

EFICIENCIA EN LOS PROCESOS LOGÍSTICOS EN LAS EMPRESAS CERTIFICADAS EN BASC MEDELLÍN MEDIANTE ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS

EFFICIENCY IN LOGISTICS PROCESSES IN MEDELLIN BASC CERTIFIED COMPANIES THROUGH DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

Tomás José Fontalvo Herrera¹, Adel Mendoza Mendoza², Delimiro Visbal Cadavid³

¹Doctor en Administración, Magíster en Administración de Empresas. Jefe de Departamento de Organización Industrial de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Cartagena. Colombia, e-mail: tfontalvoh@unicartagena.edu.co;

²Magíster en Ingeniería Industrial, Docente de Planta de la Universidad del Atlántico, Programa de Ingeniería Industrial, e-mail: adelmendoza@mail.uniatlantico.edu.co; ³Magíster en Ingeniería Industrial, Docente de Planta de la Universidad del Magdalena, Programa de Ingeniería Industrial. Director de la Especialización en Logística, e-mail: dvisbal@unimagdalena.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 265-274, Enero-Junio, 2014

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es estimar la eficiencia técnica de las empresas certificadas en BASC, ubicadas en Medellín, durante el 2010, mediante la metodología no paramétrica de Análisis Envolverte de Datos (DEA), utilizando el modelo CCR, orientado a salidas. Como fuente de información, se utilizaron los datos de la Superintendencia de Sociedades; se trabajó como variables de entrada: Subtotal de Inventario, Total Activo Corriente, Propiedad Planta y Equipo y Proveedores y, como variable de salida, los Ingresos Operacionales. De las empresas analizadas en el presente estudio, se observó que 7 de las 60 empresas certificadas en BASC presenta una eficiencia de 100%. La eficiencia promedio del grupo empresarial estudiado fue de 31,85%.

Palabras clave: Eficiencia Técnica, Análisis Envolverte de Datos, Modelo CCR.

SUMMARY

The aim of this research is to estimate the technical efficiency of firms certified in BASC located in Medellin in 2010, using the methodology no parametric Data Envelopment Analysis (DEA) using the output-oriented CCR model. As a source of information we used data from the Superintendence of Companies, is worked as input variables: Subtotal of inventory, Total Current Assets Property, Plant and Equipment and Suppliers, and as output variable: Operating Income. Of the companies analyzed in this study found that 7 of the 60

companies certified in BASC have an efficiency of 100%. The average efficiency of the business group studied was 31.85%

Key words: Technical Efficiency, Data Envelopment Analysis, CCR model.

INTRODUCCIÓN

La metodología del Análisis Envolverte de Datos fue desarrollada por Charnes, Cooper y Rhodes, con base en los conceptos planteados por Farrel, en 1957 (Charnes *et al.* 1978), la cual, es una técnica que utiliza la programación lineal, con el propósito de comparar unidades de producción que emplean el mismo grupo de recursos para producir el mismo grupo de productos, creando una frontera eficiente e indicadores relativos de eficiencia, dentro de la población de unidades de producción bajo estudios. El Análisis Envolverte de Datos (DEA) tiene como objetivo encontrar las unidades de producción, denominadas DMU (Decision Making Unit), que producen los niveles más altos de Outputs, mediante el uso de los niveles más bajos de Inputs. Por lo cual, maximiza la relación de los Outputs ponderados y los Inputs ponderadas para cada DMU en consideración, además, la maximización de este objetivo está sujeta a la restricción de que la misma proporción para todas las DMU debe ser menor o igual a 1. Una DMU alcanza una eficiencia del 100%, sólo si ninguna de sus entradas o salidas se pueden mejorar sin empeorar algunas de sus otras entradas o salidas. La metodología DEA permite desarrollar procesos de medición en organizaciones y procesos, pues posibilita el manejo de diversas entradas y

salidas (Wong & Wong, 2007). Los modelos básicos del Análisis Envolvente de Datos son el CCR (Charnes *et al.* 1978) y el BCC (Banker *et al.* 1984).

El Modelo DEA-CCR.

Si $Y_o = (y_{1o}, y_{2o}, y_{3o}, \dots, y_{so})$ y $X_o = (x_{1o}, x_{2o}, x_{3o}, \dots, x_{mo})$ representa, respectivamente, las cantidades de salidas (productos) y entradas (recursos) de la DMU₀, la unidad productiva que está siendo evaluada, la medida escalar de la eficiencia de la DMU₀ puede ser obtenida como la solución óptima del siguiente modelo conceptual.

$$\begin{aligned}
 \text{Max } \theta &= \frac{\sum_{r=1}^s u_{ro} y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_{io} x_{io}} \\
 \text{Sujeto a} \\
 \frac{\sum_{r=1}^s u_{rj} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij}} &\leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \\
 u_{rj}, v_{ij} &\geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

En donde, u_{ro} y v_{io} es el conjunto de los pesos más favorables para la DMU₀ en el sentido de maximizar la razón anterior. Se asume que los datos son no negativos y que cada DMU tiene, al menos, un valor positivo, tanto en las entradas como en las salidas.

El modelo BCC. El modelo BCC difiere del modelo CCR, sólo por la adición de la restricción $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$, la cual, junto con la restricción $\lambda_j \geq 0$, para toda j , imponen una condición de convexidad al conjunto de producción posible.

La técnica Análisis Envolvente de Datos permite calcular el desempeño de la eficiencia de múltiples unidades productivas (Nijkamp *et al.* 2009). Dentro de las aplicaciones realizadas con esta técnica, se puede referenciar la evaluación de eficiencia en bancos (Primorac & Troskot, 2005; Pastor *et al.* 2006; Pasiouras, 2008; Tortosa-Ausina *et al.* 2008), en la evaluación de riesgos crediticios (Paradi *et al.* 2004; Psillaki *et al.* 2010), en la evaluación de alternativas de diseño de instalaciones (Toloo & Nalchigar, 2009) y en la asignación de recursos (Hadi-Vencheh *et al.* 2008).

En la aplicación de la técnica DEA, se requiere que las unidades productivas, objeto de estudio seleccionadas, cumplan las siguientes condiciones: ser homogéneas para que se puedan comparar y heterogéneas para captar datos e información que haga posible la constatación de las unidades productivas; deben gestionar recursos asociados a las variables de entrada y de salida y ser suficientes para no limitar la capacidad discriminatoria del análisis (Pino *et al.* 2010).

Coll & Blasco (2007) utilizan la técnica y afirman que el modelo DEA-CCR tiene como intencionalidad optimizar los pesos, que permitan maximizar la eficiencia relativa de una unidad productiva evaluada. Perdomo & Mendieta (2007), dentro de sus estudios utilizan el Análisis Envolvente de Datos para analizar la relación del nivel producido, el uso óptimo de los recursos utilizados para el desarrollo de la producción y los precios acordados con lo anterior. Otros autores evaluaron la utilidad del Análisis Envolvente de Datos como método para la determinación de objetivos de gestión con respecto a los insumos requeridos y los resultados alcanzados (García & González, 2005).

Quintanilha & Correia (2012) utilizaron la metodología en un grupo de empresas de aviación en Brasil y calcularon su eficiencia comparando sus resultados y desempeños con el modelo de Análisis Envolvente de Datos (DEA). Esta metodología permite analizar cómo los procesos productivos pueden tener mejores resultados cuando se utilizan iguales recursos; lo anterior, teniendo en cuenta que las organizaciones deben mejorar su productividad y su competitividad para generar preferencia y posicionarse en el contexto donde ofrecen sus productos y servicios (Belmonte & Plaza, 2008).

El cálculo de la eficiencia es importante para la toma de decisiones así como para asignar responsabilidades, pues facilita determinar las intencionalidades de la organización y los insumos requeridos para lograrla (Martín *et al.* 2007). Para poder alcanzar la competitividad, las organizaciones no solamente tienen que poder producir y entregar productos y servicios de forma segura y oportuna, sino deben optimizar los procesos logísticos que garanticen lo anterior. En este sentido, se puede lograr mejores niveles de eficiencia y productividad, que le permitan a las organizaciones competir y lograr la sostenibilidad en el mercado a mediano y largo plazo. Para conseguir lo anterior, es necesario que las empresas utilicen criterios de racionalidad económica, que permita que los procesos de producción alcancen mejores niveles de eficiencia, estudiando, para éstos, la relación de las variables de entrada y de salida y su impacto en las empresas.

Por otro lado, las condiciones de la economía mundial actual y el libre comercio entre grupos económicos y países, implica una nueva concepción de los procesos logísticos para lograr las importaciones y las exportaciones entre estos grupos y países, para lo cual, es necesario mejorar los niveles de seguridad, productividad y eficiencia de las empresas. Estas condiciones económicas requieren el posicionamiento y la ampliación de sus mercados para sostenerse en los contextos donde intervienen. Lo anterior, requiere la optimización de los costos productivos, que permitan mejorar los márgenes de contribución y, de esta forma, se refleje en los estados de resultados de las compañías.

Los Tratados de Libre Comercio (TLC) implican un conjunto de retos para la implementación de los procesos logísticos, que garantice la entrega de productos o servicios de forma segura (Mejía & Castro, 2007). Por lo anterior, se requiere el diseño e implementación de normas, como el estándar BASC, que contribuya el mejoramiento de los procesos, su legalidad y la seguridad al interior de las organizaciones y, de esta forma, optimizar la cadena de suministro en las operaciones comerciales entre países. Por estas nuevas condiciones que la internacionalización de la economía requiere, la Coalición Empresarial Anti Contrabando (BASC, por sus siglas en inglés), nace para dar respuestas a temas de gestión de control y seguridad. Según Hernández (2004), el diseño, la implementación y la certificación de este estándar logístico internacional facilita la entregar de productos de forma legal, oportuna, segura y garantiza las transacciones comerciales de forma ágil.

Considerando los planteamientos presentados, en este trabajo de investigación se da respuesta a los siguientes interrogantes: ¿Cómo calcular la eficiencia de las empresas de Medellín certificadas con BASC?, ¿cuál de las empresas certificadas en BASC, en la ciudad de Medellín, tienen mejor desempeño en su eficiencia?, ¿cómo incide el proceso de certificación de las empresas de Medellín certificadas el 2010 en BASC en el mejoramiento de los niveles de eficiencia de éstas?

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta es una investigación en donde se utiliza un análisis cualitativo, descriptivo, propositivo y cuantitativo, soportada en el Análisis Envolvente de Datos (DEA), mediante el modelo CCR orientado a salidas (CCR - O). Se utiliza el modelo CCR y no el modelo BCC, ya que mediante el primero, una empresa puede ser comparada con otras sustancialmente más grandes o más pequeñas, mientras que con el modelo BCC una empresa es comparada con otras lo más similares posibles a su tamaño (Quindos *et al.* 2003).

Como fuente de información, se utilizaron los estados financieros disponibles en la Superintendencia de Sociedades del 2010, de donde se tomaron los diferentes rubros financieros de las organizaciones, consideradas en el estudio. Inicialmente, se realizó la selección de variables teniendo en cuenta que con estas variables se pueda obtener una buena discriminación entre las unidades eficientes e ineficientes, de acuerdo a la correlación que exista entre las variables seleccionadas. De los estados financieros de las empresas estudiadas, se seleccionaron los indicadores para aplicar la metodología. En particular, se trabajó como variables de entrada Subtotal Inventarios, Activo Corriente, Propiedades Planta y Equipos y Proveedores; como variables de salida, los Ingresos Operacionales. Los valores de estas variables se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Magnitud de las variables de entradas y salidas de las empresas certificadas en BASC Medellín, 2010.

Empresa	(I) Subtotal Inventarios	(I) Total Activo Corriente	(I) Propiedades Planta y Equipo	(I) Proveedores	(O) Ingresos Operacionales
Empresa 1	88.839.865	200.743.506	59.732.978	59.473.205	341.709.905
Empresa 2	1.394.487	8.597.527	1.925.104	1.869.386	18.266.276
Empresa 3	4.998.004	25.786.531	610.259	5.652.512	46.578.961
Empresa 4	11.975.188	29.260.702	36.232.085	421.711	91.810.613
Empresa 5	0	480.635	9.692	0	118.685
Empresa 6	15.643.123	22.443.190	15.449.671	15.737.640	88.441.048
Empresa 7	265.601	2.183.782	428.609	699.446	10.611.064
Empresa 8	6.019.889	14.730.889	15.907.911	1.598.589	39.482.714
Empresa 9	0	875.831	3.251.208	0	5.367.191
Empresa 10	6.587.127	32.748.006	2.831.031	2.930.564	24.675.571
Empresa 11	281.684	2.655.524	989.679	577.585	7.549.278
Empresa 12	1.571.837	3.474.093	826.253	10.618	3.032.529
Empresa 13	9.697.962	36.651.101	3.400.022	15.976.341	122.225.414
Empresa 14	2.705.445	8.711.090	3.575.333	3.604.788	21.609.208
Empresa 15	0	578.772	439.066	38.581	1.987.395
Empresa 16	2.172.759	4.425.079	1.650.190	101.646	4.974.358
Empresa 17	634.957	10.242.237	7.429.097	227.736	16.013.598

Continuación Tabla 1.

Empresa 18	0	8.639.238	2.408.744	3.459.340	10.416.326
Empresa 19	53.192.307	163.103.191	80.368.822	30.435.235	581.088.456
Empresa 20	0	2.520.170	37.196	1.264.699	15.058.541
Empresa 21	108.728.051	235.903.562	155.430.632	51.407.356	736.054.790
Empresa 22	0	12.356.955	74.301	0	9.811.825
Empresa 23	10.579	13.443.901	2.344.790	1.083.250	9.213.515
Empresa 24	0	4.983.203	487.094	209.053	14.285.184
Empresa 25	86.877.698	372.788.779	112.062.561	162.770.405	804.096.973
Empresa 26	36.169.260	72.272.463	25.857.561	5.579.864	149.928.419
Empresa 27	119.174.260	192.381.456	83.611.538	25.384.243	350.507.206
Empresa 28	14.496.598	49.007.941	14.055.343	6.707.789	103.635.336
Empresa 29	28.194.801	54.555.876	5.918.767	5.905.822	81.728.258
Empresa 30	8.070.765	11.746.756	523.670	698.420	16.197.441
Empresa 31	81.589.662	409.128.847	242.429.735	39.670.615	660.542.186
Empresa 32	31.137.450	214.298.660	27.160.558	10.656.879	261.372.350
Empresa 33	7.776.389	23.299.777	1.782.490	5.932.161	29.968.699
Empresa 34	7.235.865	23.944.481	13.932.059	2.268.763	42.812.028
Empresa 35	7.979.041	40.216.821	9.270.989	9.697.495	64.897.119
Empresa 36	32.152.927	73.049.624	28.916.754	7.543.822	182.574.248
Empresa 37	35.610.864	113.754.573	63.986.264	8.817.617	154.522.410
Empresa 38	9.047.104	39.307.837	820.824	3.715.962	581.610.133
Empresa 39	0	10.587.507	132.781	757.510	10.975.453
Empresa 40	51.512.170	197.327.960	69.738.512	30.457.867	299.636.760
Empresa 41	100.167.249	220.171.063	97.459.912	14.332.425	611.887.149
Empresa 42	0	879.831	118.605	7.659	1.812.813
Empresa 43	17.683.991	85.282.305	18.198.356	7.268.804	135.074.802
Empresa 44	20.094.818	48.002.529	41.870.724	18.315.903	73.742.775
Empresa 45	33.411.798	68.088.283	16.749.807	6.610.073	114.556.910
Empresa 46	2.351.155	10.984.459	1.559.174	1.113.454	28.688.785
Empresa 47	10.490.936	21.327.567	6.396.365	1.213.358	27.536.143
Empresa 48	2.093.526	2.666.353	1.342.704	1.573.679	12.594.646
Empresa 49	3.523.051	7.676.009	1.704.447	744.035	19.301.380
Empresa 50	1.422.961	2.333.383	346.532	1.018.287	11.293.059
Empresa 51	0	4.908.617	316.542	1.127.800	4.166.828
Empresa 52	0	5.249.291	255.149	0	6.027.962
Empresa 53	5.517.425	19.666.661	2.432.607	7.339.146	45.591.396
Empresa 54	15.769.201	51.327.191	3.338.452	14.860.752	118.815.846
Empresa 55	23.374.827	76.208.838	42.028.476	17.171.084	144.454.590
Empresa 56	2.403.316	6.076.448	1.140.798	3.135.043	16.764.102
Empresa 57	606.734	1.502.399	221.371	20.688	3.107.659
Empresa 58	0	2.233.069	440.386	46.494	2.078.703
Empresa 59	961.889	4.088.426	513.134	632.130	10.782.715
Empresa 60	892.701	7.749.270	357.372	1.636.461	11.654.500

Fuente: Tomada de la Superintendencia de Sociedades, 2010.

Es importante tener en cuenta que si el número de DMU a evaluar es menor que el número combinado de entradas y de salidas, una gran parte de DMU será consideradas eficientes y el resultado será cuestionable, debido a un número insuficiente de grados de libertad. Una regla básica para que un modelo de Análisis Envolvente de Datos discrimine correctamente entre unidades eficientes y no eficientes es que n (Número de DMU) sea igual o mayor que el máximo entre $m \times s$ o $3x(m+s)$, donde m es el número de variables de entrada y s el número de variables de salida (Cooper *et al.* 2006). Esta regla se cumple en el presente estudio. Para el cálculo de las eficiencias con el modelo CCR-O, se utilizó el software DEA Solver PRO 09, con el cual, se pudo realizar el análisis de los diferentes niveles de eficiencia del grupo de empresas objeto de la investigación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación hacen referencia a: 1) El estudio de la correlación entre las variables de la investigación; 2) Los puntajes de eficiencia de las empresas certificadas con BASC en la ciudad de Medellín; 3) La clasificación de las diferentes organizaciones por tipos de eficiencia y, 4) La proyección de la variable de salida (Ingresos Operacionales) sobre la frontera eficiente. Está muestra el nivel de ingresos operacionales necesario para que una empresa ineficiente logre ser eficiente. Para, finalmente, analizar la relación existente entre la eficiencia organizacional del sector y la estandarización con la norma BASC.

A continuación, se presenta en la tabla 2, la correlación entre las variables del estudio utilizadas para analizar la eficiencia técnica las empresas. Se observa que existe una alta correlación entre las variables internas de las organizaciones con la generación de los ingresos operacionales. Lo anterior es coherente con el hecho que los procesos de estandarización

BASC tienen como intencionalidad generar eficiencia y eficacia, lo cual, requiere una serie de condiciones internas y de disponibilidad de activo corriente, propiedad planta y equipo y recursos disponibles para mejorar los procesos logísticos de las organizaciones donde se implemente.

Luego de evaluar la eficiencia de las 60 empresas certificadas con BASC en Medellín, obtenemos los puntajes de eficiencia CCR-O, que se muestran en la tabla 3. En el modelo CCR, una DMU es eficiente si el puntaje de eficiencia es igual a uno ($\theta = 1$) y no posee holguras (la holgura en todas las variables es igual a cero (0)); en nuestro caso de estudio, las empresas cuyo puntaje de eficiencia es uno (1), no presentan holguras en sus variables, por lo tanto, es suficiente observar que el puntaje de eficiencia sea igual a uno ($\theta = 1$), para identificarla como eficiente. Los resultados indican que 7 de 60 empresas son eficientes, que corresponde al 11,67% del total de las empresas evaluadas. Debido a que en la evaluación de la eficiencia hemos utilizado un enfoque a salidas, se debe prestar especial interés al inverso del score de eficiencia (1/Score), presentado en la tabla 3, para las empresas que presentan ineficiencia, es decir, con $1/\text{Score} > 1$, lo que indica el factor, por el cual, se debe multiplicar las variables de salida para alcanzar la eficiencia, de esta manera, para que la Empresa 1 alcance la eficiencia debe multiplicar la magnitud de sus ingresos operacionales 8,692 veces; el resultado se conoce como la proyección en la frontera eficiente. El análisis de la tabla 3 permite aseverar que del grupo de empresas consideradas en este estudio, la empresa 10 presenta el peor desempeño, ya que para alcanzar la eficiencia debe multiplicar sus ingresos operacionales 17,73 veces (incremento en 16,73 veces), seguida de la empresa 33, que requiere un incremento de 10,5 veces en sus ingresos operacionales y por la empresa 29, que debe aumentar 9,877 veces sus ingresos operacionales.

Tabla 2. Correlación entre las variables.

	Subtotal Inventarios	Total Activo Corriente	Propiedades Planta y Equipo	Proveedores	Ingresos Operacionales
Subtotal Inventarios	1				
Total Activo Corriente	0,88	1			
Propiedades Planta y Equipo	0,84	0,91	1		
Proveedores	0,67	0,78	0,62	1	
Ingresos Operacionales	0,85	0,89	0,83	0,74	1

Fuente: Calculado por los autores.

Tabla 3. Puntajes de eficiencia modelo CCR – O.

No.	DMU	Score	1/Score	No.	DMU	Score	1/Score
1	Empresa 1	0,115	8,692	31	Empresa 31	0,118	8,448
2	Empresa 2	0,174	5,742	32	Empresa 32	0,144	6,931
3	Empresa 3	0,135	7,420	33	Empresa 33	0,087	11,504
4	Empresa 4	0,647	1,546	34	Empresa 34	0,121	8,275
5	Empresa 5	0,271	3,692	35	Empresa 35	0,119	8,420
6	Empresa 6	0,266	3,755	36	Empresa 36	0,169	5,920
7	Empresa 7	0,457	2,191	37	Empresa 37	0,104	9,621
8	Empresa 8	0,181	5,520	38	Empresa 38	1,000	1,000
9	Empresa 9	1,000	1,000	39	Empresa 39	0,637	1,570
10	Empresa 10	0,056	17,728	40	Empresa 40	0,103	9,744
11	Empresa 11	0,292	3,419	41	Empresa 41	0,250	3,997
12	Empresa 12	0,472	2,117	42	Empresa 42	1,000	1,000
13	Empresa 13	0,225	4,437	43	Empresa 43	0,116	8,655
14	Empresa 14	0,168	5,965	44	Empresa 44	0,104	9,632
15	Empresa 15	0,931	1,074	45	Empresa 45	0,114	8,794
16	Empresa 16	0,229	4,372	46	Empresa 46	0,185	5,417
17	Empresa 17	0,296	3,382	47	Empresa 47	0,133	7,533
18	Empresa 18	0,218	4,588	48	Empresa 48	0,319	3,132
19	Empresa 19	0,241	4,153	49	Empresa 49	0,170	5,884
20	Empresa 20	1,000	1,000	50	Empresa 50	0,327	3,057
21	Empresa 21	0,211	4,742	51	Empresa 51	0,205	4,873
22	Empresa 22	1,000	1,000	52	Empresa 52	1,000	1,000
23	Empresa 23	0,211	4,742	53	Empresa 53	0,157	6,383
24	Empresa 24	1,000	1,000	54	Empresa 54	0,156	6,392
25	Empresa 25	0,146	6,860	55	Empresa 55	0,128	7,806
26	Empresa 26	0,163	6,144	56	Empresa 56	0,186	5,363
27	Empresa 27	0,123	8,121	57	Empresa 57	0,631	1,584
28	Empresa 28	0,143	6,997	58	Empresa 58	0,381	2,627
29	Empresa 29	0,101	9,877	59	Empresa 59	0,178	5,610
30	Empresa 30	0,141	7,071	60	Empresa 60	0,153	6,527

Fuente: Elaboración de los autores con Información de la Superintendencia de Sociedades, 2010.

A los resultados de eficiencia del modelo utilizado, se les realizó una clasificación en:

- Empresas eficientes ($\theta = 1$)
- Empresas con eficiencia alta ($0,80 \leq \theta < 1$)
- Empresas con eficiencia media ($0,60 \leq \theta < 0,80$)
- Empresas con eficiencia baja ($\theta < 0,60$)

La tabla 4 muestra la clasificación de las 60 empresas consideradas en el estudio, según su grado de eficiencia. También muestra que sólo el 11,67% de las empresas consideradas en el estudio son eficientes, es decir, dado los recursos que poseen obtienen los mejores resultados en su ingreso operacional; el 1,67% de las empresas presenta un desempeño alto; 5% una eficiencia media y alrededor del 82% de las empresas con Certificación BASC en la ciudad de Medellín, presentan un índice de eficiencia bajo.

Tabla 4. Clasificación de las Empresas según su grado de eficiencia.

Empresas eficientes	Empresas con eficiencia alta	Empresas con eficiencia media	Empresas con eficiencia baja		
Empresa 9	Empresa 15	Empresa 4	Empresa 1	Empresa 23	Empresa 43
Empresa 20		Empresa 39	Empresa 2	Empresa 25	Empresa 44
Empresa 22		Empresa 57	Empresa 3	Empresa 26	Empresa 45
Empresa 24			Empresa 5	Empresa 27	Empresa 46
Empresa 38			Empresa 6	Empresa 28	Empresa 47
Empresa 42			Empresa 7	Empresa 29	Empresa 48
Empresa 52			Empresa 8	Empresa 30	Empresa 49
			Empresa 10	Empresa 31	Empresa 50
			Empresa 11	Empresa 32	Empresa 51
			Empresa 12	Empresa 33	Empresa 53
			Empresa 13	Empresa 34	Empresa 54
			Empresa 14	Empresa 35	Empresa 55
			Empresa 16	Empresa 36	Empresa 56
			Empresa 17	Empresa 37	Empresa 58
			Empresa 18	Empresa 40	Empresa 59
			Empresa 19	Empresa 41	Empresa 60
			Empresa 21		

Fuente: Elaboración de los autores.

También, se realizó un análisis del conjunto de referencia (Figura 1), que muestra las empresas eficientes y el número de empresas ineficientes a las que sirve como par evaluador, convirtiéndose, de esta manera, en referente y, por ende, en candidata para realizar un estudio de benchmarking. Se observa que la empresa 38 aparece 47 veces como par evaluador de otras organizaciones, por lo que se constituye en referente del 88,68% de las empresas ineficientes y en una unidad productiva que posee un desempeño a imitar. Le siguen las empresas 9 y 20, que son referentes de 26 y 13 unidades organizaciones ineficientes, respectivamente.

Para cada empresa ineficiente, DEA sugiere la combinación de entradas y de salidas necesarias para alcanzar la eficiencia (proyecciones de la DMU ineficiente sobre la frontera eficiente); en el caso de las variables de salida, para que una DMU sea eficiente debe mejorar (aumentar) la magnitud de éstas hasta alcanzar dicha proyección.

La tabla 5 muestra la proyección de la variable de salida para cada empresa ineficiente y la magnitud del ingreso operacional requerido para que una DMU ineficiente alcance la efi-

ciencia. Se considera únicamente la variable de salida, dado que se utilizó el modelo CCR-O y propende por determinar cuáles serían las salidas para que una DMU sea eficiente. Al multiplicar los ingresos operacionales de la tabla 1 con el inverso del score ($1/\text{Score}$) de la tabla 3, se obtiene su proyección sobre la frontera eficiente, mostrada en la tabla 5.

Al analizar los resultados, se puede aseverar que la eficiencia promedio de las organizaciones certificadas en BASC Medellín-Colombia es del 31,85%, el cual, es bastante bajo y solamente 9 de las 53 unidades ineficientes (16,98%) presentan eficiencia relativa por encima del promedio; por otro lado, la mediana de la eficiencia está en 18,30%, un valor mucho menor que la media, indicando que 50% de las empresas estudiadas presentan eficiencia menor o igual a este valor y que la distribución de la eficiencia indica un sesgo positivo; en este sentido, se puede considerar que las empresas eficientes se comportan como atípicas, dada la distribución de la eficiencia.

Si bien un grupo de siete empresas certificadas en BASC presentó eficiencia, el grupo en general no mostró los mis-

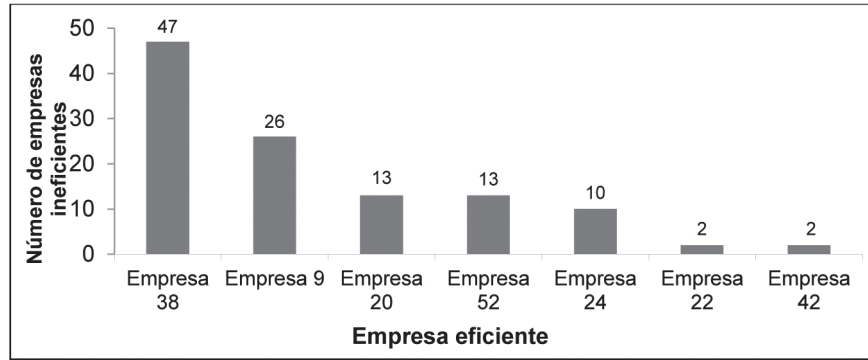


Figura 1. Número de veces que una empresa eficiente es par evaluador de las ineficientes.

Tabla 5. Proyección de los ingresos operacionales sobre la frontera eficiente para que una empresa ineficiente alcance la eficiencia.

No.	Empresa	Eficiencia	Proyección en los Ingresos Operacionales	No.	Empresa	Eficiencia	Proyección en los Ingresos Operacionales
1	Empresa 1	0,115	2.970.259.015	32	Empresa 32	0,144	1.811.623.692
2	Empresa 2	0,174	104.889.694	33	Empresa 33	0,087	344.750.244
3	Empresa 3	0,135	345.636.462	34	Empresa 34	0,121	354.289.471
4	Empresa 4	0,647	141.967.839	35	Empresa 35	0,119	546.457.194
5	Empresa 5	0,271	438.221	36	Empresa 36	0,169	1.080.863.379
6	Empresa 6	0,266	332.075.935	37	Empresa 37	0,104	1.486.598.016
7	Empresa 7	0,457	23.244.027	39	Empresa 39	0,637	17.235.165
8	Empresa 8	0,181	217.962.497	40	Empresa 40	0,103	2.919.721.608
10	Empresa 10	0,056	437.458.186	41	Empresa 41	0,250	2.445.637.633
11	Empresa 11	0,292	25.810.157	43	Empresa 43	0,116	1.169.038.936
12	Empresa 12	0,472	6.420.160	44	Empresa 44	0,104	710.259.312
13	Empresa 13	0,225	542.300.298	45	Empresa 45	0,114	1.007.453.942
14	Empresa 14	0,168	128.891.809	46	Empresa 46	0,185	155.403.373
15	Empresa 15	0,931	2.134.286	47	Empresa 47	0,133	207.432.150
16	Empresa 16	0,229	21.747.295	48	Empresa 48	0,319	39.452.131
17	Empresa 17	0,296	54.151.993	49	Empresa 49	0,170	113.576.451
18	Empresa 18	0,218	47.786.057	50	Empresa 50	0,327	34.525.410
19	Empresa 19	0,241	2.413.322.020	51	Empresa 51	0,205	20.305.809
21	Empresa 21	0,211	3.490.497.380	53	Empresa 53	0,157	290.993.608
23	Empresa 23	0,211	43.689.254	54	Empresa 54	0,156	759.451.974
25	Empresa 25	0,146	5.515.890.669	55	Empresa 55	0,128	1.127.608.024
26	Empresa 26	0,163	921.152.238	56	Empresa 56	0,186	89.908.883
27	Empresa 27	0,123	2.846.531.703	57	Empresa 57	0,631	4.921.867
28	Empresa 28	0,143	725.135.679	58	Empresa 58	0,381	5.460.452
29	Empresa 29	0,101	807.224.531	59	Empresa 59	0,178	60.493.534
30	Empresa 30	0,141	114.533.898	60	Empresa 60	0,153	76.066.624
31	Empresa 31	0,118	5.579.974.665				

Fuente: Elaboración de los autores con información de la Superintendencia.

mos resultados, por lo que podemos afirmar que la certificación BASC no afecta de forma significativa el incremento en la eficiencia, cuando se analiza con las variables de entrada consideradas para esta investigación, como son: el total de inventarios, los activos corriente, propiedad planta y equipo y el rubro proveedores.

Conflicto de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses, que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

BIBLIOGRAFÍA

1. BANKER, R.; CHARNES, A.; COOPER, W. 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Manag. Sci.* 30(9):1078-1092.
2. BELMONTE, L.; PLAZA, J. 2008. Análisis de la eficiencia en las cooperativas de crédito en España. Una propuesta metodológica basada en el análisis envolvente de datos (DEA). *Ciriec-España.* 63:113-133.
3. CHARNES, A.; COOPER, W.; RHODES, E. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. *Eur. J. Operat. Res.* 2(6):429-444.
4. COLL, V.; BLASCO, O. 2007. Evaluación de la Eficiencia de la Industria Textil Española a Partir de Información Económico-Financiera: Una Aplicación del Análisis Envolvente de Datos. *Rev. Invest. Opera.* 28(1):61-91.
5. COOPER, W.; SEIFORD, L.; TONE, K. 2006. *Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses.* Springer Science Business Media, Inc. (New York, NY). p.105-106.
6. GARCÍA, J.; GONZÁLEZ, E. 2005. Aplicación y Utilidad del Análisis Envolvente de Datos en la medida de la eficiencia de los equipos de atención primaria de Austria. Disponible desde Internet en: <http://www.fgcasal.org/aes/docs/VicenteGarciaComunicacion-JornadasAES1.pdf> (con acceso el 05/03/13).
7. HADI-VENCHEH, A.; ASGHAR, A.; SOLEIMANI-DAMANEH, M. 2008. A DEA model for resource allocation. *Econ. Modelling.* 25(5):983-993.
8. HERNÁNDEZ, M. 2004. Importancia del BASC en el Comercio Exterior. *Memorias Asamblea Asociación Latinoamericana de Logística.* Montevideo, Uruguay. p.2-6.
9. MARTÍN, N.; HERNAGÓMEZ, J.; MARTÍN, V. 2007. El deleite de la eficiencia. Disponible desde Internet en: <http://ubr.universia.net/pdfs/ubr0022007056.pdf> (con acceso el 04/18/13).
10. MEJÍA, G.; CASTRO, E. 2007. Optimización del proceso logístico en una empresa colombiana de alimentos congelados y refrigerantes. *Rev.Ing.* 26:47-54.
11. NIJKAMP, P.; SUZUKI, P. 2009. A Generalized Goals-achievement Model in Data Envelopment Analysis: an Application to Efficiency Improvement in Local Government Finance in Japan. *Spatial Econ. Anal.* 4(3):249-274.
12. PARADI, J.; ASMILD, M.; SIMAK, P. 2004. Using DEA and Worst Practice DEA in Credit Risk Evaluation. *J. Product. Anal.* 21(2):153-165.
13. PASIOURAS, F. 2008. Estimating the technical and scale efficiency of Greek commercial banks: The impact of credit risk, off-balance sheet activities, and international operations. *Res. Int. Business Finance.* 22(1):301-308.
14. PASTOR, J.; LOVELL, C; TULKENS, H. 2006. Evaluating the financial performance of bank branches. *Ann. Operat. Res.* 145(1):321-337.
15. PERDOMO, A; MENDIETA, J. 2007. Factores que afectan la eficiencia técnica y asignativa en el sector cafetero colombiano: Una aplicación con análisis envolvente de datos. *Desarrollo y Sociedad.* 10(2):1-45.
16. PINO, J.; SOLÍS, F.; DELGADO, M.; BAREA, R. 2010. Evaluación de la eficiencia de grupos de investigación mediante el Análisis Envolvente de Datos (DEA). *Prof. Inform.* 19(2):160-167.
17. PRIMORAC, M.; TROSKOT, Z. 2005. Measuring the efficiency and productivity of the Croatian banks with Malmquist's index of change of total factor productivity. *Financial Theory and Practice.* 29(4):309-325.
18. PSILLAKI, M.; TSOLAS, I.; MARGARITI, D. 2010. Evaluation of credit risk based on firm performance. *Eur. J. Operat. Res.* 201(3):873-881.
19. QUIINDOS, M.; RÚBIERA, F.; VICENTE, M. 2003. Análisis de la eficiencia en el sector de los servicios avanzados a las empresas: una aplicación para el caso del principado de Asturias, Depto. De Economía Aplicada, Universidad de Oviedo. Disponible desde in-

- ternet en: <http://www.uv.es/asepuma/XI/21.pdf> (con acceso el 12/08/2013).
20. QUINTANILHA, J.; CORREIA, J. 2012. Evaluación de la eficiencia de las compañías aéreas brasileñas a través de un modelo híbrido de análisis envolvente de datos (DEA) y programación lineal multi objetivo. *Ingeniare. Rev. chilena Ing.* 20(3):331-342.
21. TOLOO, M.; NALCHIGAR, S. 2009. A new integrated DEA model for finding most BCC-efficient DMU. *Appl. Math. Mod.* 33(1):597-604.
22. TORTOSA-AUSINA, E.; GRIFELL-TATJE, E.; ARMERO, C.; CONESA, D. 2008. Sensitivity analysis of efficiency and Malmquist productivity indices: An application to Spanish savings banks. *Eur. J. Opera. Res.* 184(3):1062-1084.
23. WONG, W.; WONG, K. 2007. Supply chain performance measurement system using DEA modeling. *Indust. Manag. Data Syst.* 107(3):361-381.
- Recibido: Junio 19 de 2013
Aceptado: Noviembre 15 de 2013

Como citar:

Fontalvo Herrera, T.J.; Mendoza Mendoza, A.; Visbal Cadavid, D. 2014. Eficiencia en los procesos logísticos en las empresas certificadas en BASC Medellín mediante análisis envolvente de datos. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 17(1): 265-274.