



"Contribuciones a la Economía"
es una revista académica mensual
con el Número Internacional Normalizado
de Publicaciones Seriadas ISSN 1698-8360

La medición de la eficiencia técnica mediante el Análisis Envolvente de Datos

Autora: Grisel Y. Barrios Castillo

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas

gbarrios@fce.uclv.edu.cu

Resumen

El presente trabajo tiene como finalidad analizar las diferentes acepciones relacionadas con el concepto de eficiencia y profundizar en los paradigmas teóricos que han permitido desarrollar gran diversidad de métodos para la medición de la eficiencia técnica relativa. Se profundiza en una de las metodologías más empleadas en los últimos años para la medición de la eficiencia: el Análisis Envolvente de Datos y se detallan algunos modelos básicos que demuestran el avance de una teoría que hoy constituye un reto para académicos porque como toda técnica cuantitativa presenta desventajas que son necesarias minimizar en la búsqueda de un instrumental que permita ayudar a resolver las diferencias entre el estado de cosas real y el estado deseado.

Palabras claves: Análisis Envolvente de datos

The present work has the purpose of analyzing different meanings related to the Efficiency Concept and deepens in theoretical paradigms that allowed the improvement of great diversity of methods for the measurement of technical relative efficiency. It focuses in one of the most used methodologies for the measurement of the efficiency in the recent years: the Data Envelopment Analysis (DEA), but also other basic models are showed to demonstrate the advance of a Theory that today constitutes a challenge for the academic community because as others quantitative techniques, presents disadvantages that are necessary to diminish in the search of instruments that allow to help to solve the differences between the real state of things and the wished state.

Palabras claves: Eficiencia Técnica, Análisis Envolvente de Datos

1. Eficiencia: dimensiones del concepto

En la literatura económica el término eficiencia es ampliamente utilizado y no siempre de forma correcta, por lo que se le ha dado diversas interpretaciones. Por tanto, es conveniente, precisar otra vez¹ la diferencia entre nociones tales como eficacia, eficiencia, productividad y competitividad.

En la teoría económica se encuentran disímiles definiciones relacionadas con la noción de eficiencia. Todas ellas tienen en común que, en su sentido más amplio, la eficiencia es la capacidad de lograr un fin por medio de la relación deseable entre los factores y resultados productivos, esto es, maximizar la producción con el mínimo de recursos o minimizar los recursos dado un nivel de producción a alcanzar.

La eficacia, por su parte, es la capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera, sin que priven para ello los recursos o los medios empleados. Esto significa que la noción de eficacia se refiere únicamente a la obtención de resultados, sin tener en cuenta los recursos empleados. La eficacia no implica, necesariamente, eficiencia, pero la eficiencia sí implica, como condición necesaria, pero no suficiente, a la eficacia; es decir, la eficiencia requiere de la obtención de resultados.

La eficiencia es un concepto que actúa en el ámbito interno de la empresa, sin embargo, los elementos del entorno cada día tienen mayor influencia sobre el comportamiento estratégico de la organización. De ahí que los factores exógenos al proceso productivo se hayan convertido en los más importantes para hacer las cosas con eficacia porque ya no basta hacer las cosas con eficiencia.²

En tanto la efectividad puede ser definida como la cuantificación del logro de una meta.³ Se determina en la práctica, desarrollando la actuación en condiciones reales y no bajo situaciones que pueden considerarse ideales. Como afirma García (2002) la eficacia no implica efectividad, pues en condiciones normales se producen distintas influencias que pueden hacer que los resultados obtenidos varíen, sin embargo, la efectividad sí requiere eficacia.

Lograr que los procesos sean eficientes, requieren de efectividad y eficacia. Los resultados obtenidos se pueden interpretar como cuantificación de la meta propuesta, aun en caso de no lograr los resultados esperados. Lo que implicaría una disminución de la efectividad, no necesariamente traería consigo disminución en los índices de eficiencia.⁴ La productividad y la eficiencia son conceptos que habitualmente se emplean como sinónimos, sin embargo existen ciertas diferencias. Cuando se habla de productividad, es común que se haga referencia a la productividad media de un factor, la cual se corresponde con la relación de un output con el factor productivo que se encuentre entre los relevantes y que ayude a su obtención. Si se quiere comparar eficiencia relativa de varias empresas, utilizando únicamente este indicador, debe

¹Seguir alertando sobre la utilización indistinta de los términos eficiencia, eficacia, efectividad, productividad no es una acción estéril mientras exista esta confusión

² Aunque para Codina (web) eficacia es sinónimo de efectividad, expone claramente lo importante de establecer diferencias entre eficiencia y efectividad cuando plantea: "Si usted se preocupa sólo de la eficiencia, puede llegar a ser el productor más eficiente de algo que no le interese a la gente. La bibliografía sobre el tema ofrece abundantes ejemplos de empresas que eran las más eficientes en su actividad, pero que no percibieron a tiempo los cambios que se estaban gestando en el entorno, no modificaron sus estrategias y, a la larga, tuvieron que salir del negocio".

³ Sin embargo, puede entenderse como sinónimo de eficacia cuando se define como "capacidad de lograr el efecto que se desea".

⁴ Como resultado de la revisión bibliográfica desarrollada por Bouza (1999), se demuestra que en la literatura económica publicada en Cuba tampoco ha existido un criterio uniforme acerca del empleo de los términos de eficacia, efectividad y eficiencia.

cumplirse el supuesto de que la combinación de factores para obtener un nivel de output sea invariable; esto es, no hay posibilidades de sustitución entre factores productivos.

En la figura 1 se muestra la relación entre la eficiencia y productividad.

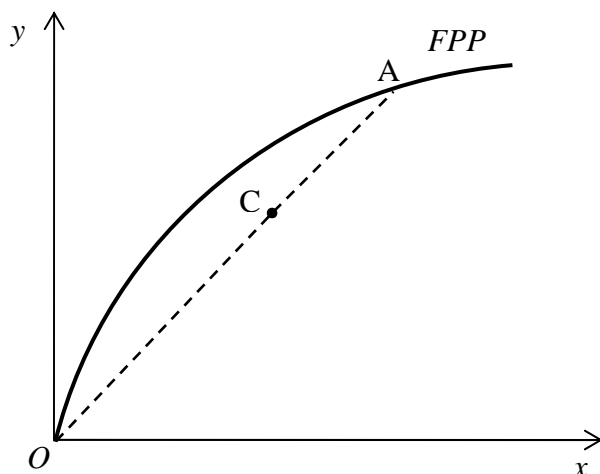


Figura 1: Eficiencia y productividad media

Fuente: Elaboración propia

Suponiendo que las empresas A y C tengan la misma frontera de posibilidades de producción, se puede observar que ambas empresas tienen igual nivel de productividad⁵, pero la empresa C es menos eficiente que la empresa A, ya que no produce lo máximo que se puede producir con la cantidad de inputs que utiliza. Lo que demuestra que ambos conceptos hacen referencia a aspectos diferentes de la producción.

La eficiencia y competitividad también son dos términos que suelen utilizarse indistintamente; sin embargo hay diferencia entre ellos. La eficiencia es un elemento que puede resultar determinante en la competitividad cuando no sea posible desarrollar una estrategia de diferenciación de productos. En este caso la eficiencia facilita la competitividad y, por ello, la presencia de competidores induce a la búsqueda de eficiencia.

Cuando la diferenciación constituye una estrategia clave para la consecución de la competitividad, la relación eficiencia-competitividad varía. En este caso, como plantean García y Coll (2003:424) "la competitividad es un concepto que se encuentra más cercano al hecho de que el coste final de producción coincida con la voluntad de pago del cliente potencial. De ahí que la tentación a pensar que ser eficiente es una condición suficiente para la competitividad sea muy grande. No obstante, se puede ser productor coste-eficiente pero si el coste resultante de la actividad no se casa con el precio que el cliente está dispuesto a pagar, no es posible ser competitivos. También puede pensarse que es una condición necesaria. Tampoco funciona, como se ha mencionado antes, los costos de publicidad pueden quebrar la eficiencia, y con ellos generar un intangible suficientemente valioso como para que el cliente pague su precio, con grandes beneficios para la compañía, hecho frecuente dentro de los mercados de productos homogéneos".

Por tanto, puede considerarse que el término competitividad engloba el de eficiencia. No solo es importante producir con eficiencia, también resulta fundamental la capacidad con que se venden los productos.

⁵ Cualquier unidad de producción situada en el rayo que une el origen con el punto A tendría idéntica productividad media.

Otras extensiones del concepto de eficiencia que reflejan su dimensión interna son las economías de escala y de alcance, pues se relacionan con el mejor aprovechamiento de los recursos en un entorno organizativo, son las *economías de escala* y de *alcance*. Una de las posibles causas de ahorro en términos de costos o de recursos productivos, puede provenir de la escala de operaciones.⁶ Las *economías de escala* se producen cuando, como consecuencia de un aumento de los recursos en una determinada proporción, se producen aumentos más que proporcionales de la producción, lo que asegura una reducción de los costes medios y marginales. Otra posible causa puede provenir de la producción de más de un bien o actividad, puesto que en ocasiones el uso de recursos que se comparten en la generación de los mismos, puede reducir el costo de producción conjunta. Son las denominadas *economías de alcance*, que están también relacionadas con la escala de operaciones.

2.La medición de la eficiencia

Para toda empresa que desee maximizar su beneficio resulta importante conocer cual es el plan de producción que le permite alcanzar su principal meta y definir acciones que le permitan acercarse al estado deseado a partir del conocimiento y análisis del estado real. Lo difícil es conocer la distancia entre ambos estados. Esta es la cuestión que motivó a Farrell (1957) a proponer la forma de medir empíricamente la eficiencia, proponiendo considerar como referencia eficiente la mejor práctica observada entre la muestra de empresas objeto de estudio, calculando los índices de eficiencia de cada una en comparación con las que presentan un mejor comportamiento.

Farrell (1957) fue el primero en dividir el concepto de eficiencia en dos componentes: técnica y asignativa, además de desarrollar un método para el cálculo empírico para medir la eficiencia relativa de un conjunto de empresas. Este trabajo tuvo como antecedentes las investigaciones realizadas por Koopmans (1951) y Debreu (1951). Koopmans fue quien dio por primera vez una definición de eficiencia productiva; centrándose en la eficiencia técnica afirmó que una combinación factible de inputs y outputs es técnicamente eficiente, si es tecnológicamente imposible aumentar algún output o reducir algún input sin reducir simultáneamente al menos otro output o aumentar al menos otro input. Por otra parte Debreu (1951) propuso la construcción de un índice de eficiencia técnica, al que llamó "coeficiente de utilización de los recursos" que definía como la unidad menos la máxima reducción equiproporcional en todos los inputs para un nivel dado de outputs.

Farrell estableció los conceptos de eficiencia de eficiencia técnica y eficiencia precio. La primera consiste en producir lo máximo posible a partir de unos inputs dados. La segunda es la que obtiene aquella unidad productiva que utilice una combinación de inputs que, con el mínimo coste, alcanzara un output determinado a unos precios preestablecidos. Para Farrell el grado de eficiencia de una empresa puede cuantificarse por la distancia de las unidades a la frontera de producción. En la figura 1 se presenta la función de producción para el caso más sencillo, un único input X y un único output Y. La eficiencia (técnica) de la unidad F en términos de input viene dada por el ratio OA/OA' y, en términos de outputs por el ratio OB/OB' . La eficiencia de la unidad E, ubicada sobre la frontera, es igual a la unidad, lo que indica que esta unidad alcanza la máxima eficiencia, tanto en términos de inputs como en términos de outputs.

⁶ Álvarez (2001) considera a la eficiencia de escala como uno de los tres tipos de eficiencia que debe tener una empresa para ser maximizadora de beneficios. Los otros dos tipos se describen en los siguientes epígrafes.

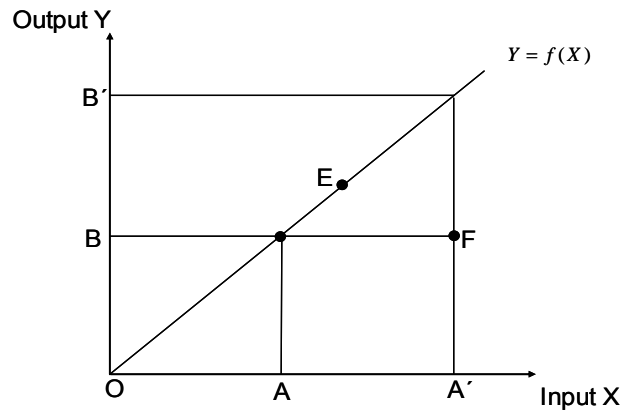


Figura 2: Función de producción con un único input y único output
Fuente: Elaboración propia

La necesidad de cuantificar la eficiencia de cualquier organización implica seleccionar algún método de estimación que permita conocer su comportamiento. El desarrollo de diversos trabajos empíricos ha dado lugar a lo que hoy genéricamente se conocen como “metodologías fronteras”. La función frontera es la referencia que se utiliza para calcular y evaluar la eficiencia de las unidades que gestionan recursos. Por ello es especialmente importante el proceso de estimación de la frontera, puesto que la precisión de la evaluación dependerá en última instancia de que nos acerquemos en mayor o menor medida a la frontera real. Como dicen Seiford y Thrall (1990) “...al principio sólo tenemos datos. El problema es construir una función de producción o frontera a partir de datos observados”. Las técnicas de estimación se agrupan básicamente en dos grandes bloques: los modelos que utilizan las aproximaciones paramétricas y los que emplean las aproximaciones no paramétricas.

Las aproximaciones paramétricas (determinística y estocástica) requieren formas funcionales que especifiquen la relación entre inputs y outputs. Se estiman los parámetros a partir de las observaciones de la realidad.

En las aproximaciones no paramétricas no se precisa establecer una tecnología de parámetros que determinen a priori las relaciones entre los inputs y los outputs, solo hay que definir ciertas propiedades que deben satisfacer los puntos del conjunto de producción. De esta forma los datos son envueltos, determinándose se cada punto puede pertenecer o no a la frontera bajo esas propiedades.

El análisis de fronteras estocásticas, como Seiford y Thrall (1990) afirma, permite incorporar los efectos del ruido estadístico que impregna a todo dato económico y la realización rigurosa, a través de inferencia estadística, de contraste de hipótesis relacionadas con la estructura de la tecnología y significación estadística de los índices de ineficiencia. Esto no significa que esta aproximación también tenga sus inconveniencias tales como la necesidad de prefijar una función de producción y distribución de variables aleatorias, el estudio se complejiza cuando es necesario incorporar múltiples outputs, existe la posibilidad de que aparezcan óptimos locales, entre otros.

Los modelos de naturaleza no paramétrica utilizan técnicas de programación matemática para medir y evaluar la eficiencia de las unidades de decisión. En esta categoría hay que destacar el análisis envolvente de datos (DEA)⁷, a través del cual se puede construir una *frontera* o un *hiperplano* de producción, que permita medir la eficiencia relativa de un conjunto de unidades de decisión que producen similares outputs a partir de un conjunto común de inputs. Esta aproximación no paramétrica presenta mayor flexibilidad para adaptarse a las peculiaridades de determinados

⁷ Las siglas de DEA provienen del nombre de esta técnica en idioma inglés “Data Envelopment Analysis”

sectores, ya que permite establecer una serie de supuestos muy flexibles para definir el conjunto de posibilidades de producción. Este espacio y su correspondiente frontera, se estiman a partir de las observaciones disponibles sobre los inputs y outputs de una serie de unidades de decisión, empleando como método de cálculo la programación lineal. Ofrece además una información muy completa e individualizada de las unidades de decisión analizadas, permitiendo conocer aspectos de interés tanto de los centros eficientes como de los ineficientes. Junto a ello, permite incorporar variables no discrecionales, de naturaleza categórica, o incluso añadir información procedente de opiniones de expertos, para delimitar el conjunto de empresas eficientes. Además, las técnicas basadas en la programación lineal se adaptan a situaciones en donde no se tiene información sobre la variable precios o, si existe, ésta no es un dato fiable.

Esta metodología también presenta sus inconvenientes como son, la no inclusión de términos de error que recojan los efectos de variables desconocidas, en otras palabras, se trata de un modelo determinístico. Por otra parte, en esta técnica se complejiza el análisis de sensibilidad dado que una sola unidad puede condicionar la ubicación final de la frontera debido a que existe una alta influencia en la frontera de *outliers*. Un aspecto que conviene no olvidar es el carácter estático de la técnica razón por la que no existe garantía que estos resultados se mantengan estables en el tiempo.

3.El Análisis Envolvente de Datos

En su forma operativa básica, el DEA es una metodología utilizada para la medición de eficiencia comparativa de unidades homogéneas, es decir, que tienen una misma finalidad (racionalidad) económica. Partiendo de los insumos y productos, el DEA proporciona un ordenamiento de los agentes otorgándoles una puntuación de eficiencia relativa. De esta forma, los agentes que obtengan el mayor nivel de producto con la menor cantidad de insumos serán los más eficientes del grupo y por tanto, obtendrán los puntajes más altos.

El método de estimación DEA evalúa la eficiencia de una unidad tomadora de decisiones (DMU)⁸ refiriéndose al “mejor” productor. Considera que una unidad productiva es eficiente, y por tanto pertenece a la frontera de producción, cuando produce más de algún output sin generar menos del resto y sin consumir más inputs, o bien, cuando utilizando menos de algún input, y no más del resto, genere los mismos productos. La idea es comparar cada unidad no eficiente con aquella que lo sea, y a la vez tenga una técnica de producción similar, es decir, que utilice inputs en proporciones similares para producir outputs parecidos.

La estimación de coeficientes de eficiencia bajo el esquema de DEA se puede clasificar en dos tipos:

- el orientado a los insumos y
- el orientado a los productos.

El modelo orientado a los insumos busca la minimización de los insumos para la producción de un nivel dado de producto. Por su parte el modelo orientado a los productos busca la maximización de la producción dadas unas cantidades de insumos. Charnes, Cooper y Rhodes (1978) proponen un modelo fraccional para medir la eficiencia de las DMUs. Este modelo básico, a partir del cual se sustentan los modelos DEA, consideraba la medida de eficiencia como el cociente entre la suma ponderada

⁸ La denominación DMU proviene de sus siglas en inglés (Decisional Making Unit).

de outputs con la de inputs de cada unidad de decisión⁹. La formulación matemática es la siguiente:

$$\max e_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{i0}}$$

s.a

(I)

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n \quad (1)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad r=1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m$$

Donde:

e_0 - función objetivo (medida de la eficiencia radial)

y_{rj} -output i-ésimo de la DMU j-ésima

x_{ij} - input i-ésimo de la DMU j-ésima

v_i, u_r - ponderaciones de inputs u outputs respectivamente.

La función objetivo e_0 es el ratio de eficiencia de la unidad comparada y la maximización de la misma está sujeta a que ningún ratio de eficiencia supere la unidad.

La resolución de este modelo permite obtener el conjunto óptimo de ponderaciones (pesos o multiplicadores) que maximicen la eficiencia relativa e_0 , de la DMU objeto de evaluación, sujeto a la restricción (1) lo que significa que ninguna DMU puede tener una puntuación de eficiencia mayor que la unidad usando estas mismas ponderaciones. La principal desventaja es que el programa puede asignar una ponderación nula o muy escasa a un determinado factor que, desde el punto de vista teórico, tenga una gran importancia en la eficiencia de las unidades decisoras.

Los propios autores reconocieron la necesidad de transformar el programa fraccional en un programa ordinario lineal, a efectos del cálculo de los índices de eficiencia. En este caso se maximiza el numerador y se iguala el denominador a una constante, que en este caso es la unidad. Entonces la eficiencia relativa de cada unidad se obtiene a partir del siguiente modelo lineal:

$$\max e_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0}$$

s.a.

$$\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (2) \quad (II)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \quad (3)$$

⁹ Estos autores consideraron además una versión a este modelo que permite el cálculo de la medida de ineficiencia. En este caso se minimiza el ratio a obtener entre la suma ponderada de los inputs y los outputs, cambiando de igual forma la condición (1) a que está sujeta el valor de la función objetivo

$$u_r, v_i \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m$$

Para eliminar la posibilidad de que las variables del modelo tomen valor cero se introdujo la siguiente condición de positividad:

$$u_r, v_i \geq \varepsilon > 0$$

Donde ε es un número real, positivo y pequeño del orden 10^{-5} .

Con esta nueva condición el modelo ya era plenamente operativo, pero se podía generar un sistema de restricciones de gran complejidad si el análisis involucraba un número considerable de unidades decisoras. Plantear el problema dual del problema original o primal descrito en (I) mejora la operatividad y ahorra tiempo de cómputo. En ese caso, estableciendo las principales relaciones primal-dual, se puede formular el siguiente modelo:

$$\begin{aligned} & \min \theta_0 \\ & \text{sujeto a :} \\ & \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - y_{r0} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (4) \quad \text{(III)} \\ & \theta_0 x_{i0} - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (5) \\ & \lambda_j \geq \varepsilon \quad j = 1, \dots, n \quad (6) \end{aligned}$$

De esta forma se obtiene el modelo dual (III) que calcula la eficiencia por el lado de los inputs, es decir, optimiza el empleo de los recursos para un nivel dado de producción. La expresión (4) garantiza que la producción del producto r para la empresa evaluada sea no mayor que la suma ponderada de la producción del producto r para el resto de las empresas consideradas en el análisis. La expresión (5) condiciona que las empresas comparadas consuman menos del recurso i o lo mismo que la empresa evaluada. De esta manera, si la empresa de prueba es eficiente, el modelo de programación no encontrará, entre todas las empresas, una combinación de output e inputs con la que se produzca lo mismo o más y se use lo mismo o menos que la empresa evaluada.

Charnes, Cooper y Rhodes (1978) proponen a su vez el recíproco del modelo fraccional (I) indicando que es posible minimizar el cociente entre la suma ponderada de inputs con la de outputs de cada unidad de decisión, esto es, minimizar la ineficiencia. A partir de este modelo fraccional, aplicando la lógica ya desarrollada, se obtiene el modelo dual que se formula como sigue:

$$\begin{aligned} & \max \theta_0 \\ & \text{s.a :} \\ & \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - \theta_0 y_{r0} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (4) \quad \text{(IV)} \\ & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - x_{i0} \leq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (5) \\ & \lambda_j \geq \varepsilon \quad j = 1, \dots, n \quad (6) \end{aligned}$$

Los modelos (III) y (IV), conocidos como modelos orientados al input y output respectivamente, asumen que todas las unidades decisoras se encuentran operando en escala óptima con rendimientos a escala constantes (CRS), es decir, en estos modelos no se considera la influencia que pudiera tener la existencia de economía de escala en la evaluación del ratio de eficiencia de las DMUs. Para contemplar la

posibilidad de existencia de ineficiencias debidas a la diferencias entre escalas operativas Banker-Charnes-Cooper (1984) propusieron añadir una restricción a las variantes del modelo anterior. Dicha restricción es:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

Para diferenciarlo de los anteriores a los modelos que presentaban esta condición se les llamó modelos de rendimientos variables a escala (VRS). La imposición de esta restricción para el modelo VRS implica que el conjunto de referencia para la unidad decisora considerada esté más cerca. De este modo se asegura que un agente sea comparado con otros de tamaño similar. Una característica del modelo VRS es que los puntajes encontrados son iguales o superiores a los del modelo CRS, debido a que la unidad decisora se está comparando con agentes eficientes aún cuando no lo sean en términos de escala. De este modo, una entidad podría ser comparada con otras que no necesariamente son eficientes a escala pero con tamaños similares, lo que resultaría un puntaje mayor.

Otro aspecto importante de este tipo de modelo es que permite la descomposición del índice de eficiencia en eficiencia pura y eficiencia de escala (EE). Para que una unidad decisora pueda ser considerada eficiente en el modelo CRS debe tener eficiencia técnica y eficiencia de escala. Para que una unidad decisora sea considerada eficiente en el modelo VRS solo debe contar con eficiencia técnica. De este modo la relación entre la eficiencia a escala, técnica y pura se define como:

$$\theta_{CRS} = \theta_{VRS} \times \theta_{EE} \quad \text{donde,} \quad \theta_{EE} = \theta_{CRS} / \theta_{VRS}$$

Si una unidad decisora es eficiente en el sentido CRS entonces será eficiente tanto a escala como técnicamente, por lo que su θ_{EE} será igual a uno. En el caso de que se quiera conocer si la ineficiencia de una unidad decisora es debido a que está operando en el área de rendimientos decrecientes a escala (DRS) o en el área de rendimientos crecientes a escala (IRS), debe sustituirse la restricción $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ por $\sum_{j=1}^n \lambda_j \leq 1$.

Esta nueva condición incorpora la imposición de no permitir rendimientos crecientes a escala. De esta manera si el nuevo valor obtenido al ejecutar esta formulación es igual a VRS significa que la unidad decisora está operando en el tramo de la curva de rendimientos decrecientes a escala. Si son distintos, significa que está operando en el tramo de rendimientos crecientes a escala. Por supuesto, las entidades con VRS = CRS tienen la escala óptima y no son considerada para esta clasificación.

Referencias

- ÁLVAREZ, A (2002): "Concepto y Medición de la Eficiencia Productiva" en ALVAREZ, A. (Coordinador) (2002): La medición de la eficiencia y la productividad. Ed. Pirámide. Madrid.
- 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.
- BOUZA, A., (1999): "Reflexiones acerca del uso de los conceptos de eficiencia, eficacia y efectividad en el sector salud". [En línea], disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/spu/vol26_1_00/spu07100.htm
- CHARNES, A., COOPER, W.W. y RHODES, E. (1978): "Measuring the Efficiency of Decision Making Units". *European Journal of Operational Research*, 2: 429-444.
- CODINA, A., (2007): "Eficiencia vs Eficacia: Un cambio de paradigma" en *Revista gerencia y Negocios en Hispanoamérica* [En línea], disponible en:

http://www.degerencia.com/articulo/eficiencia_vs_eficacia_un_cambio_de_para_digma

DEBREU, G. (1951): "The Coefficient of Resource Utilization". *Econometrica*, 19; 14-22.

FARREL, M. J. (1957): "The Measurement of Productive Efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 120, Part III, 253-290.

GARCÍA, E., y Cool, V., (2003): "Competitividad y Eficiencia" en *Revista Estudios de Economía Aplicada*, 21(003), pp. 423 – 450.

GARCÍA, P. C. (2002): "Análisis de la eficiencia técnica y asignativa a través de las fronteras estocásticas de costes; una aplicación en los hospitales de INSALUD. Tesis de Doctorado. Universidad de Valladolid. España.

KOOPMANS, T. C. (1951): "An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities" en T. C. Koopmans, ed., *Activity Analysis of Production and Allocation*, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph number 13. New York: Wiley

SEIFORD, L. M. and THRALL, R. M. (1990): "Recent developments in DEA. The mathematical programming approach to frontier analysis". *Journal of Econometrics*, 46: 7-38