gasto en mercadeo	Parqueaderos	Ingresos cuotas de administración	Gastos de personal	Área comercial	Tráfico de personas
Unicentro	0,6034	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1874	0,1874
Santafé	0,4347	0,2377	0,0000	0,0000	0,0000	0,0660	0,1454
Andino	0,8743	0,0000	0,7382	0,0000	0,0000	0,1177	0,4100
Titán Plaza	0,3642	0,0000	0,0000	0,1649	0,6047	0,0000	0,1602
Centro Mayor	0,4640	0,1438	0,0000	0,3805	0,0000	0,0000	0,1385
Plaza de las Américas	1,0000	0,0000	0,2439	0,0000	0,0683	0,0724	0,2039
Gran Estación	0,5507	0,4226	0,0000	0,0000	0,0000	0,1173	0,2585
Bulevar	0,3179	0,3780	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,3640
Hayuelos	0,3723	0,0000	0,0000	0,0000	0,0461	0,1996	0,2231
Salitre Plaza	0,5556	0,0000	0,3268	0,0000	0,0915	0,0971	0,2731
Plaza Imperial	1,0000	0,0000	0,2345	0,0000	0,0656	0,0696	0,1960
DiverPlaza	0,6259	0,0000	0,3913	0,0000	0,5061	0,0000	0,2810
Av. Chile	0,5030	0,0000	0,0000	0,0000	0,1345	0,5828	0,6515
Portal de la 80	0,7124	0,0000	0,4326	0,0000	0,5595	0,0000	0,3107
El Retiro	0,5982	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000
Mercurio	1,0000	1,0000	0,0407	0,0000	1,0000	0,0000	0,5309
UniOccidente	0,4249	0,9988	0,0000	0,0000	0,9233	0,0067	0,5037
Centro Suba	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,2799	0,2970	0,8358

Fuente: elaboración propia.

Se puede afirmar que los centros comerciales Plaza de las Américas, Plaza Imperial, Mercurio y Centro Suba son eficientes cada uno desde sus pesos de los *inputs*; es decir, Plaza de las Américas es eficiente en la medida en que no hay centro comercial que, con ese número de parqueaderos, esos gastos de personal y esa área comercial, genere más tráfico de personas.

Es interesante destacar el caso del centro comercial Bulevar, el cual, a través de su coeficiente de eficiencia (0,3179), se puede afirmar que, de manera uniforme, podría disminuir en 68 % sus *inputs* de gastos de mercadeo e ingresos por administración (disminuir las cuotas de administración), dado que existen centros comerciales que generan mayor o igual *output* (tráfico de personas)

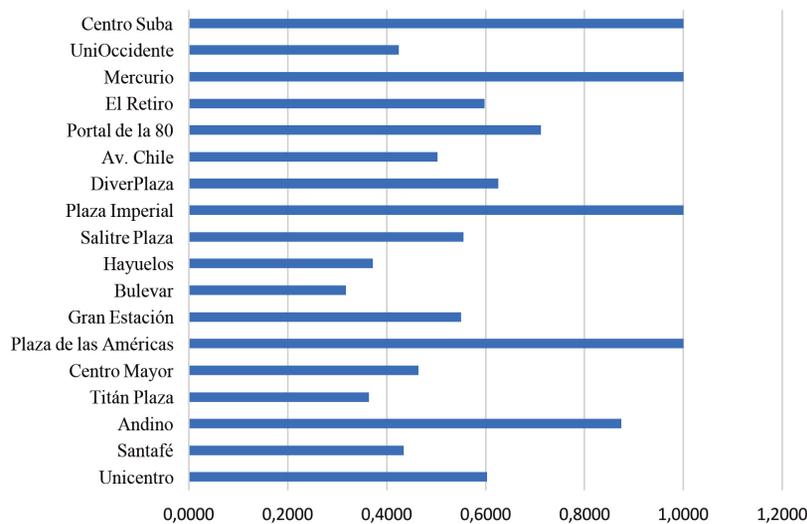
con ese nivel de *input* o menos. Caso similar sucede en Unioccidente, el cual podría disminuir estos dos *inputs* en 57 % y conseguir la misma cantidad de tráfico de personas.

En la figura 1 se puede observar este comportamiento de los centros comerciales.

Un caso interesante para destacar es el del centro comercial Centro Mayor, el cual, con un coeficiente de eficiencia de 0,4640, permite afirmar que puede disminuir los *inputs* de gastos de mercadeo e ingreso por administración en 53 %, dado que otros centros comerciales con la misma o menor cantidad de estos *inputs* generan la misma o mayor cantidad de *output* o tráfico de personas.

Ahora bien, a continuación, en la tabla 6 se presenta el análisis de eficiencia con respecto al *output*.

**Figura 1.** Eficiencia de los centros comerciales con orientación al input



Fuente: elaboración propia.

**Tabla 6.** Eficiencia con orientación al output

Centro comercial	Coefficiente de eficiencia	Gasto en mercadeo	Parqueaderos	Ingresos cuotas de administración	Gastos de personal	Área comercial	Tráfico de personas
Unicentro	1,6571	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1858	0,1858
Santafé	2,3005	0,1413	0,0000	0,0000	0,0000	0,0908	0,2001
Andino	1,1438	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0805	0,2805
Titán Plaza	2,7458	0,0000	0,0000	0,1440	0,5271	0,0000	0,2632

Centro Mayor	2,1553	0,0801	0,0000	0,2607	0,0000	0,0000	0,1786
Plaza de las Américas	1,0000	0,0000	0,4347	0,0000	0,0000	0,0350	0,1219
Gran Estación	1,8159	0,1983	0,0000	0,0000	0,0000	0,1275	0,2808
Bulevar	3,1454	0,3073	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,6849
Hayuelos	2,6859	0,0000	0,0000	0,0000	0,0393	0,3207	0,3585
Salitre Plaza	1,8000	0,0000	0,6967	0,0000	0,0523	0,1045	0,2941
Plaza Imperial	1,0000	0,0000	0,2777	0,0000	0,0208	0,0417	0,1172
DiverPlaza	1,5977	0,0000	0,7405	0,0000	0,2567	0,0000	0,2686
Av. Chile	1,9881	0,0000	0,0000	0,0000	0,0849	0,6932	0,7748
Portal de la 80	1,4038	0,0000	0,7192	0,0000	0,2493	0,0000	0,2609
El Retiro	1,6717	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000
Mercurio	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,3176
UniOccidente	2,3533	0,6075	0,0000	0,0000	0,6898	0,0095	0,7092
Centro Suba	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000

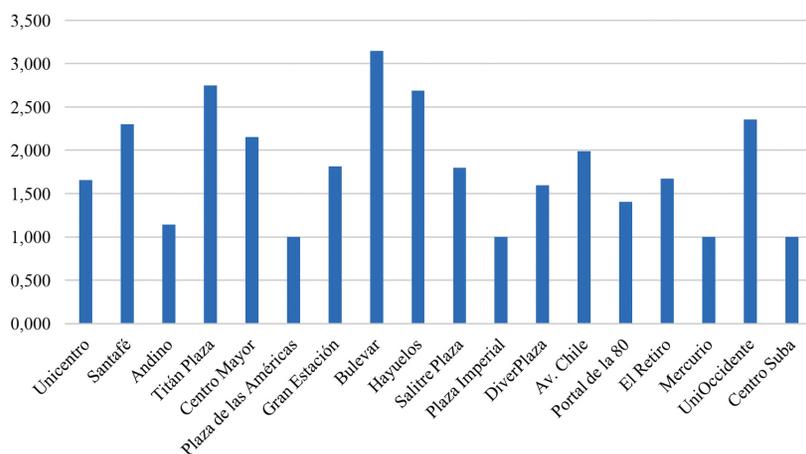
Fuente: elaboración propia.

Desde esta perspectiva, se puede afirmar que centros comerciales como El Retiro, Unioccidente, Av. Chile, Hayuelos, Bulevar o Titán Plaza, entre otros, pueden mejorar su nivel de *output*, es decir, pueden presentar más tráfico de personas en 67 %, 135 %, 98 %, 168 %, 214 % y 174 %, respectivamente,

dado que hay otros centros comerciales que con el mismo nivel de *input*, o menos, generan mayor tráfico de personas.

En la figura 2, a continuación, puede observarse el total de unidades estudiadas.

**Figura 2.** Eficiencia de los centros comerciales con orientación al *output*



Fuente: elaboración propia.

## Etapa 2: Súper eficiencia

Desde una orientación al *input* y con CRS, se puede afirmar que no existen *outliers* al no identificar eficiencias superiores a 1,5. Por otro lado, se afirma que el centro comercial más eficiente es Centro Suba, con un coeficiente de 1,4536, seguido por Plaza Imperial, con un coeficiente de 1,4476. En la tabla 7 se puede observar el resultado de todos los centros comerciales analizados.

**Tabla 7.** Súper eficiencia con orientación al *input*

Centro comercial	Eficiencia
Unicentro	0,6034
Santafé	0,4347
Andino	0,8743
Titán Plaza	0,3642
Centro Mayor	0,4640
Plaza de las Américas	1,1204
Gran Estación	0,5507
Bulevar	0,3179
Hayuelos	0,3723
Salitre Plaza	0,5556
Plaza Imperial	1,4476
DiverPlaza	0,6259
Av. Chile	0,5030
Portal de la 80	0,7124
El Retiro	0,5982
Mercurio	1,1753
UniOccidente	0,4249
Centro Suba	1,4536

Fuente: elaboración propia.

## Etapa 3: Índice de Malmquist

Para el análisis temporal de eficiencia, se utilizó el índice de Malmquist con el fin de determinar si los centros comerciales han aumentado su productividad entre los años 2017 y 2019.

Dado el procesamiento, se logra identificar que los centros comerciales que han logrado ser

más productivos en este cambio de periodo son Unioccidente, Gran Estación, Unicentro y Santafé.

Con respecto a Unioccidente, se determina que entre 2017 y 2019 ha logrado aumentar su eficiencia, y a su vez se ha movido la frontera o ha presentado un cambio tecnológico, pero no en la misma proporción, escenario que viene siendo el mismo para los centros comerciales anteriormente mencionados.

Con respecto a Plaza de las Américas y al Mercurio, que para el año 2019 se evidencian como centros comerciales eficientes, presentan una disminución de productividad, resultado de que entre el año 2017 y 2019 no han mejorado su eficiencia y a su vez, para ellos, la frontera o el cambio tecnológico no se ha alejado, sino que se ha acercado, generando así una desmejora en su productividad.

La información completa se presenta en la tabla 8, a continuación:

**Tabla 8.** Índice de Malmquist con orientación al *input*

Centros comerciales	Malmquist index	Technical change	Efficiency change
Unicentro	1,258052113	1,009359695	1,246386316
Santafé	1,231524572	1,047200596	1,176015919
Andino	0,994371792	0,999842383	0,994528546
Titán Plaza	0,810474853	0,945734928	0,856978873
Centro Mayor	1,120937639	0,910334123	1,231347492
Plaza de las Américas	0,984008477	0,984008477	1
Gran Estación	1,298126283	1,036141689	1,252846302
Bulevar	0,55558989	1,052232411	0,528010622
Hayuelos	0,850494218	1,012677814	0,839846797
Salitre Plaza	1,053099766	0,988069658	1,065815307
Plaza Imperial	0,922015854	0,922015854	1
DiverPlaza	0,912045146	1,068963043	0,853205499
Av. Chile	0,698947913	0,998563194	0,699953611
Portal de la 80	1,015040517	1,038472715	0,977435904
El Retiro	0,790404872	0,974265157	0,811283115
Mercurio	0,837000123	0,837000123	1
UniOccidente	1,398010768	1,057923873	1,321466321
Centro Suba	1,176784043	1,176784043	1

Fuente: Elaboración propia.

## Conclusiones

Luego de una revisión de literatura sobre centros comerciales, se identifica que este es uno de los primeros trabajos orientados a su eficiencia a través del método DEA; es común encontrar documentos preocupados por comparar el tráfico de personas en estos espacios, pero los mismos no se habían preguntado sobre la eficiencia a la hora de conseguir un determinado número de visitantes.

Los centros comerciales en la ciudad de Bogotá, Colombia, tienen una gran oportunidad de reducir la inversión en mercadeo y la cuota de administración (una buena noticia en temporada de covid-19) y aun así seguir obteniendo el mismo o mayor tráfico de personas.

De acuerdo con los cálculos realizados, los centros comerciales Plaza de las Américas, Plaza Imperial, Mercurio y Centro Suba tienen la mayor eficiencia con orientación al *input*, lo que significa que, dada la relación entre sus variables de número de parqueaderos, gastos de personal y área comercial, generan mayor tráfico de personas. Así mismo, se hace interesante mencionar que estos centros comerciales están orientados a estratos socioeconómico uno, dos y tres principalmente, dato demográfico que aunque no se incluye entre las variables comparativas para el cálculo de la eficiencia, es importante tenerlo en cuenta dado el objetivo de aumentar el tráfico en los centros comerciales, puesto que la orientación a la base de pirámide favorece la eficiencia.

En cuanto a la eficiencia con orientación al *output*, los centros comerciales Bulevar, Titán Plaza y Hayuelos tienen las mayores posibilidades de incrementar el tráfico de personas, tomando en consideración el nivel de *input* observado en la población de estudio.

Teniendo en cuenta la orientación al *input* con CRS, desde el análisis de la súper eficiencia, los centros comerciales más eficientes son Centro Suba y Plaza Imperial.

Con base en el índice de Malmquist, en el análisis temporal de eficiencia, entre los años 2017 y 2019, los centros comerciales que incrementaron en mayor medida su productividad fueron Unioccidente, Gran Estación, Unicentro y Santafé. Es decir que,

cuando se compara el crecimiento, los esfuerzos de los centros comerciales orientados a estratos socioeconómicos cuatro, cinco y seis son de mayor impacto sobre la eficiencia, evidenciando una planeación y toma de decisiones orientada a maximizar la relación entre *inputs* y *outputs*.

El presente documento permite evidenciar que los centros comerciales deben verificar si realmente vale la pena una inversión en el aumento de la zona comercial para generar la misma o menor productividad, como lo muestra el índice de Malmquist, o de lo contrario, modificar la estrategia con el fin de aprovechar esa inversión realizada.

## Líneas futuras de investigación

Dada la novedad de este tipo de estudio y de los procedimientos en el sector de centros comerciales, se hace interesante continuar con los procesos de medición de eficiencia en otras ciudades capitales y comparar posteriormente un análisis multi-región.

Así mismo, en este marco, se vuelve tentativo ampliar la investigación desde una perspectiva sectorial en torno a los centros comerciales, es decir, se propone realizar un análisis de eficiencia para el sector de comidas (análisis de eficiencia de restaurantes en plazoletas de comidas de centros comerciales) o en locales de ropa distinguidos por especialidad de hombres y mujeres y, por último, evaluar la eficiencia de los locales ubicados en islas en centros comerciales.

## Referencias

- Acecolombia. (2020). *Tercer reporte de la industria de centros comerciales*. [https://acecolombia.org/acecolombia/sites/default/files/3er Reporte del impacto en la industria.pdf](https://acecolombia.org/acecolombia/sites/default/files/3er%20Reporte%20del%20impacto%20en%20la%20industria.pdf)
- Amirteimoori, A., y Khoshandam, L. (2011). A data envelopment analysis approach to supply chain efficiency. *Advances in Decision Sciences*, 2011, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2011/608324>
- An, Q., Chen, H., Wu, J., y Liang, L. (2015). Measuring slacks-based efficiency for commercial banks in China by using a two-stage DEA model with undesirable output. *Annals of Operations Research*, 235(1), 13-35. <https://doi.org/10.1007/s10479-015-1987-1>
- Andersen, P., y Petersen, N. (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis.

- Management Science*, 39, 1261–1264. <https://doi.org/10.1287/mnsc.39.10.1261>
- Anselmsson, J. (2006). Sources of customer satisfaction with shopping malls: a comparative study of different customer segments. *International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, 16(1), 115–138. <https://doi.org/10.1080/09593960500453641>
- Anselmsson, J. (2016). Effects of shopping centre re-investments and improvements on sales and visit growth. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 32, 139–150. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2016.06.009>
- Avkiran, N. K. (2011). Association of DEA super-efficiency estimates with financial ratios: Investigating the case for Chinese banks. *Omega*, 39(3), 323–334. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2010.08.001>
- Banker, R. D., Charnes, A., y Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078–1092. <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- Barros, C. P. (2006). Efficiency measurement among hypermarkets and supermarkets and the identification of the efficiency drivers: A case study. *International Journal of Retail and Distribution Management*, 34(2), 135–154. <https://doi.org/10.1108/09590550610649795>
- Barros, C. P., y Athanassiou, M. (2004). Efficiency in European seaports with DEA: Evidence from Greece and Portugal. *Maritime Economics and Logistics*, 6(2), 122–140. <https://doi.org/10.1057/palgrave.mel.9100099>
- Barros, C. P., y Perrigot, R. (2008). Analysing technical and allocative efficiency in the French grocery retailing industry. *International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, 18(4), 361–380. <https://doi.org/10.1080/09593960802299437>
- Berman, B., y Evans, J. (2004). *Retail Management: A Strategic Approach*. Pearson Education Inc.
- Borgers, A., y Vosters, C. (2011). Assessing preferences for mega shopping centres: a conjoint measurement approach. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 18(4), 322–332. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2011.02.006>
- Boyd, T., Docken, G., y Ruggiero, J. (2016). Outliers in data envelopment analysis. *Journal of Centrum Cathedra*, 9(2), 168–183. <https://doi.org/10.1108/jcc-09-2016-0010>
- Calvo-Porrá, C., y Lévy-Mangín, J. P. (2018). Pull factors of the shopping malls: an empirical study. *International Journal of Retail and Distribution Management*, 46(2), 110–124. <https://doi.org/10.1108/IJRDM-02-2017-0027>
- Caves, D., Christensen, L., y Diewert, W. (1982). The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. *Econometrica*, 50(6), 1393–1414. <https://doi.org/10.2307/1913388>
- Chang, H., Choy, H. L., Cooper, W. W., y Ruefli, T. W. (2009). Using Malmquist Indexes to measure changes in the productivity and efficiency of US accounting firms before and after the Sarbanes-Oxley Act. *Omega*, 37(5), 951–960. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2008.08.004>
- Chapman, L., y Sadd, D. (2014). Events as strategic marketing tools in shopping centers. *Event Management*, 18(3), 357–367. <https://doi.org/10.3727/152599514X13989500765925>
- Charnes, A., Cooper, W. W., y Rodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429–444.
- Contreras, I. (2020). A review of the literature on DEA models under common set of weights. *Journal of Modelling in Management*, 15(4), 1277–1300. <https://doi.org/10.1108/JM2-02-2019-0043>
- Cook, W. D., y Seiford, L. M. (2009). Data envelopment analysis (DEA) - Thirty years on. *European Journal of Operational Research*, 192(1), 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.01.032>
- Cook, W. D., Hababou, M., y Liang, L. (2005). Financial Liberalization and Efficiency in Tunisian Baking Industry: DEA test. *International Journal of Information and Decision Making*, 4(3), 455–475.
- Crawford, M. (1986). The mall and the strip: from building type to urban form. *Urban*, 83, 34–41.
- Damian, D. S., Curto, J. D., y Pinto, J. C. (2011). The impact of anchor stores on the performance of shopping centres: The case of Sonae Sierra. *International Journal of Retail and Distribution Management*, 39(6), 456–475. <https://doi.org/10.1108/09590551111137994>
- Davidovic, M., Uzelac, O., y Zelenovic, V. (2019). Efficiency dynamics of the Croatian banking industry: DEA investigation. *Economic Research-Ekonomska Istrazivanja*, 32(1), 33–49. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2018.1545596>
- De Jorge Moreno, J. (2010). Productivity growth of European retailers: A benchmarking approach. *Journal of Economic Studies*, 37(3), 288–313. <https://doi.org/10.1108/01443581011061285>
- De Mateo, F., Coelli, T., y O'Donnell, C. (2006). Optimal paths and costs of adjustment in dynamic DEA models: With application to Chilean department stores. *Annals of Operations Research*, 145(1), 211–227. <https://doi.org/10.1007/s10479-006-0034-7>
- Dlamini, S. y Cloete, C. (2021). The influence of tenant diversity on the performance of shopping centres. *African*

- Journal of Business and Economic Research*, 16(2), 161–183. <https://doi.org/10.31920/1750-4562/2021/v16n2a8>
- Donthu, N., y Yoo, B. (1998). Retail productivity assessment using data envelopment analysis. *Journal of Retailing*, 74(1), 89–105. [https://doi.org/10.1016/s0022-4359\(99\)80089-x](https://doi.org/10.1016/s0022-4359(99)80089-x)
- Emrouznejad, A., y Yang, G. (2018). A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. *Socio-Economic Planning Sciences*, 61, 4–8. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2017.01.008>
- Färe, R., Grosskopf, S., y Margaritis, D. (2011). Malmquist productivity indexes and DEA. *International Series in Operations Research and Management Science*, 164, 127–149. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8_5)
- Farrell, M. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*. (3), 253–281. <https://doi.org/10.2307/2343100>
- Frasquet, M., Gil, I., y Molla, A. (2001). Shopping-centre selection modeling: a segmentation approach. *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, 11(1), 23–38. <https://doi.org/10.1080/09593960122279>
- Guy, C. (1994). *The Retail Development Process: Location, Property and Planning*. Routledge.
- Halkos, G., Tzeremes, N., y Stavros, K. (2011). The use of Supply Chain DEA Models in Operations Management: A Survey. *MUNICH Personal RePEc Archive*, 31846, 0–33.
- Hänninen, M., y Paavola, L. (2021). Managing transformations in retail agglomerations: Case Itis shopping center. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 59. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2020.102370>
- Holod, D., y Lewis, H. F. (2011). Resolving the deposit dilemma: A new DEA bank efficiency model. *Journal of Banking and Finance*, 35(11), 2801–2810. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2011.03.007>
- Hsiao, J. M., Sung, C. W. y Kralj, D. (2013). The measurement of operating efficiency: A case study of Fong Shan Tourism Plaza. *WSEAS Transactions on Business and Economics*, 7(29), 2836–2844. <https://doi.org/10.5897/ajbm2013.7050>
- Ibrahim, I., Bon, A. T., Nawawi, A. H., Safian, E. E. M., e Ibrahim, I. (2018). Shopping centre classification scheme: A comparison of international case studies. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 2018-March*, 3131–3142. <http://ieomsociety.org/ieom2018/papers/716.pdf>
- Ingene, C. A. (2014). Retail evolution. *Journal of Historical Research in Marketing*, 34(1), 279–299.
- Joseph, E. (2019). Mall performance: Corporate, retail, restaurants and e-commerce effects. *International Journal of Financial Research*, 10(2), 1–15. <https://doi.org/10.5430/ijfr.v10n2p1>
- Kashyap, A. K., y Kumar, A. (2019). Understanding customer perceived mall values: A confirmatory factor analysis approach. *International Journal of Customer Relationship Marketing and Management*, 10(3), 21–34. <https://doi.org/10.4018/IJCRMM.2019070102>
- Ke, Q., y Wang, W. (2016). The factors that determine shopping centre rent in Wuhan, China. *Journal of Property Investment and Finance*, 34(2), 172–185. <https://doi.org/10.1108/JPIF-04-2015-0021>
- Keh, H. T., y Chu, S. (2003). Retail productivity and scale economies at firm level: a DEA approach. *Omega*, 31(2), 75–82. [https://doi.org/10.1016/s0305-0483\(02\)00097-x](https://doi.org/10.1016/s0305-0483(02)00097-x)
- Kunc, J., Reichel, V., y Novotná, M. (2020). Modelling frequency of visits to the shopping centres as a part of consumer's preferences: case study from the Czech Republic. *International Journal of Retail and Distribution Management*, 48(9), 985–1002. <https://doi.org/10.1108/IJRDM-04-2019-0130>
- Makgopa, S. (2016). Determining consumers' reasons for visiting shopping malls. *Innovative Marketing*, 12(2), 22–27. [https://doi.org/10.21511/im.12\(2\).2016.03](https://doi.org/10.21511/im.12(2).2016.03)
- Mall & Retail. (2020). *Estos son los centros comerciales más poderosos: Mapa de los Centros Comerciales 2020 M&R*. Mall & Retail. <https://www.mallyretail.com/actualidad/mall-y-retail-boletin-329-noticia-1>.
- Malmquist, S. (1953). Index Numbers and Indifference Surfaces. *Trabajos de Estadística*, 4(2), 209–242. <https://doi.org/10.1007/bf03006863>
- Noura, A. A., Hosseinzadeh Lotfi, F., Jahanshahloo, G. R., y Fanati, S. (2011). Super-efficiency in DEA by effectiveness of each unit in society. *Applied Mathematics Letters*, 24(5), 623–626. <https://doi.org/10.1016/j.aml.2010.11.025>
- Palevičius, V., Burinskienė, M., Podvezko, V., Paliulis, G. M., Šarkienė, E., y Šaparauskas, J. (2016). Research on the demand for parking lots of shopping centres. *E a M: Ekonomie a Management*, 19(3), 173–194. <https://doi.org/10.15240/tul/001/2016-3-012>
- Parsons, A. G., y Ballantine, P. W. (2004). Market dominance, promotions, and shopping mall group performance. *International Journal of Retail y Distribution Management*, 32(10), 458–463. <https://doi.org/10.1108/09590550410558590>
- Ronghua, Y. U., y Quanyi, Y. E. (2011). Appraisal of China's Urban Underground Shopping Malls Based on Data Envelopment Analysis Model. *International*

- Business and Management*, 3(2), 141–146. <https://doi.org/10.3968/j.ibm.1923842820110302.195>
- Santoso, D. S., Joewono, T. B., y Sunanto, S. (2018). Analysing mall attributes in defining the desire of consumers to stay. *Journal of Facilities Management*, 16(4), 396–412. <https://doi.org/10.1108/JFM-04-2017-0020>
- Savelli, E. (2018). Experience Economy and the Management of Shopping Centers: The Role of Entertainment. En *International Series in Advanced Management Studies* (pp. 25-148). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77550-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77550-0_7)
- Šegota, A. (2008). Evaluating shops efficiency using data envelopment analysis: Categorical approach. *Zbornik Radova Ekonomskog Fakultet Au Rijeci*, 26(2), 325–343. <https://hrcak.srce.hr/30576>
- Soheilirad, S., Govindan, K., Mardani, A., Zavadskas, E. K., Nilashi, M., y Zakuan, N. (2018). Application of data envelopment analysis models in supply chain management: a systematic review and meta-analysis. *Annals of Operations Research*, 271(2), 915–969. <https://doi.org/10.1007/s10479-017-2605-1>
- Suárez-Vega, R., Gutiérrez-Acuna, J. L., y Rodríguez-Díaz, M. (2019). Using a productivity function based method to design a new shopping center. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 51, 176–185. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.06.008>
- Teller, C., Wood, S., y Floh, A. (2016). Adaptive resilience and the competition between retail and service agglomeration formats: an international perspective. *Journal of Marketing Management*, 32(17–18), 1537–1561. <https://doi.org/10.1080/0267257X.2016.1240705>
- Tokosh, J. (2018). You're dead to me, but should you be? Using a retail database to classify American malls by occupancy and sales and an extended analysis of dead and dying malls. *International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, 28(5), 490–515. <https://doi.org/10.1080/09593969.2018.1509801>
- Tsai, S. P. (2010). Shopping mall management and entertainment experience: across-regional investigation. *Services Industry Journal*, 30(3), 321–337. <https://doi.org/10.1080/02642060802123376>
- Vyt, D., y Cliquet, G. (2017). Towards a fairer manager performance measure: a DEA application in the retail industry. *International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, 27(5), 450–467. <https://doi.org/10.1080/09593969.2017.1383293>
- Wang, Y., y Xu, D. (2021). *Research on the Business Model Innovation of Sisyphus Bookstore under background of New Retail* [Proceedings]. 2nd International Conference on E-Commerce and Internet Technology, ECIT. <https://doi.org/10.1109/ECIT52743.2021.00029>
- Warnaby, G., y Medway, D. (2018). Marketplace icons: shopping malls. *Consumption Markets and Culture*, 21(3), 275–282. <https://doi.org/10.1080/10253866.2016.1231749>
- Wilson, P. (1995). Detecting influential observations in data envelopment analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 6(1), 27–45. <https://doi.org/10.1007/bf01073493>
- Xavier, J. M., Moutinho, V. M., y Moreira, A. C. (2015). Efficiency and convergence analysis in a women's clothing retail store chain: Evidence from Portugal. *International Journal of Retail and Distribution Management*, 43(9), 796–814. <https://doi.org/10.1108/IJRDM-06-2014-0077>
- Yu, L. (2006). *A Systematic Approach to Location Selection for Shopping Mall Projects*. [Tesis de doctorado]. The Hong Kong Polytechnic University.
- Yu, W., y Ramanathan, R. (2009). An assessment of operational efficiency of retail firms in China. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 16(2), 109–122. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2008.11.009>