

EVALUACIÓN DOCENTE MEDIANTE BSC Y DEA*

Jorge E. Mejía Quiroga, Pablo Hernán Sánchez Torres y Delimiro A. Visbal Cadavid

Fundación Universidad Central. Bogotá (Colombia)

Resumen

Este trabajo utiliza Balanced Scorecard (BSC) y Data Envelopment Analysis (DEA) para realizar una primera aproximación al modelo de seguimiento y control integral de la gestión en el Programa de Ingeniería Industrial de la Fundación Universidad Central, Bogotá (Colombia), inicialmente desde la evaluación docente. En su estado actual, el modelo utiliza la información de diferentes aspectos de la función de calidad de los cursos, organizada según las perspectivas del BSC clásico y recopilada mediante encuestas aplicadas a los estudiantes de los diferentes cursos que se ofertan.

La información obtenida es procesada estadísticamente e incorporada en un modelo DEA, del cual resultan principalmente medidas de eficiencia de los procesos docentes, identificación de mejores prácticas, direcciones de mejoramiento para cada curso - docente, y valores de referencia para las variables estratégicas que integran el BSC y sus reportes.

Palabras claves: *data envelopment analysis, balanced score card, evaluación docente.*

Abstract

This work uses Balanced Scorecard (BSC) and Data Envelopment Analysis (DEA) to make one first approach to the model of pursuit and integral control of the management in the Industrial Engineering Program of Fundación Universidad Central, Bogotá (Colombia), initially in educational evaluation. In its present state, the model uses the information of different aspects from the courses' quality function, organized according to the classic perspectives of the BSC and compiled by means of applied surveys to students of the different courses offered.

The obtained data is processed statistically and incorporated to the DEA model, which provides mainly: efficiency measures of the educational processes, better practices identification, directions of improvement for each course – teacher unit, and reference values for the strategic variables that integrates the BSC and their reports.

Keywords: *data envelopment analysis, balanced score card, educational evaluation.*

* Ponencia presentada en la XXVI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería “Retos en la formación del ingeniero para el año 2020, Septiembre de 2006. Segundo Lugar, Premios ACOFI 2006.

Introducción

La creciente preocupación de las universidades, agremiaciones y autoridades educativas colombianas por consolidar programas de pregrado y postgrado de excelencia, ha derivado entre otras, en una creciente preocupación por el desarrollo de sistemas de información gerencial que sean capaces de apoyar con información oportuna, pertinente y fiable, la gestión de las variables críticas propias de las actividades educativas, investigativas, de extensión a la comunidad y administrativas, que se desarrollan en cada programa, unidad académica y/o unidad de apoyo de las diferentes instituciones.

En tal sentido, el Programa de Ingeniería Industrial de la Fundación Universidad Central, está desarrollando un sistema de seguimiento y control de la gestión en las diferentes esferas del quehacer universitario mediante Balanced Scorecard y DEA, con el que busca identificar las fortalezas y deficiencias de su actuar respecto a la planeación, para establecer los cursos de acción apropiados a tiempo. Este sistema pretende combinar la perspectiva holística y sistémica de la organización propias de la gerencia estratégica apoyada en BSC con el potencial de mejoramiento continuo que aporta DEA mediante el análisis de las medidas de eficiencia relativa de cada una de las unidades tomadoras de decisiones (DMU) y la generación de la frontera óptima de desempeño. Actualmente, el referido modelo se ha aplicado exitosamente en el proceso de evaluación docente del Programa y de forma progresiva se continúa avanzando en su implantación general.

1. Balanced Score Card (BSC)

Esta herramienta *“transforma la misión y la estrategia en objetivos e indicadores organizados en cuatro perspectivas diferentes: finanzas, clientes, procesos internos y formación y crecimiento. El BSC proporciona un marco, una estructura y un lenguaje para comunicar la misión y la estrategia; utiliza las mediciones para informar a los empleados sobre los causantes del éxito actual y futuro. Al articular los resultados que la organización desea, y los inductores de esos resultados, los altos ejecutivos esperan canalizar las energías, las capacidades y el*

conocimiento concreto de todo el personal de la organización hacia la consecución de los objetivos de largo plazo” (Kaplan y Norton, 2004). En la mayoría de los casos las cuatro perspectivas referidas son suficientes para una visión integral de la organización, sin embargo cabe apuntar que la filosofía subyacente a este modelo de seguimiento y control de la gestión permite utilizar más o menos perspectivas según lo demanden las características y necesidades de cada caso de aplicación.

Apegándose al modelo clásico de las cuatro perspectivas, en cada una de ellas se analiza:

1.1 La perspectiva financiera:

Explicita y estudia los objetivos financieros que articulan la meta a largo plazo de la organización: proporcionar rendimientos superiores basados en el capital invertido satisfaciendo las expectativas de los accionistas del negocio. Prácticamente todos los objetivos estratégicos tienen efectos económicos dentro de la organización, razón por la cual configura el nivel de análisis más inmediato de la gestión. Su estudio involucra principalmente la evaluación de la rentabilidad, misma que puede ser ponderada en términos de:

- Eficiencia en el uso de activos y nuevas inversiones aplicados en los procesos de negocio.
- Optimización de la función de costos de la organización para reducir su cuantía en el actual nivel de producción y/o mejoras en la productividad del sistema sobre la misma estructura.
- Aumento de los ingresos a partir del incremento de los márgenes operacionales vía precios o del número de clientes atendidos; los cuales serán efectivos sólo si hay una adecuada rotación de la cartera.

Es desde esta perspectiva que se ha evaluado normalmente la gestión de las organizaciones y en consecuencia, obtener indicadores para medir del desempeño desde este punto de vista no es complicado.

1.2 La perspectiva del cliente:

Considerar la estrategia desde este punto permite darse una idea clara acerca de la satisfacción de

expectativas y la percepción de los clientes sobre la contribución que la empresa les brinda como propuesta de valor a través de sus bienes o servicios. Es la perspectiva de la calidad percibida, la competitividad y la congruencia con los mercados y sus tendencias. El estudio desde esta perspectiva involucra:

- Calidad de diseño entendida como la respuesta apropiada a expectativas y necesidades del consumidor.
- Atributos de valor percibidos por el cliente en los bienes y servicios ofertados.
- Ciclo de vida del producto y compatibilidad con el comportamiento y tendencias del mercado.
- Conocimiento del consumidor y grado de satisfacción logrado.
- Posicionamiento del producto en el mercado.
- Relación calidad – precio.

1.3 Perspectiva de procesos internos

El análisis desde esta perspectiva implica enfatizar en el desempeño de los procesos clave que dinamizan el negocio como componentes básicos de su cadena de valor. Interactúa con la perspectiva del cliente permitiendo determinar la efectividad de los procesos de adición de valor de la organización y se proyecta en la perspectiva financiera directamente en la estructura de costos.

La excelencia que se pueda lograr a partir del monitoreo de esta perspectiva permite satisfacer a los clientes mediante la calidad de conformidad (el ajuste a especificaciones) y a los accionistas gracias al incremento en los ingresos vía procesos óptimos. Entre los aspectos que se consideran aquí pueden citarse: análisis de la cadena de valor, procesos de innovación, procesos de servicios comerciales y procesos productivos.

1.4 Perspectiva de formación y crecimiento

Propende por el desarrollo de organizaciones inteligentes, éticas, con compromiso social y sentido humano. Centra las bases del éxito actual y futuro del negocio en la gente, la tecnología y la información, habida cuenta que de ellas depende la factibilidad de la realización de las metas de las otras perspectivas.

Encarna la Perspectiva de la gestión del conocimiento y el capital humano. Desde este punto de vista del BSC se explicitan y estudian: Gestión estratégica del talento humano, clima y cultura organizacional, competencias y conocimiento, gerencia del conocimiento, aprendizaje y memoria organizacional, tecnología y sistemas de Información, capacidades estratégicas del negocio y sus procesos de construcción.

1.5 Gestión organizacional con BSC

BSC analiza desde estas cuatro perspectivas el problema del seguimiento y control de la planeación estratégica de las organizaciones, expresada en objetivos y metas con diferentes horizontes que están conectados entre sí por relaciones de causalidad, de tal suerte que el éxito o fracaso en el logro de un objetivo estratégico afecta positiva o negativamente a otros, y a su vez ese éxito o fracaso es la consecuencia directa o indirecta de la gestión de las variables críticas de otros objetivos relacionados que pueden ser anteriores en el tiempo, de nivel estratégico diferente o perteneciente a otra unidad operacional. Gracias a la franca expresión de esas relaciones, se hace mucho más evidente a los tomadores de decisiones de los diferentes niveles y áreas de las organizaciones el impacto de la gestión que hacen sobre las variables estratégicas de los procesos bajo su responsabilidad, la interdependencia de su trabajo y las contribuciones reales que cada uno puede hacer de cara al logro de la misión y visión.

En el BSC, la gerencia de las variables críticas de los procesos y objetivos organizacionales es posible gracias al monitoreo permanente de indicadores relevantes y pertinentes, generalmente agregados o agregables, que en un número muy razonable y expresados gráficamente en semáforos (forma cualitativa) suministran rápidamente un panorama del actuar de cada elemento del sistema organizacional en los horizontes de tiempo propios de cada meta y proyecto. La definición de los valores que determinan las fronteras de cada uno de los tres posibles estados cualitativos de la gestión de las variables críticas (verde, amarillo y rojo para bueno, regular o malo respectivamente) es determinada por la organización conforme a las metas establecidas en la planeación estratégica.

2. Data Envelopment Analysis (DEA)

La metodología Data Envelopment Analysis es una técnica que utiliza herramientas de programación lineal para comparar unidades de producción que utilizan el mismo grupo de recursos y producen el mismo grupo de productos, generando la frontera eficiente e indicadores relativos de eficiencia dentro de la población de unidades de producción estudiadas.

Esta metodología fue propuesta inicialmente por Charnes, Cooper y Rhodes en 1978, cuando formularon el primer modelo DEA (modelo CCR), con base en los conceptos originalmente planteados por Farrell en 1957.

Entre las principales ventajas de DEA, tenemos:

- Es una técnica no paramétrica, por lo cual no es necesario establecer a priori una relación funcional entre entradas y salidas.
- No requiere información referente a las ponderaciones de entradas y salidas para generar el índice de eficiencia.
- No es necesaria la homogeneidad en las unidades de medida de los datos.
- Permite trabajar con múltiples entradas y salidas.
- La información con la que se construye la frontera eficiente resulta de optimizaciones individuales, lo que posibilita aceptar comportamientos de selección de tecnologías distintas para cada unidad evaluada.

Si el sistema educativo universitario es visto como una industria que transforma entradas en salidas, cada universidad, tratada como DMU (Decision Making Unit), puede ser vista como una firma multi-producto (Ray, 1991).

Esto puede extenderse fácilmente al interior de la labor docente al considerar los “cursos-docente” como una unidad productiva que utiliza unos recursos para producir unas salidas.

Esta metodología ha sido ampliamente utilizada para evaluar eficiencias en uso de recursos en diversos contextos y en especial en educación superior.

Debido a la preocupación por la eficiente asignación y uso de los bienes, en muchos países del globo se

vienen realizando estudios donde se evalúa la utilización de los recursos destinados a la educación y en especial a la educación superior, entre las investigaciones que podemos destacar están: en el Reino Unido, Cohn et al. (1989), Athanassopoulos y Shale (1997), Johnes y Taylor (1990), Beasley (1995); en USA, Ahn y Seiford (1993), Robst (2001); en España Prior y Thieme (2000), Caballero, et al. (2001) y en Finlandia, Korhonen, Taino y Wallenius (2001), entre otras.

2.1 El modelo CCR

Según Cooper et al. (2000), si

$$Y_o = (y_{1o}, y_{2o}, y_{3o}, \dots, y_{so}) \text{ y } X_o = (x_{1o}, x_{2o}, x_{3o}, \dots, x_{ro})$$

representa las cantidades de salidas y entradas de la DMU_o, la unidad que está siendo evaluada, la medida escalar de la eficiencia de la DMU_o puede ser obtenida como la solución óptima del siguiente modelo conceptual.

$$\begin{aligned} \text{Max } \theta &= \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \\ \text{s.t.} \\ \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} &\leq 1 \quad j=1, \dots, n \\ u_r, v_i &\geq 0 \quad r=1, \dots, s \quad i=1, \dots, m \end{aligned}$$

u_r y v_i es el conjunto de los pesos más favorables para la DMU_o 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 cada una de las entradas como en las salidas.

El anterior modelo de programación fraccional se puede fácilmente convertir en el siguiente modelo de programación lineal.

$$\begin{aligned} \text{Max } \theta &= \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \\ \text{s.t.} \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{io} &= 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} &\leq \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \quad (j=1, 2, \dots, n) \\ u_r &\geq 0, \quad v_i \geq 0 \end{aligned}$$

Donde n es el número de unidades a evaluar, (DMU's), m es el número de variables de entrada y s es el número de variables de salida.

El modelo anterior se expresa matricialmente de la siguiente manera,

$$\begin{aligned} & \text{Max } UY_0 \\ & \text{s.f.} \\ & \quad vx_0 = 1 \\ & \quad -VX + UY \leq 0 \\ & \quad V \geq 0 \\ & \quad U \geq 0 \end{aligned}$$

En la práctica se prefiere resolver la forma dual del modelo anterior, es decir:

$$\begin{aligned} & \text{Min } \theta \\ & \text{s.f.} \\ & \quad \theta x_0 - X\lambda \geq 0 \\ & \quad Y\lambda \geq y_0 \\ & \quad \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

Se define el vector de exceso en las entradas $S^- \in \mathbb{R}^m$ y el vector de faltantes en las salidas $S^+ \in \mathbb{R}^s$, los cuales se identifican como vectores de holguras y están dados por:

$$s^- = \theta x_0 - X\lambda \quad s^+ = Y\lambda - y_0$$

con $s^- \geq 0$, $s^+ \geq 0$ para cualquier solución factible (q, l) del problema dual.

Considerando las holguras antes definidas se plantea una segunda fase en la evaluación de la eficiencia de las unidades bajo estudio, la cual consiste en el siguiente modelo, que utiliza el resultado previo de la fase inicial, q^* , y las siguientes variables (l, s^-, s^+) .

$$\begin{aligned} & \text{Max } w = \theta s^- + \theta s^+ \\ & \text{s.f.} \\ & \quad s^- = \theta^* x_0 - X\lambda \\ & \quad s^+ = Y\lambda - y_0 \\ & \quad \lambda \geq 0, \quad s^- \geq 0, \quad s^+ \geq 0 \end{aligned}$$

Donde $e = [1, 1, 1, \dots, 1]$ es un vector de unos tal que

$$\theta s^- = \sum_{i=1}^m s_i^- \quad \text{y} \quad \theta s^+ = \sum_{i=1}^s s_i^+.$$

El objetivo de ésta fase es encontrar una solución que maximice la suma de excesos en las entradas y faltantes en las salidas mientras permanece $\theta = \theta^*$.

Una solución óptima (θ^*, s^-, s^+) de la fase II es llamada "una max-slack solution", si la "max-slack solution" satisface $s^{*-} = 0$ y $s^{*+} = 0$, entonces se dice que existe una solución cero holguras.

2.1.1. Eficiencia CCR - espacio envolvente

Una DMU es llamada CCR eficiente (eficiencia técnica y eficiencia de mezcla), si una solución óptima $(\theta^*, \lambda^*, s^{*-}, s^{*+})$ de las dos fases anteriores satisface que $\theta^* = 1$ y todas las holguras son cero. ($s^{*-} = 0$ y $s^{*+} = 0$). De otra manera la DMU es ineficiente.

La primera de las condiciones anteriores es conocida como eficiencia radial o técnica, debido a que un valor de $\theta < 1$ significa que todas las entradas pueden ser reducidas simultáneamente sin alterar la mezcla o proporción en la que son utilizados. Ya que $(1 - \theta)$ es la máxima reducción proporcional permitida por la tecnología de producción y cualquier reducción adicional asociada con holguras diferentes de cero necesariamente cambia la proporción de los entradas, por lo cual la segunda condición está relacionada con la llamada eficiencia de mezcla. Las dos condiciones anteriores conjuntamente describen la llamada eficiencia de Pareto – Koopmans, la cual puede expresar a continuación.

Eficiencia de Pareto – Koopmans: Una DMU es P-K eficiente si y sólo si no es posible mejorar ninguna de sus entradas y salidas sin desmejorar otra(s) entradas o salidas.

2.1.2 El conjunto posible de producción (Production Possibility Set – PPS)

Tal como se mencionó antes se supone que cada DMU tiene al menos un valor positivo tanto en cada una de las entradas como en las salidas. Se denominará a un par valores semipositivos de entradas $x \in \mathbb{R}^m$ y salidas $y \in \mathbb{R}^s$ como una actividad

y se expresa como (x,y) . Las componentes de cada vector par pueden ser consideradas como un punto semipositivo en el espacio vectorial lineal $(m+s)$, donde m y s especifican el número de dimensiones requeridas para expresar las entradas y las salidas, respectivamente. El conjunto de actividades factibles es llamado **Conjunto Posible de Producción (Production Possibility Set)**, se denota como PPS y tiene las siguientes propiedades.

- Las actividades observadas (x_j, y_j) ($j = 1, \dots, n$) pertenecen a PPS.
- Si una actividad (x,y) pertenece a PPS, entonces la actividad (tx, ty) pertenece a PPS, donde t es un escalar positivo. Esta propiedad es llamada retornos constantes a escala (RCS). Por lo tanto el modelo CCR asume RCS.
- Para una actividad (x, y) en P, cualquier actividad semipositiva (x, y) con $\bar{x} \geq x$ y $\bar{y} \leq y$ está incluida en P. Esto es, cualquier actividad con entrada no menor que x en cualquier componente y con salida no mayor que y en cualquier componente es factible.
- Cualquier combinación lineal semipositiva de actividades en PPS pertenece a PPS

Arreglando los datos matricialmente $X=(x_j)$ y $Y=(y_j)$, podemos definir PPS de la siguiente manera

$$PPS = \{ (x,y) \mid x \geq X\lambda, y \leq Y\lambda, \lambda \geq 0 \}$$

Donde λ es un vector semipositivo en R^n .

La siguiente figura muestra un típico **Conjunto Posible de Producción CCR** en dos dimensiones, para 8 DMU's (**A, B, C, D, E, F, G, H**) con una entrada (**empleados**) y una salida (**ventas**).

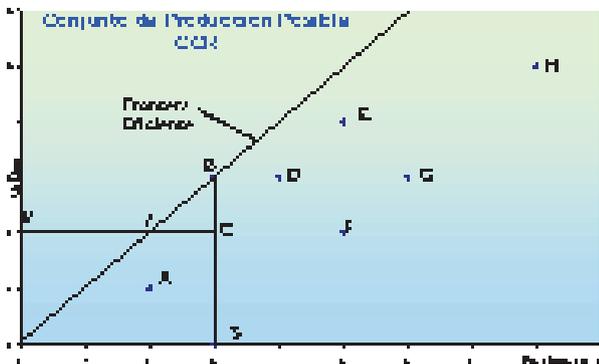


Figura 1. El Conjunto de Producción Posible CCR

Teniendo en cuenta los valores de la gráfica y considerando una orientación a entradas, la eficiencia CCR de la actividad C es determinada por;

$$\frac{VT}{VC} = \frac{2.0}{3.0} = 0.66$$

Esto significa que para que **DMU C** sea eficiente en un enfoque a entradas se requiere que produzca la misma cantidad de sus salidas utilizando el 66% de sus entradas.

2.1.3 El conjunto de referencia

Para una DMU_0 ineficiente, se define su conjunto de referencia E_0 , basado en el max-slack solution obtenido en las fases I y II, como

$$E_0 = \{ j \mid \lambda_j' \geq 0 \} \quad (j \in \{1, \dots, n\})$$

Una solución óptima puede ser expresada como

$$\begin{aligned} \theta^* x_0 &= \sum_{j \in E_0} x_j \lambda_j' + s^- \\ y_0 &= \sum_{j \in E_0} y_j \lambda_j' - s^+ \end{aligned}$$

Esto puede ser interpretado de la siguiente manera,

$$x_0 \geq \theta^* x_0 - s^- = \sum_{j \in E_0} x_j \lambda_j'$$

Lo cual significa

$x_0 \geq$ ineficiencia técnica – ineficiencia de mezcla
= una combinación positiva de entradas observadas

También

$$y_0 \leq y_0 + s^+ = \sum_{j \in E_0} y_j \lambda_j'$$

Lo cual significa

$y_0 \leq$ salidas observadas + faltantes en las salidas
= una combinación positiva de salidas observadas

Estas relaciones sugieren que la eficiencia de (x_0, y_0) para la DMU_0 puede ser mejorada si el valor de las salidas se reducen radialmente por la razón θ^* y se eliminan los excesos en las entradas, (s^-) . Similarmente la eficiencia puede ser obtenida si los

valores de las salidas son aumentados en sus faltantes (s^+). De esta manera la mejora en entradas (Δx) y en las salidas (Δy) se puede calcular:

$$\Delta x = x_o - (\theta' x_o - s^-) = (1 - \theta') x_o + s^-$$

$$\Delta y = s^+$$

A partir de esto se definen las proyecciones CCR de la siguiente manera,

$$\hat{x}_o = x_o - \Delta x_o = \theta' x_o - s^- \leq x_o$$

$$\hat{y}_o = y_o + \Delta y_o = y_o + s^+ \geq y_o$$

El punto (\hat{x}_o, \hat{y}_o) es la proyección de (x_o, y_o) sobre la frontera eficiente, por lo tanto es CCR-eficiente, es utilizado para evaluar el desempeño de la DMU_o.

El conjunto de referencia para una DMU ineficiente está formado por las unidades, en nuestro caso particular por los cursos-docente que sirven de referente a dicha DMU, por lo tanto sirven como **Benchmarking** de mejores prácticas.

2.2 El modelo CCR – salidas

Este modelo es aplicable cuando lo que deseamos es maximizar el nivel de salidas utilizando a lo sumo el mismo nivel de entradas. En este caso el modelo matemático a resolver para cada DMU es el siguiente:

$$\begin{aligned} & \text{Max } \eta \\ & \text{s.a} \\ & x_o - X\mu \geq 0 \\ & \eta y_o - Y\mu \leq 0 \\ & \mu \geq 0 \end{aligned}$$

Una solución óptima a este modelo se puede derivar directamente de una solución óptima al modelo CCR orientado a entradas mostrado anteriormente, de la siguiente manera:

$$\eta' = \frac{1}{\theta'} \quad \text{y} \quad \mu' = \frac{\lambda'}{\theta'}$$

Las holguras se determinan por las siguientes relaciones;

$$f^- = \frac{s^-}{\theta'} \quad \text{y} \quad f^+ = \frac{s^+}{\theta'}$$

Ya que $\theta' \leq 1$, entonces $\eta' \geq 1$.

A mayor valor de η^* , menos eficiente es la DMU que está siendo evaluada. θ^* expresa la razón de reducción en las entradas, mientras η^* describe la rata de aumento en las salidas. De las relaciones anteriores podemos decir que en un modelo CCR orientado a entradas una DMU será eficiente si y solo si también es eficiente cuando un modelo CCR orientado a salidas es usado para evaluar su desempeño.

Siguiendo el ejemplo mostrado en la figura 1 y considerando un modelo CCR orientado a salidas, tenemos el siguiente valor de la eficiencia de la unidad productiva C

$$\frac{SB}{SC} = \frac{3.0}{2.0} = 1.5$$

Esto significa que para que **DMU C** sea eficiente en un enfoque a salidas se requiere que utilizando la misma cantidad de sus entradas produzca un 50% de sus salidas.

La eficiencia CCR - salidas es calculada simplemente por el recíproco de su eficiencia CCR – entradas, esto es

$$\frac{1}{0.66667} = 1.5$$

Antes de continuar cabe señalar que ésta simple relación recíproca sólo es válida para el modelo CCR.

2.3 El modelo BCC

En la siguiente gráfica se presenta un ejemplo sencillo, consistente en una entrada y una salida.

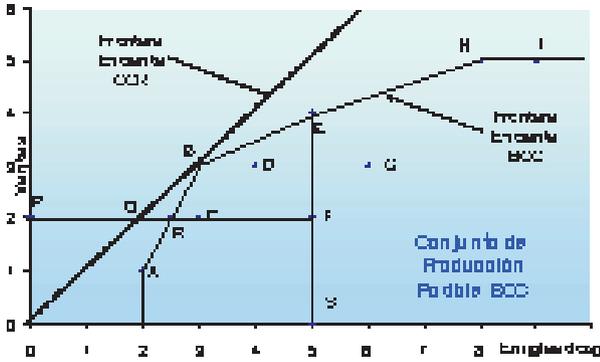


Figura 2. El conjunto de Producción posible - Modelo BCC

La línea punteada representa la frontera eficiente cuando se considera un modelo CCR. La frontera eficiente cuando se considera el modelo BCC consiste de la línea continua que conecta los puntos A, B, E y H. El conjunto de producción posible consiste en la frontera eficiente y la región ubicada a la derecha y debajo de ésta, tal como se puede observar en el gráfico. A, B, E y H están sobre la frontera y son BCC – eficientes. Sin embargo, sólo B es CCR eficiente. Teniendo en cuenta los valores de la gráfica y considerando una orientación a entradas, la eficiencia BCC de la actividad F es determinada por;

$$\frac{PR}{PF} = \frac{2.5}{5} = 0.5$$

Mientras que su eficiencia CCR es más pequeña y su valor es determinado por;

$$\frac{PQ}{PF} = \frac{2.0}{5.0} = 0.4$$

Si consideramos un modelo BCC orientado a salidas, tenemos el siguiente valor de la eficiencia de F

$$\frac{ES}{FS} = \frac{4.0}{2.0} = 2.0$$

Esto significa que para que DMU F sea eficiente se requiere que su salida sea aumentada a $2 \cdot 2.0 = 4.0$ unidades. La eficiencia CCR - salidas es calculada simplemente por el recíproco de su eficiencia CCR – entradas, esto es

$$\frac{1}{0.4} = 2.5$$

y tal como muestra el diagrama es necesario un aumento mayor para llegar a la frontera eficiente CCR.

Si analizamos la eficiencia de la unidad productiva I, concluimos que ésta presenta un puntaje de eficiencia BCC igual a 1, pero observamos que la unidad H produce la misma cantidad de la salida que I utilizando menos recursos, esto nos indica que la DMU I es eficiente BCC radialmente pero presenta ineficiencia de mezcla (Cooper, et al., 2000), por lo tanto la unidad I **NO ES EFICIENTE**.

Antes de continuar cabe señalar que ésta simple relación recíproca no es válida para el modelo BCC.

En el caso del modelo BCC el Conjunto de Producción Posible está definido como;

$$PPS_{BCC} = \{ (x, y) \mid x \geq X\lambda, y \leq Y\lambda, e\lambda = 1, \lambda \geq 0 \}$$

Donde $X = (x_j) \in R^{m \times n}$ y $Y = (y_j) \in R^{s \times n}$ están dados por el conjunto de datos, $\lambda \in R^n$ y e es un vector fila con todos sus elementos iguales a 1. El modelo BCC difiere del modelo CCR sólo por la adición de la restricción $e\lambda = \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$, la cual junto con la restricción $\lambda \geq 0$, para toda j, imponen una condición de convexidad al conjunto de producción posible.

2.3.1 El modelo BCC orientado a entradas

El modelo BCC orientado a entradas evalúa la eficiencia de DMU_o ($o = 1, \dots, n$) resolviendo el siguiente programa lineal (en el espacio envolvente).

$$\begin{aligned} & \text{Min } \theta_o \\ & \text{s.t.} \\ & \theta_o x_o - X\lambda \geq 0 \\ & Y\lambda \geq y_o \\ & e\lambda = 1 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

Donde θ_o es un escalar. La forma dual de este programa lineal es expresado de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 \text{Max } z &= u y_0 - u_0 \\
 \text{s.t.} \\
 v x_0 &= 1 \\
 -vX + uY - u_0 e &\leq 0 \\
 v &\geq 0 \\
 u &\geq 0 \\
 u_0 &\text{ no está restringido en signo}
 \end{aligned}$$

Donde z y u_0 son escalares.

El problema primal es resuelto usando el método de las dos fases indicado en el caso del modelo CCR.

Eficiencia BCC – espacio envolvente

Si una solución óptima $(\theta^*, \lambda^*, s^-, s^{+*})$ para el modelo primal satisface $\hat{e}_B^* = 1$ y las holguras son cero ($s^- = 0$ y $s^{+*} = 0$), entonces la DMU_0 es BCC – eficiente, de otra manera es BCC – ineficiente.

El conjunto de referencia

Para una DMU_0 ineficiente, se define su conjunto de referencia E_0 , basado en una óptima solución de la fase II para λ^1 por:

$$E_0 = \{j \mid \lambda_j^1 > 0\} (j \in \{1, \dots, n\})$$

3. Aplicación del modelo de BSC enriquecido con DEA en la evaluación docente del programa de Ingeniería Industrial

3.1 Desarrollo del BSC

En el proceso de elaboración del BSC del Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Central se siguieron cuatro fases:

- **Concepto estratégico:** se decanta la planeación estratégica del programa, previamente elaborada, para tener claridad y unidad de criterio en cuanto a políticas, visión, misión, objetivos, variables críticas de éxito y cadena de valor de la organización.
- **Determinación de objetivos, vectores y medidas estratégicas:** Decantada la planeación, se la

representó de forma esquemática en un mapa estratégico que no es otra cosa que una matriz que contrasta las perspectivas del BSC contra los objetivos generales de cada una de las esferas de actividad del programa: academia, investigación, proyección Social, y desarrollo organizacional, el cual puede observarse en el anexo 1. En esta matriz se ubican, según correspondan, cada uno de los objetivos estratégicos que resultan del desarrollo del plan estratégico y se trazan las diferentes relaciones de causalidad existentes entre ellos. El mapa estratégico permite visualizar la interdependencia de los diferentes componentes de la estrategia a la hora de buscar el desarrollo integral de la misión y la visión y facilita la identificación de las variables críticas propias y particulares de cada objetivo que van a facilitar su seguimiento y control sin entrar en conflicto o confusión con otros directamente relacionados. Trazado el mapa estratégico, es posible encontrar los vectores estratégicos, entendidos como las cadenas de objetivos que atraviesan las cuatro perspectivas, y que por sí solos tienen un sentido y coherencia. Es importante que esos vectores estén atados a los procesos de la cadena de valor de la organización, de manera que se puedan establecer «responsables por vector», o «sección» del BSC.

- **Establecimiento de vectores, metas e iniciativas:** Cuando están claramente identificados los vectores, se procede a establecer los valores metas de las variables críticas que mejor los describen y consistentes con ellas, los indicadores de seguimiento y control que se utilizarán en cada objetivo y por extensión en cada unidad o proyecto del programa. En este punto la estructura del BSC ya está completa.
- **Comunicación, implantación y automatización:** Concluido el modelamiento del BSC para el programa, se socializa y se toman las decisiones inherentes a su implantación y automatización para la operación. Se definió que este proceso fuera progresivo de tal suerte que los resultados de la implantación del BSC en un área o unidad estratégica del programa retroalimentara todo el modelo permitiendo su continuo mejoramiento. La comunicación de la utilidad de la herramienta para todos y cada uno de los miembros de la organización y el inherente proceso de

aprestamiento en su manejo son decisivos para el éxito. Este modelo de BSC comenzó a aplicarse en la evaluación docente por ser uno de los aspectos más complejos y sensibles del programa de cara al compromiso que encarna con los diferentes grupos de interés.

3.2 Aplicación de DEA en evaluación docente

En la realización de este trabajo se consideraron las encuestas correspondientes a 43 cursos impartidos dentro del ciclo formativo de los estudiantes del programa de pregrado en ingeniería industrial y en ellas los estudiantes evaluaron cada variable de 1 a 5, siendo uno (1) la menor calificación y cinco (5) la mejor.

Se aplicó un modelo DEA CCR enfocado a salidas (CCR – O), de forma independiente para cada una de las perspectivas del BSC elaborado para el programa, pertinentes en este caso a la actividad docente: Un DEA para la **calidad en el diseño del curso**, otro para el **aprendizaje y crecimiento** y otro para el **desempeño del alumno**. Gracias a ello es posible obtener tres puntajes de eficiencia para cada curso. No se llevó a cabo una evaluación que involucre simultáneamente todos los aspectos ya que con 20 variables y 43 DMU (profesor -curso) el modelo no discrimina apropiadamente entre unidades eficientes y no eficientes.

El supuesto principal de la aplicación es que todos los docentes tienen las mismas capacidades y recursos para realizar su labor, por lo cual la variable de entrada en todos los casos es igual a uno (1) para todas las DMU.

Los valores de las variables de salida que alimentan al modelo DEA son el promedio de la calificación otorgada por los estudiantes. Así por ejemplo y considerando la información de la **Tabla 1**, el modelo DEA para evaluar la **calidad en el diseño del curso** consta de 11 variables de salida donde cada una corresponde al promedio por curso.

Perspectivas del Balanced Score Card Consideradas (Aspectos)	Variables de Salida	
Interna u Organizacional: Calidad en el Diseño del Curso	(Y ₁)	Practicidad – Aplicabilidad - Utilidad del curso
	(Y ₂)	Aporte al Individuo
	(Y ₃)	Fortalecimiento a la capacidad de pensar
	(Y ₄)	Exigencia del curso
	(Y ₅)	Integridad (Autocontenido)
	(Y ₆)	Aprendizaje de Conceptos
	(Y ₇)	Integración con otros cursos
	(Y ₈)	Fortalecimiento de la Capacidad de trabajar en equipo
	(Y ₉)	Pertinencia del curso
	(Y ₁₀)	Inclusión de otros espacios de aprendizaje
	(Y ₁₁)	Pedagogías y Didácticas empleadas
Formación y Crecimiento: Calidad del Profesor	(Y ₁₂)	Relación con los Alumnos
	(Y ₁₃)	Comprensión de Individualidades
	(Y ₁₄)	Dinamismo
	(Y ₁₅)	Idoneidad, Conocimiento, Preparación
	(Y ₁₆)	Aporte al crecimiento del Grupo
	(Y ₁₇)	Dedicación
El Cliente: Desempeño del Alumno	(Y ₁₈)	Aprendizaje en grupo
	(Y ₁₉)	Fortalecimiento de la Capacidad de Pensar
	(Y ₂₀)	Fortalecimiento de la capacidad de lectura y expresión oral

Tabla 1. Variables de salidas para cada aspecto del BSC

Fuente. Modelo BSC - DEA Programa de Ingeniería Industrial Universidad Central. 2006.

Los resultados del modelo DEA son los puntajes de eficiencia relativa y las deficiencias que se están presentando en cada grupo, y muestran una dirección de como deben mejorarse las variables que conforman los aspectos considerados para acrecentar integralmente la eficiencia en el desempeño.

Los puntajes de eficiencia relativa, debido a que el enfoque del modelo es hacia salidas, se deben interpretar de la siguiente forma:

- Si la eficiencia es igual a 100% indica que la DMU considerada es eficiente, es decir que la unidad profesor-curso en cuestión obtiene mejores resultados con sus estudiantes en su proceso docente (función de producción) que el resto del conjunto de DMU analizadas, en determinado aspecto, cuando todas cuentan con los mismos recursos

de entrada (supuesto del modelo). Nótese que el concepto de eficiencia aquí manejado no implica en ningún momento un concepto absoluto de buen o mal trabajo, sino de posición de desempeño respecto a las mejores prácticas existentes en el conjunto de DMU.

- Si la eficiencia es mayor que 100% indica que la DMU es ineficiente, es decir, existe al menos otra unidad profesor-curso, real o hipotética creada a partir de la combinación lineal de varias reales que, con los mismos recursos de entrada obtiene mejores resultados en el salón de clase con su grupo.

Este modelo se corre con el software EMS (Efficiency Measurement System) versión 1.3, desarrollado por Scheel (Dormount University, 2006).

4. Resultados

La aplicación durante el primer semestre de 2006 de este modelo arrojó los resultados expuestos en el Anexo 2:

- Al evaluar la eficiencia relativa de la **calidad en el diseño del curso**, encontramos que sólo el 20,93% de los cursos considerados son eficientes, los demás cursos presentan ineficiencia. La mayor ineficiencia es de 120,55%; lo cual indica que para que dicho curso sea *eficiente radialmente* debe aumentar el promedio de las calificaciones de las once variables de este aspecto en un 20,55% con relación a sus calificaciones actuales.
- Por su parte, la eficiencia relativa en la **calidad del profesor**, muestra que únicamente el 6,97% de los cursos son eficientes. La mayor ineficiencia es de 133,99%, debiendo aumentar la calificación promedio de las cinco variables correspondientes en un 33,99 % para alcanzar la *eficiencia radial*.
- Al llevar a cabo la evaluación de eficiencia relativa en cuanto al **desempeño del alumno**, concluimos que 9,30% de los cursos son eficientes. La mayor ineficiencia es de 123,15%, debiendo aumentar la calificación promedio de las cuatro variables correspondientes en un 23,15 % para alcanzar la *eficiencia radial*.

Estos resultados se pueden interpretar como que la cantidad de docentes-curso que se encuentran en la cresta del Benchmarking es pequeña, pero la

“distancia” entre éstos y el resto de DMU no sobrepasa el 34% en su caso más crítico.

Conclusiones y recomendaciones

De la experiencia de implantar este modelo en el programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Central de Bogotá, el grupo investigador concluye:

- La definición de las DMU como unidades profesor-curso obedece a que la dinámica de cada salón de clase es diferente a pesar que la temática y profesor de dos o más grupos sean los mismos. Intervienen en la construcción de esa dinámica las sinergias que se presentan entre los mismos estudiantes, y entre los estudiantes y el profesor, el espacio físico en que se imparte el curso, y los gustos y preferencias de los estudiantes que conforman el grupo, entre otros.
- DEA suministra los puntajes de eficiencia relativa. Para los cursos que resultan ineficientes DEA provee la magnitud de las ineficiencias en cada una de las variables consideradas en la evaluación gracias a lo cual es posible determinar aquellas variables, propias de cada aspecto, en las cuales la entidad profesor-curso debe mejorar. Adicionalmente, indica el *conjunto de referencia*, constituido por los cursos que, siendo eficientes, sirven como *Benchmarking* para la evaluación. De esta manera el modelo permite determinar *mejores prácticas* de desempeño, al analizar las DMU eficientes que se utilizan en mayor grado en la evaluación de las ineficientes.
- El componente DEA del modelo no busca escalar a los profesores de acuerdo con su desempeño. Pretende proveerlos de un instrumento científico que les permita compararse constructivamente con sus compañeros de trabajo en aras de establecer procesos de gestión de conocimiento que hagan posible que las mejores prácticas docentes se difundan por toda la comunidad, con lo cual no sólo mejoran los desempeños individuales sino el de la organización en general.
- La interacción BSC – DEA permite establecer valores meta para las diferentes variables e indicadores con criterios consecuentes a las características de la organización y sus diferentes componentes, su dinámica y los mejores desempeños observados.

- Las causas de los movimientos en el desempeño de cada DMU pueden ser estudiadas desde dos perspectivas: Las relaciones de causalidad expresadas en el mapa estratégico sobre el que se edifica el BSC y la comparación constructiva con el conjunto de referencia de cada una que suministra DEA.
- El hecho que dos DMU ineficientes obtengan un

mismo valor en su puntaje de eficiencia, no implica necesariamente que tengan que mejorar en la misma magnitud y atributos, habida cuenta que este puntaje representa la proporción en que debe crecer la calificación promedio actual otorgada por los estudiantes del grupo, en el conjunto de variables que compone el aspecto evaluado.

Referencias

- AHN, Taesik and SEIFORD, Lawrence M. (1993) Sensitivity of DEA to Models and Variable Sets in a Hypothesis Test Setting: The Efficiency of University Operations, *Creative and Innovative Approaches to the Science of Management*. IC2 Management and Management Science Series, Number 5. IC2 Institute. The University of Texas at Austin.
- ATHANASSOPOULOS, Antreas D., and SHALE, Estelle. (1997) Assessing the Comparative Efficiency of Higher Education Institutions in the UK by means of Data Envelopment Analysis. Carfax Publishing Ltd.
- BEASLEY, J.E. (1995) Determining Teaching and Research Efficiencies, *Journal of the Operational Research Society*, 46. pp. 441 – 452.
- CABALLERO, R., Galache, T., GÓMEZ, T., MOLINA, J. and TORRICO, A. (2001) Efficient Assignment of Financial Resources within a University System, *Study of the Universidad of Malaga*. *European Journal of the Operational Research*, Vol, 133. pp. 298 – 309.
- COHN, E., Rhine, S. and SANTOS, M. (1989) Institutions of higher education as multi-product firms: economies of scale and scope. *Review of Economics and Statistics*, 71, pp, 284 – 290.
- COOPER, William W., SEIFORD, Lawrence M. and TONE, Karou. (2000) *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publishers. Second Printing.
- Dormount University (2006). Department of Operations Research. EMS: Efficiency Measurement System A Data Envelopment Analysis (DEA) Software. Consultado en Julio 14 de 2006 en <http://www.wiso.uni-dortmund.de/lsgf/or/scheel/ems/#feat>
- JOHNES, J. and TAYLOR, J. (1990) *Performance Indicators in Higher Education* (Buckingham, SRHE and Open University Press).
- KAPLAN, Robert y NORTON, David. *Cómo implantar el cuadro de Mando Integral*. Gestión 2000. Editorial Planeta Colombiana. S.A. 2004.
- KAPLAN, Robert y NORTON, David (2004). *El Cuadro de Mando Integral*. Gestión 2000. Editorial Planeta Colombiana. S.A. 2da. Edición.
- KORHONEN, P., TAINO, R. and WALLENIUS, J. (2001) Value efficiency analysis of academic research, 130, pp. 121 – 132.
- PRIOR, Diego y THIEME, Claudio. (2001) *Análisis Frontera de la Eficiencia en Educación: Una Comparación Internacional*, Documento de Trabajo, Departamento de Economía de Empresa- Universidad Autónoma de Barcelona.
- RAY, Subhash C. (1991). Resource Use Efficiency in Public Schools: A Study of Connecticut Data. *Management Science*. Vol 37, No. 12. pp. 1620 - 1628
- ROBST, John. (2001) Cost Efficiency in Public Higher Education Institutions, *The Journal of Higher Education*, Vol. 72, No. 6, pp. 730 – 750.

Links relacionados

BSC

- <http://www.ciberconta.unizar.es>
- <http://www.bscol.com>
- <http://www.som.cranfield.ac.uk/som/cbp/bscorecard.org/bkgd/index.html>
- <http://www.balancedscorecard.org>
- <http://www.tablero-decomando.com>

DEA

- <http://www.wiso.uni-dortmund.de/lsgf/or/scheel/doordea.htm>
- <http://www.deazone.com/>

- <http://www.etm.pdx.edu/dea/homedea.html>
- <http://mat.gsia.cmu.edu/mstc/dea/dea.html>
- <http://users.tkk.fi/~patte/links/dealinks.html>
- <http://heliodor.bwl.uni-mannheim.de/webdea.html>
- <http://www.deafontier.com/books.html>
- <http://www.deafontier.com/deaintro.html>
- <http://hdl.handle.net/1992/449>
- <http://hdl.handle.net/1992/584>
- <http://hdl.handle.net/1992/291>
- <http://hdl.handle.net/1992/878>
- <http://hdl.handle.net/1992/388>

Sobre los autores

Jorge Enrique Mejía Quiroga

Ingeniero Industrial, MBA y Magíster Ingeniería Industrial, especialista en Gerencia de Recursos Humanos de la Universidad de los Andes. Director Programa Ingeniería Industrial de la Fundación Universidad Central. jmejiaq@ucentral.edu.co

Pablo Hernán Sánchez Torres

Ingeniero Industrial egresado de la Universidad Javeriana de Bogotá, especialista en Producción, Calidad y Tecnología de la Universidad Politécnica de Madrid (España) y candidato a Master en Dirección de Operaciones, Calidad e Innovación, en la misma Universidad. Profesor del programa de pregrado y especialización de Ingeniería Industrial

de la Fundación Universidad Central de Bogotá. psanchezt@ucentral.edu.co

Delimiro A. Visbal Cadavid

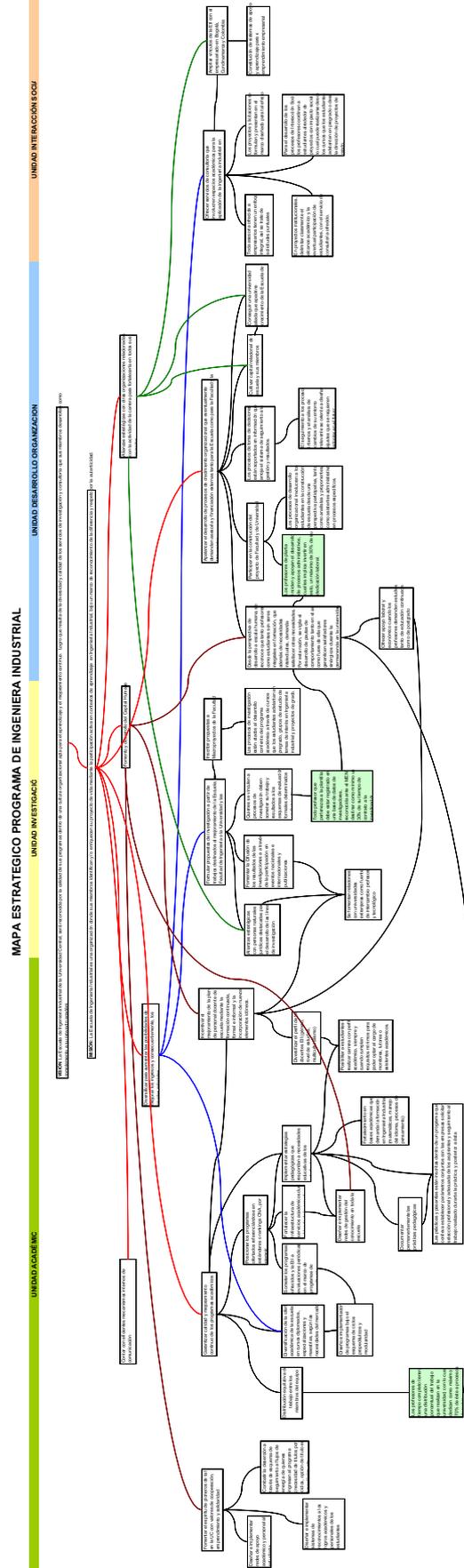
Ingeniero Químico de la Universidad del Atlántico, Magíster en Ingeniería Industrial de la Universidad de los Andes, Especialista en Gerencia de Producción y Operaciones de la Universidad Autónoma del Caribe. Profesor del programa de ingeniería industrial de la Fundación Universidad Central. dvisbalc@ucentral.edu.co

Fundación Universidad Central, Carrera de Ingeniería Industrial. Cra 5 No. 21 – 38, Bogotá, Colombia. Teléfono 57 1 323 98 68 ext 237, fax 57 1 323 98 68 ext 250

Continúan 2 anexos

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

ANEXO 1



ANEXO 2

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL METODO DE EVALUACION DOCENTE.

Calificación faltante promedio necesaria en cada una de las variables consideradas en el factor "Calidad en el Diseño del Curso" para que el curso se encuentre en la frontera eficiente												
Curso	Variable X1	Variable X2	Variable X3	Variable X4	Variable X5	Variable X6	Variable X7	Variable X8	Variable X9	Variable X10	Variable X11	
CURSOS INEFICIENTES CCR - O												
C 3	120,55%	0,7706	0,8287	0,7963	0,7706	0,7963	0,7449	1,3370	1,1614	1,4301	0,6421	
C 39	116,63%	0,6297	0,8640	1,2486	0,6831	0,6831	1,1926	1,4766	1,0046	0,6295	0,6356	
C 38	114,96%	0,5848	0,6120	0,9478	0,6863	0,6052	0,7220	0,5236	0,7611	1,0015	0,5168	
C 30	113,53%	0,6144	0,6328	0,9909	0,7903	0,6346	0,5653	0,5556	0,7630	0,4831	0,5411	
C 29	112,40%	0,5052	0,7957	0,9435	0,5219	0,5214	0,4949	0,4639	0,8199	0,7419	0,4680	
C 43	112,02%	0,4776	0,6050	0,7444	0,5193	0,4878	0,7301	0,4926	0,8219	0,5856	0,4726	
C 28	111,53%	0,4765	0,5509	0,7970	0,6045	0,4485	0,4765	0,7728	0,4461	0,6007	0,4552	
C 32	111,02%	0,4250	0,4920	0,7844	1,2075	0,6398	0,9621	1,1990	0,4932	1,0755	0,4310	0,4460
C 4	109,71%	0,3778	0,4946	1,1052	0,6570	0,6738	0,6260	0,8555	0,4407	1,0669	0,4858	0,3883
C 33	109,67%	0,4062	0,5454	0,4604	0,9211	0,4788	0,7696	0,5939	0,4544	0,3997	0,3803	0,4061
C 6	109,60%	0,3972	0,5103	0,6207	0,6509	0,3999	0,8082	0,3880	0,3865	0,3907	0,6609	0,3732
C 21	109,39%	0,3930	0,4257	0,6649	0,4103	0,3862	0,5193	0,5693	0,3560	0,4777	0,4645	0,3802
C 7	109,11%	0,3707	0,4761	0,4032	0,7870	0,3642	0,7229	0,9484	0,3902	0,5524	0,3203	0,3805
C 12	109,03%	0,3690	0,3864	0,7080	0,6298	0,3709	0,3951	0,3547	0,4630	0,8359	0,5134	0,3628
C 19	108,97%	0,3652	0,6835	0,4442	0,4037	0,3575	0,7873	0,6844	0,8260	0,8739	0,7317	0,3428
C 1	108,94%	0,3650	0,3874	0,7056	0,5287	0,3669	0,4022	0,6294	0,3501	0,7933	0,3957	0,3613
C 11	107,89%	0,3341	0,3608	0,3472	0,5353	0,3183	0,3951	0,5454	0,3209	0,5128	0,5485	0,3183
C 2	107,46%	0,3126	0,6409	0,9477	0,7590	0,4759	0,4499	0,4271	0,3304	0,5253	0,5060	0,3059
C 37	106,63%	0,2843	0,6033	0,8134	0,6977	0,2819	0,4472	0,3559	0,2796	0,5730	0,2606	
C 23	106,60%	0,2708	0,3129	0,6151	0,4067	0,3034	0,4629	0,2704	0,8284	0,4717	0,2440	0,2770
C 15	105,98%	0,2593	0,2593	0,5690	0,2924	0,2564	0,4059	0,3499	0,2450	0,3531	0,3933	0,2507
C 8	105,48%	0,2282	0,2419	0,3193	0,6564	0,2373	0,2464	1,0393	0,2373	0,5540	0,3293	0,2282
C 36	105,43%	0,2278	0,2384	0,4984	0,4585	0,2344	0,3361	0,2270	0,5374	0,2649	0,4285	0,2242
C 25	105,29%	0,2259	0,2443	0,6339	0,6408	0,6557	0,7027	0,2259	0,4745	0,3812	0,6671	0,2012
C 16	104,74%	0,2015	0,2133	1,3410	1,1432	0,1955	0,4583	0,6254	0,2015	0,5805	1,0534	0,1659
C 13	104,39%	0,1909	0,4936	0,6096	0,6319	0,1792	0,1989	0,6027	0,1792	0,8234	0,3785	0,1837
C 31	104,00%	0,1707	0,7077	0,5035	0,2391	0,1744	0,1780	0,5865	0,1816	0,2252	0,3786	0,1671
C 5	103,34%	0,7249	0,3370	0,1525	0,5787	0,3880	0,3026	0,7907	0,1377	0,2292	0,1316	0,1496
C 9	102,73%	0,1154	0,2949	0,2293	0,1974	0,1531	0,3863	0,1123	0,1049	0,2440	0,3835	0,1054
C 35	101,47%	0,0862	0,2343	0,3179	0,1762	0,0648	0,0677	0,0633	0,2777	0,0638	0,4975	0,0603
C 18	101,34%	0,0576	0,2689	0,0611	0,2401	0,1316	0,4604	0,0597	0,0566	0,2189	0,3178	0,0541
C 20	100,57%	0,0256	0,5168	0,4851	0,2163	0,0251	0,2491	0,0242	0,0605	0,0256	0,7663	0,0213
C 17	100,44%	0,0203	0,2194	0,3793	0,7841	0,1525	0,9097	0,3432	0,0191	0,0197	0,3210	0,0191
C 34	100,24%	0,0112	0,1990	0,2675	0,1286	0,0567	0,1575	0,2372	0,0108	0,1521	0,2758	0,0107
C 10	100,00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C 14	100,00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C 22	100,00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C 24	100,00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C 26	100,00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C 27	100,00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C 40	100,00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C 41	100,00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C 42	100,00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Calificación faltante promedio necesaria en cada una de las variables consideradas en el factor "Calidad del Profesor" para que el curso se encuentre en la frontera eficiente							
CURSO	Puntaje Calidad del Profesor	Variable X_{12}	Variable X_{13}	Variable X_{14}	Variable X_{15}	Variable X_{16}	
C 3	133,99%	1,232	1,232	1,750	1,357	1,464	CURSOS INEFICIENTES CCR - 0
C 21	119,87%	0,814	0,794	0,995	0,828	0,845	
C 38	119,11%	0,790	0,901	1,150	0,764	0,827	
C 19	118,99%	0,812	0,852	0,789	1,107	0,760	
C 39	118,64%	0,786	0,738	1,321	0,738	0,952	
C 10	117,65%	1,236	1,384	1,913	0,750	1,014	
C 41	116,69%	0,705	0,744	1,017	0,681	1,012	
C 9	115,96%	0,654	0,812	0,719	0,685	0,656	
C 30	115,82%	0,678	0,644	1,308	0,751	0,822	
C 2	115,53%	0,666	0,636	1,150	0,731	0,683	
C 29	115,43%	0,652	0,661	1,020	0,646	0,884	
C 4	114,71%	0,668	0,584	0,911	1,081	0,616	
C 32	114,35%	0,622	0,581	1,033	0,712	0,589	
C 5	112,96%	0,557	0,596	0,728	0,557	0,792	
C 43	112,55%	0,554	0,525	1,071	0,747	0,635	
C 40	111,78%	0,520	0,584	1,333	0,501	0,644	
C 27	111,11%	0,500	1,167	1,500	1,167	0,667	
C 12	110,71%	0,482	0,454	0,778	0,480	0,566	
C 18	110,62%	0,464	0,601	0,842	0,469	0,459	
C 20	110,54%	0,466	0,740	0,909	0,460	0,623	
C 37	110,31%	0,460	0,446	0,964	0,696	0,766	
C 15	109,19%	0,526	0,398	0,751	0,857	0,403	
C 11	108,97%	0,404	0,395	1,000	0,595	0,705	
C 28	108,83%	0,397	0,627	0,816	0,390	0,650	
C 1	108,44%	0,389	0,364	1,087	0,406	0,511	
C 31	108,37%	0,373	0,373	1,047	0,432	0,365	
C 36	108,16%	0,373	0,358	1,043	0,467	0,759	
C 16	108,11%	0,375	0,417	2,100	0,917	0,792	
C 7	108,06%	0,368	0,354	1,056	0,535	0,613	
C 33	107,91%	0,367	0,467	1,000	0,400	0,967	
C 17	107,69%	0,352	0,341	1,143	0,484	0,407	
C 35	107,59%	0,349	0,334	0,900	0,334	0,384	
C 6	107,40%	0,329	0,312	0,654	0,407	0,329	
C 25	107,37%	0,336	0,329	1,000	0,796	0,832	
C 23	105,92%	0,275	0,433	0,800	0,266	0,292	
C 24	105,86%	0,268	0,268	0,331	0,446	0,262	
C 34	104,17%	0,200	0,667	0,800	0,267	0,267	
C 14	103,86%	0,183	0,250	0,408	0,350	0,175	
C 13	103,74%	0,179	0,312	0,870	0,169	0,430	
C 26	102,11%	0,099	0,093	0,816	0,571	0,098	
C 8	100,00%	0	0	0	0	0	CURSOS EFICIENTES CCR - 0
C 22	100,00%	0	0	0	0	0	
C 42	100,00%	0	0	0	0	0	

Calificación faltante promedio necesaria en cada una de las variables consideradas en el factor "Desempeño del Alumno" para que el curso se encuentre en la frontera eficiente						
CURSO	Puntaje Desempeño del Alumno	Variable X_{17}	Variable X_{18}	Variable X_{19}	Variable X_{20}	
C 3	123,15%	0,893	1,321	1,179	0,929	CURSOS INEFICIENTES CCR - 0
C 38	120,49%	0,946	0,810	0,810	0,761	
C 10	119,15%	1,005	0,766	1,016	0,718	
C 19	117,62%	0,712	0,712	0,712	0,846	
C 39	117,01%	0,906	0,687	0,758	0,662	
C 40	116,67%	0,754	0,732	0,667	0,667	
C 29	116,53%	0,667	0,674	0,753	0,847	
C 21	115,10%	0,766	0,672	0,619	0,599	
C 15	114,40%	0,584	0,637	0,590	0,583	
C 2	113,82%	0,717	0,717	0,967	0,567	
C 41	113,52%	0,541	0,782	0,568	0,546	
C 32	113,51%	0,578	0,560	0,560	0,547	
C 30	113,29%	0,542	0,765	0,551	0,541	
C 43	111,63%	0,556	0,514	0,625	0,486	
C 25	111,55%	0,477	0,559	0,493	0,748	
C 9	111,14%	0,452	0,478	0,489	0,660	
C 33	110,73%	0,595	0,738	0,488	0,452	
C 5	110,38%	0,737	0,582	0,443	0,431	
C 12	109,92%	0,425	0,467	0,535	0,412	
C 6	109,66%	0,376	0,571	0,421	0,396	
C 7	109,65%	0,416	0,420	0,545	0,391	
C 1	109,45%	0,434	0,532	0,407	0,394	
C 28	109,29%	0,387	0,405	0,421	0,464	
C 4	109,28%	0,640	0,477	0,694	0,396	
C 16	108,74%	0,626	0,382	0,382	0,360	
C 18	108,49%	0,351	0,373	0,478	0,543	
C 23	107,95%	0,350	0,650	0,450	0,500	
C 37	107,86%	0,317	0,669	0,348	0,483	
C 11	107,69%	0,369	0,469	0,336	0,328	
C 31	107,69%	0,602	0,336	0,427	0,329	
C 36	107,64%	0,337	0,489	0,402	0,543	
C 20	107,55%	0,333	0,458	0,500	0,458	
C 26	106,87%	0,370	0,302	0,302	0,295	
C 27	106,67%	1,000	0,300	1,300	0,900	
C 13	106,28%	0,281	0,587	0,505	0,276	
C 8	105,56%	0,250	0,417	0,250	0,333	
C 35	105,26%	0,237	0,237	0,337	0,226	
C 17	103,91%	0,179	0,179	0,607	0,214	
C 24	102,90%	0,122	0,492	0,135	0,159	
C 14	100,00%	0,000	0,133	0,333	0,000	
C 22	100,00%	0	0	0	0	
C 34	100,00%	0	0	0	0	
C 42	100,00%	0	0	0	0	

Ineficiencia de mezcla

Eficiencia Radial