
Medición de la eficiencia de las Facultades de la Universidad Santo Tomás seccional Tunja a través de modelos de eficiencia

Measurement of the efficiency of the Faculties of the Tunja sectional Santo Tomás University through efficiency models

Gustavo Orlando Barrera Mariño^a
gustavobarreram@usantotomas.edu.co

Andrés Cruz Pérez^b
dir.estadisticaaplicada@usantotomas.edu.co

Jeimy Paola Aristizabal Rodríguez^c
jparistizabalr@gmail.com

Resumen

Los modelos de eficiencia son técnicas utilizadas para medir el uso de recursos y sus productos o resultados, comúnmente denominadas unidad de gestión de datos (DMU), las cuales transforman entradas en salidas para medir la eficiencia de cada unidad de estudio. Los modelos de eficiencia permiten comparar en términos de resultados a las diferentes unidades teniendo en cuenta sus recursos. En el presente trabajo se toman INPUTS o variables de entrada para cada facultad y se revisan las salidas que para este caso son los productos de las 10 facultades de la Universidad Santo Tomás seccional Tunja, a través de la aplicación de modelos de fronteras de eficiencia. Para cumplir con este objetivo, se realizó la recolección de información de un periodo específico a través de la medición de diferentes variables enmarcadas en los ejes misionales de la Educación Superior en Colombia, a saber: Formación, Investigación y Extensión o proyección social. Se aplicaron dos enfoques diferentes de modelos de fronteras de eficiencia: un enfoque paramétrico en el que se asume que existe una relación funcional conocida entre las variables de insumo (inputs) y las variables de resultado (outputs) ajustando un modelo de fronteras estocásticas (SFA) y un enfoque no paramétrico en el cual se aplica el modelo de datos envolventes (DEA). Se logró identificar cuales facultades logran su mayor eficiencia con menores inputs, al igual que se proyectan variables en las cuales se puede mejorar para lograr la mayor eficiencia en las facultades con menores resultados. Con este trabajo se espera brindar una herramienta de gestión, que permita generar planes de mejoramiento y optimización de sus recursos.

Abstract

Efficiency models are techniques used to measure the use of resources and their products or results, commonly called data management unit (DMU), which transform inputs into outputs to measure the efficiency of each study unit. Efficiency models make it possible to compare the different units in terms of results, taking into account their resources. In the present work, INPUTS or input variables are taken for each faculty and the outputs are reviewed, which in this case are the products of the 10 faculties of the Universidad Santo Tomás sectional Tunja, through the application of efficiency frontier models. To meet this objective, information was collected for a specific period through the measurement of different variables framed in the missionary axes of Higher Education in Colombia, namely: Training, Research and Extension or social projection. Two different efficiency frontier model approaches were applied: a parametric approach in which it is assumed that there is a known functional relationship between the

^aEstudiante de Maestría en Estadística aplicada

^bProfesor asociado en la dirección del documento

^cProfesor asociado en la dirección del documento

input variables (inputs) and the output variables (outputs) by fitting a stochastic frontier model (SFA) and a non-parametric approach in which the data envelope model (DEA) is applied. It was possible to identify which faculties achieve their greatest efficiency with lower inputs, as well as variables that can be improved to achieve greater efficiency in the faculties with lower results. With this work it is expected to provide a management tool that allows generating plans for improvement and optimization of its resources.

1. Introducción

La Universidad Santo Tomás es una institución de educación superior privada y católica, la cual es dirigida por Frailes de la orden de predicadores de la provincia de San Luis Beltrán de Colombia. La Universidad en mención presta servicios de formación en diferentes disciplinas de pregrado, postgrado especialización y maestría entre otros, su misión se fundamenta en el pensamiento Humanista y Cristiano de Santo Tomás de Aquino que consiste en promover la formación integral de las personas en el campo de la educación superior, mediante acciones y procesos de enseñanza- aprendizaje, investigación y proyección social, aportando a solucionar problemáticas y necesidades de la comunidad. (USTA, 2004^a, p.5, Informe de autoevaluación USTA IAC). Se pretende realizar con este estudio un análisis general por facultades (Administración de empresas, Arquitectura, Derecho, Contaduría pública, Ingeniería ambiental, Ingeniería civil, Ingeniería electrónica, Ingeniería mecánica, Ingeniería de sistemas, Negocios internacionales) de la Universidad, donde se haga un análisis de eficiencia a través de la aplicación de modelos de fronteras de eficiencia con dos enfoques: uno no paramétrico basado en la aplicación de análisis de datos envolvente (DEA), Jaime, Luque (2016) y uno paramétrico basado en la aplicación de fronteras estocásticas (SFA), Battese, Coelli (1995)

En la búsqueda del mejoramiento continuo se plantea la pregunta, ¿cuáles Facultades de la Universidad Santo Tomás Tunja tienen mayor eficiencia en cada uno de los ejes misionales?, la respuesta a esta inquietud y la identificación de las variables relacionadas con ineficiencias, permitirá a nivel macro establecer estrategias y alternativas para fortalecer permanentemente la educación, los mecanismos de gestión y los sistemas de calidad dentro de la institución y a nivel micro (para las unidades) presentar propuestas acordes a cada una de las unidades de estudio para seguir fortaleciendo la buena gestión de los líderes de la institución. Asimismo, el resultado del presente probablemente resalte mejoramientos en las funciones misionales de la Universidad y en cada uno de los ejes misionales por facultad, incluidos en el análisis: formación, investigación y extensión o proyección social y teniendo en cuenta que entre las facultades la asignación de recursos para el logro de resultados es heterogénea por múltiples circunstancias. Finalmente, con este análisis la Universidad podrá definir e implementar políticas para incrementar la calidad de cada Facultad, basado en información real y no a través de la percepción particular. El alcance de la investigación se limita a las Facultades de la Universidad Santo Tomás seccional Tunja, pero se puede replicar hacia otras organizaciones similares.

Para determinar los niveles de eficiencia por cada Facultad se usan metodologías del Análisis Envolvente de datos y Análisis de Fronteras Estocásticas para establecer la eficiencia técnica de las diferentes facultades de la Universidad Santo Tomás seccional Tunja a través de la aplicación de modelos estadísticos realizando una comparación de resultados entre modelos descritos paramétrico y no paramétrico. Siguiendo un orden se identificaron las variables de capacidad y las variables de resultado por cada uno de los ejes misionales de la organización verificando descriptivamente cada una de las variables y su aporte a la construcción de los resultados, una vez seleccionadas las variables a trabajar se organizó la información para realizar una comparación entre los modelos de eficiencia paramétrico y no paramétrico que permiten verificar la eficiencia por cada facultad, asumiendo los mismos recursos para el logro de los resultados de tal manera que se visualiza finalmente la variable o variables que permiten ser maximizadas para que la unidad de estudio o facultad sea más eficiente. Los modelos de eficiencia permiten medir el uso de recursos y sus productos o resultados, comúnmente denominadas unidad de gestión de datos (DMU), las cuales transforman entradas en salidas para medir la eficiencia de cada unidad de estudio.

Para lo anterior se hizo uso del análisis envolvente de datos por medio del cual se identifica una frontera empírica que permite inducir un resultado de eficiencia por cada unidad estudiada, comparado con el análisis de fronteras estocásticas, el cual asume que la eficiencia en las Facultades ha sido explicada por medio de los insumos que se usaron en la transformación de los resultados y tomando como premisa que existen factores complejos que se ajustan al modelo y generan una curva de eficiencia que puede ser comparada por los resultados de las diferentes facultades.

2. MODELOS DE EFICIENCIA

Los modelos de fronteras permiten verificar por medio de entradas y salidas la eficiencia de una Facultad y decidir que recurso puede maximizar o minimizar para lograr el mayor rendimiento de la unidad, que para este caso específico es la Facultad en estudio. Dentro de estos modelos, se incluyen modelos paramétricos (SFA) y modelos no paramétricos (DEA). El DEA es una herramienta no paramétrica que produce una frontera eficiente empírica, es decir, dada por los datos suministrados al modelo y permite alcanzar un índice único de eficiencia por unidad evaluada, generando un conjunto de referencia para las unidades o dependencias que resulten ineficientes. Con carácter general, los métodos de estimación para construir la frontera pueden clasificarse, en función de que se requiera o no especificar, una forma funcional que relacione los inputs (entradas) con los outputs (salidas), en métodos paramétricos o no paramétricos. El Análisis Envolvente de Datos (DEA) es una técnica no paramétrica, determinista, que recurre a la programación matemática. Jaime, Luque (2016). El DEA es una herramienta no paramétrica que produce una frontera eficiente empírica, es decir, dada por los datos suministrados al modelo y permite alcanzar un índice único de eficiencia por unidad evaluada, generando un conjunto de referencia para las unidades que resulten ineficientes. No está condicionado a supuestos en la distribución de los datos, utiliza programación lineal para ajustar una función de límite a datos de observación para una muestra de empresas relativamente homogéneas. El método es libre de distribución y permite que los datos hablen por sí mismos, Bates, Baines y Whynes, (1996). Más específicamente, la frontera DEA encuentra la mejor combinación insumo-producto para tener un mejor ajuste extremo dadas las restricciones y suponiendo la libre disposición de las entradas y salidas, Seiford, Thrall (1990)

De otro lado, el SFA es un método estocástico que permite establecer a través de métodos paramétricos la frontera de eficiencia de varias unidades de gestión de datos (DMU), en condiciones de heterogeneidad para cada Facultad. El modelo de frontera estocástica supone una modificación de la frontera determinística que, aunque presenta mayor complejidad en su estimación, permite reconocer la posible influencia de perturbaciones aleatorias en el análisis. De hecho, las funciones de frontera de tipo determinístico presentan como principal característica que atribuyen toda la desviación de la frontera a la ineficiencia, Pérez (2012). El Análisis de Fronteras Estocásticas (SFA) es un método estocástico que permite establecer a través de métodos paramétricos la frontera de eficiencia de varias DMU en condiciones de heterogeneidad. Está condicionado a supuestos en la distribución de los datos, utiliza métodos paramétricos que asumen una estructura y luego ajusta la curva. Hay varias opciones disponibles para estimar las fronteras de las mejores prácticas a través del enfoque paramétrico. La opción más simple es corregir la ubicación de la línea de regresión de mínimos cuadrados para reflejar el ideal conductual de la mejor práctica en lugar de un promedio. Una táctica alternativa, bajo el enfoque paramétrico, es emplear criterios de máxima versosimilitud para estimar la frontera de eficiencia.

2.1. Modelo de Análisis Envolvente (DEA)

Este modelo para medición de eficiencia logra realizar una medición de capacidad que tiene cada unidad de producción en este caso cada Facultad, para lograr producir la mayor cantidad de salidas o de productos (output) a partir de un conjunto de entradas o variables de trabajo inicial, por ejemplo para el caso específico docentes, productos de investigación y cada una de las entradas que se tendrán

en cuenta, denominadas inputs. Esta medición se obtiene a partir de la comparación entre cada valor resultado del análisis de la unidad con el valor de la frontera estimada. En la figura 1 se muestra un ejemplo de medición de eficiencia (ET), en el cual se observa la línea de frontera y el sector ineficiente.

La medición de eficiencia técnica medida como un punto debajo de la línea de la frontera la describiremos como: *Eficiencia*¹(ET);

$$ET = \frac{OB'}{OB} = B \quad (1)$$

Para tal caso, se definió O como el origen, B' el punto sobre la frontera de eficiencia y un punto B la variable de entrada o input y se encuentra determinada por un rango de cero a 1, siendo 1 su máxima eficiencia

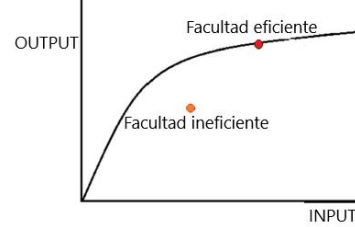


Figura 1: Frontera estocástica
Fuente: Autor

El análisis DEA aplicado, busca el punto de eficiencia más próximo maximizando la suma de los insumos de la variable que hace que sea más o menos eficiente (slacks) requeridos para moverse de un punto de frontera ineficiente a otro eficiente y verificar cual de las entradas o salidas pueden maximizarse o minimizarse para encontrar las mejores salidas de producción.

$$\begin{aligned} \text{Max}_{u,v} h_0 &= \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{r0}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{i0}} \\ &\text{suje}to \text{ a} \\ \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{r0}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{i0}} &\leq 1 \\ &\text{tomando} \\ i &= 1, 2, 3, \dots, m \\ U_r, V_i &\geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Para lo cual definimos

i = Cada una de las iteracciones de entrada para medir la eficiencia
 r = Cada una de las iteracciones de salida para medir la eficiencia
 X_i = Cantidad de entradas (input) consumidas por cada Facultad
 Y_r = Cantidad de salidas (input) generadas por cada Facultad

Se pretende encontrar los valores óptimos de U_r y V_i que maximicen la eficiencia h_o , las ponderaciones de outputs e inputs para los cuales las unidades de gestión de datos (DMU) son particularmente eficientes, reciben unos valores máximos y el resto de ponderaciones recibe unos valores muy pequeños o cero. Consecuentemente, la variable cuya ponderación es igual a cero no es tomada en cuenta en la evaluación de la eficiencia. Dentro de esta metodología se realizan procesos de programación, donde a través de variables de entrada (X_i), podemos encontrar salidas o resultados (Y_i) de las cuales los slack (valores de a variable que hace que la unidad de estudio sea más o menos eficiente) nos permiten evidenciar valores sobre los cuales se pueden maximizar o minimizar.

Trabajando con los Slacks se hace referencia a la cantidad de insumo en exceso o déficit de producto cuando se está operando en la frontera de eficiencia calculada, Farrell (1957).

¹Jaime y Luque, Junio de 2016, Formulación en el Análisis Envolvente de Datos (DEA). Resolución de casos prácticos, U Sevilla.

2.2. Modelo de fronteras estocásticas (SFA)

Si se supone que una función de producción para la i -ésima Facultad es de la forma

$$Q_{i1} = f(Z_i, \beta) \quad (3)$$

donde

Q_{i1} = Producto de la i -ésima facultad

Z_i = El vector de insumos de la i -ésima facultad

β = vector de parámetros asociados a la función de producción

En esta función, se asume que no existen ineficiencias, y que con los recursos disponibles cada facultad alcanza el máximo posible de resultados. Los modelos de frontera estocástica asumen que cada Facultad produce sus resultados al menos con un mínimo grado de eficiencia; así:

$$Q_i = f(Z_i, \beta) * E_i$$

Donde E_i es el nivel de ineficiencia de la facultad i , expresado como un número entre 0 y 1. Una facultad es completamente eficiente con respecto a sus capacidades o recursos teniendo referente al valor de E_i y se encuentra bajo este esquema conceptual, el valor de esta constante refleja las ineficiencias de las decisiones tomadas en la Facultad. Sin embargo, el resultado obtenido por una Facultad no depende exclusivamente de las decisiones y/o procedimientos asumidos, también depende de cuestiones no controlables, que se incluyen en el modelo como una perturbación aleatoria de error compuesto entre $V_i - U_i$, de aquí tenemos que V_i es un componente aleatorio (captura el ruido estocástico). Donde U_i es mayor a cero, pero V_i puede tomar cualquier valor, Greene (2003), de la forma:

$$Q_i = f(Z_i, \beta) \mathbb{E}_i \exp(V_i)$$

Si se aplican logaritmos a ambos lados de la ecuación, y asumiendo que la frontera de producción $f(z_i, \beta)$ es lineal en los logaritmos Q_i es el vector del logaritmo natural del producto obtenido por los OUTPUT y (β) es un vector de los parámetros a estimar, Z_i el vector del logaritmo natural de cada uno de los INPUT generados en el proceso, se tiene:

$$\ln(q_i) = \ln f(Z_i, \beta) + \ln(\mathbb{E}_i) + (V_i)$$

Asumiendo que hay k entradas que determinan los insumos, que la función de producción es lineal y definiendo: $U_i = -\ln(\mathbb{E}_i)$, se tiene la función lineal:

$$\ln(Q_i) = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j \ln(Z_j) + V_i - U_i$$

En el caso particular del modelo propuesto Q_i corresponde a cada uno de los productos de las facultades o al índice de resultados (combinación lineal de los productos) definidos en el paso anterior y los Z_i con $k = 1$, es decir Z_i al total de gastos utilizados para realizar los productos por la facultad i .

El valor estimado que provee los resultados definitivos para el modelo es el parámetro E_i , a través del paquete estadístico R utilizando el procedimiento **frontier**. Esta estimación tiene en cuenta parámetros definidos anteriormente donde a través de los vectores de parámetros (β_n) desarrolla el modelo con cada una de las facultades y las variables de entrada elegidas.

$$\ln(Q_i) = \beta_0 + \beta_1 \ln(Z_1) + \beta_2 \ln(Z_2) + \dots + \beta_{10} \ln(Z_{10})$$

Donde tomamos cada Z_i de las variables INPUT definidas para las facultades y realizamos por medio de R la transformación lineal, sabiendo que los β deben ser estimados y corresponden a la elasticidad de la frontera de eficiencia en relación a los insumos.

El uso del modelo de retornos constantes implica que si una actividad (x,y) se puede realizar con los insumos presentes, entonces, para todo escalar positivo t, la actividad (tx, ty) también resultará como producto de la interacción de los insumos, lo que a su vez significa que cualquier DMU, independientemente de su tamaño, puede lograr la eficiencia; cada DMU se compara con la más eficiente. La eficiencia calculada bajo el supuesto de rendimientos a escala constantes y eliminación gratuita de inputs y outputs se conoce como eficiencia técnica global, Susanto (2008).

Cuando no es procedente asumir una tecnología con retornos a escala constante, por la naturaleza misma del problema o porque se tenga duda respecto a cuál tecnología asumir como supuesto, es recomendable trabajar con retornos a escala variable. A partir de (DMU) eficientes que les sirven de referencia a los no eficientes, se puede calcular el incremento requerido en el output de estos últimos para lograr ubicarse en la frontera eficiente.

3. Metodología

Dentro del análisis de esta investigación se emplea análisis de tipo cualitativo y cuantitativo que se basa en el análisis envolvente de datos y análisis de fronteras estocásticas para determinar la eficiencia de las facultades (Administración de empresas, Arquitectura, Derecho, Contaduría pública, Ingeniería ambiental, Ingeniería civil, Ingeniería electrónica, Ingeniería mecánica, Ingeniería de sistemas, Negocios internacionales) de la Universidad Santo Tomás seccional Tunja, desde una perspectiva técnica y administrativa reflejado en las etapas a desarrollar el proyecto, tal como la selección de las facultades y oficinas que se van a incluir en el estudio, revisión, análisis y selección de las variables de entrada (componente de capacidad) para el DEA, revisión, análisis y selección de las variables de salida (variables resultado) en el estudio. Aplicación de los modelos DEA y SFA para ajuste de la frontera y establecimiento de estrategias según los resultados de las eficiencias por facultad.

3.1. Facultades a incluir para el análisis

Se tendrán en cuenta las 10 facultades que operan en la Universidad Santo Tomás seccional Tunja, se trabajará con información disponible en los diferentes campus de la seccional y las diferentes dependencias que organizan la información. Son las facultades (Administración de empresas, Arquitectura, Derecho, Contaduría pública, Ingeniería ambiental, Ingeniería civil, Ingeniería electrónica, Ingeniería mecánica, Ingeniería de sistemas, Negocios internacionales).

3.2. Variables a tener en cuenta en el estudio

La Universidad es una empresa privada que administra recursos propios y genera resultados de acuerdo a lo gestionado, cada una de las dependencias es la encargada de solicitar los recursos, materiales y materias primas necesarias para el funcionamiento y transformarlas en salidas que serán los productos esperados y entregados en cada periodo académico.

Variables de entrada

Cantidad de personal administrativo por facultad, cantidad de docentes disponibles para cada facultad (TCE), resultados de las pruebas saber 11 por facultad en un periodo, cantidad o porcentaje de estu-

diantes por facultad que obtuvieron puntajes superiores al promedio en pruebas saber 11, respecto al grupo de referencia.

Variables de salida

Total acumulado de estudiantes por facultad, cantidad de estudiantes nuevos matriculados por facultad en un periodo especificado, resultados en pruebas saber pro por facultad en un periodo, cantidad de productos de investigación publicados en un periodo, cantidad de proyectos de responsabilidad social por facultad.

4. Datos relevantes del estudio

Dentro del análisis de datos se tuvo en cuenta las variables presentes en el estudio, las cuales fueron nombradas para facilitar la inmersión en el programa R y la realización del análisis respectivo. En el presente, se realiza el análisis de correlación para cada par de variables, teniendo en cuenta el coeficiente correlación de Pearson, es preciso recordar que valores cercanos a uno y menos uno indicarán relación fuerte entre las variables, y valores cercanos a cero indicarán ausencia de relación entre variables. Se puede evidenciar correlaciones de -0.69 en las variables escalafón e investigación lo cual nos indica fuerte correlación entre las variables, esto se deriva de la formación académica de los docentes y la cantidad de docentes por facultad, y evidencia que entre mayor cantidad de docentes dedicados a investigación existan en la facultad se puede generar mayor producción académica por periodo; de igual forma variables como cantidad total de estudiantes y docentes tiempo completo con un valor de 0.92 evidencia relación directa entre las variables, donde se verifica que entre mayor cantidad de estudiantes se requieren mayor cantidad de docentes para atender los procesos de formación, la variable estudiantes de primer curso y total de estudiantes con valor de 0.9 reflejan muy buena asociación.

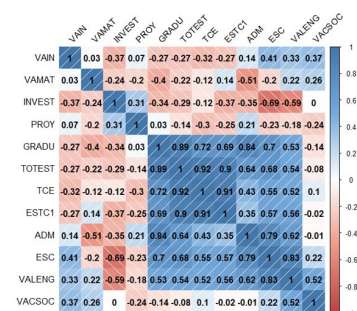


Figura 2: Matriz de correlaciones

Fuente: Autor

Mientras variables como valor agregado en sociales y total de estudiantes con resultado de -0.08 reflejan valores con muy baja correlación y la variable valor agregado en sociales con investigación presentan correlación nula. Donde podemos verificar las asociaciones entre variables, entre más oscuro el color mayor relación tienen las variables en estudio; líneas diagonales en el color azul indican relación positiva y líneas diagonales en el color rojo indican relación negativa.

4.1. Análisis DEA

En el análisis DEA realizado por facultades, se tuvieron en cuenta las diferentes combinaciones de variables, particularmente se trabajaron factores de docencia, investigación y responsabilidad social con INPUTS y OUTPUTS acorde a la investigación; para comparar cual de estas combinaciones presenta mejores resultados en sus componentes, las variables estudiadas son:

VARIABLES RELACIONADAS PARA EL ESTUDIO DE EFICIENCIA			
EJE	VARIABLE	SIGLA O NOTACIÓN	NÚMERO DE LA VARIABLE
Formación	TCE (Cantidad de docentes disponibles por facultad)	TCE	2
Formación	Administrativos (Cantidad de personal administrativo por facultad)	ADM	3
Formación	Escalafón - (Altos escalafones en docentes)	ESC	4
Formación	Resultados saber 11 Lenguaje	SABER11ENCPROMLENG	5
Formación	Resultados saber 11 Matemáticas	SABER11ENCROMMAT	6
Formación	Resultados saber 11 Sociales	SABER11ENCROMSOC	7
Formación	Resultados saber 11 Inglés	SABER11ENCROMING	8
Formación	Cantidad de estudiantes primer semestre o curso	ESTC1	9
Formación	Total de estudiantes matriculados por facultad	TOTEST	10
Formación	Resultados saber PRO Lenguaje	SABERPROENCPROMLENG	11
Formación	Resultados saber PRO Matemáticas	SABERPROENCROMMAT	12
Formación	Resultados saber PRO Competencias Ciudadanas o sociales	SABERPROENCPROSOC	13
Formación	Resultados saber PRO Inglés	SABERPROENCPROING	14
Investigación	Cantidad de productos de investigación	INVEST	15
Responsabilidad social	Cantidad de productos de Responsabilidad social	PROY	16

Tabla 1: Numeración variables

Para revisar diferentes interacciones y posibles asociaciones entre grupos de variables, se conformaron los grupos descritos en la tabla anterior, para estudiar las holguras y los resultados de componentes principales y verificar las mejores asociaciones, se realiza un análisis de las interacciones donde se tomen grupos que asocian variables de formación, proyección e investigación en diferentes combinaciones para hacer representativo el análisis y lograr verificar cual modelo presenta las mejores y desfavorables eficiencias por cada facultad. Se trabaja con 3 modelos para el eje de Formación, 2 modelos para el eje de Investigación y 2 modelos para el eje de Investigación, los cuales se registran en la siguiente tabla.

5. Resultados relevantes del estudio

5.1. Resultados para el eje de formación

Para el eje de formación se tuvieron en cuenta los grupos definidos con diferentes entradas y salidas de variables asociadas a formación. En la tabla anterior se registran las combinaciones de diferentes grupos de variables asociadas, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

MODELOS Y GRUPOS DE VARIABLES ESTUDIADAS		
DESCRIPCIÓN DEL MODELO	INPUTS	OUTPUTS
Modelo 1F Formación	2 a 4	9 a 14 y 17
Modelo 2F Formación	2 a 4	9, 10, 17 , 18 a 21
Modelo 3F Formación	2 a 8	9 a 14 y 17

Tabla 2: Grupos de variables para modelos estadísticos

- El primer modelo 1F muestra las variables de Cantidad de Docentes, escalafones docentes y administrativos como variables de entrada (INPUT). En variables de salida (OUTPUT) tenemos estudiantes de primer semestre, total de estudiantes , resultados saber pro por cada competencia (Lenguaje, Matemáticas, sociales e Inglés) y cantidad de graduados. Para las variables de entrada se identifica en la anterior figura, los aportes por componente siendo 0.74 el aporte para la cantidad total de docentes (TCE), 0.88 para el aporte de la cantidad total de Administrativos por facultad y 0.92 el aporte más grande que corresponde a los docentes con escalafón 4 y 5. En los Output o variables de salida se identifica que las pruebas de saber pro en lenguaje es la variable que más aporta en la distribución de componentes con valor de 0.97.
- El segundo modelo 2F muestra las variables de Cantidad de Docentes, escalafones docentes y administrativos como variables de entrada (INPUT). En variables de salida (OUTPUT) tenemos estudiantes de primer semestre, total de estudiantes , graduados, y valor agregado en resultados saber pro por cada competencia (Lenguaje, Matemáticas, sociales Inglés). Para el segundo modelo se trabajan las mismas variables de entrada que el modelo 1, el cambio se identifica en las variables de salida donde el aporte significativo se evidencia en la cantidad de estudiantes matriculados por cada facultad con un valor de 0.97 en el primer componente, seguido del aporte en la cantidad de estudiantes graduados por facultad.
- El tercer modelo 3F muestra las variables de Cantidad de Docentes, escalafones docentes, administrativos y resultados en pruebas saber 11, como variables de entrada (INPUT). En variables de salida (OUTPUT) tenemos estudiantes de primer semestre, total de estudiantes , resultados saber pro por cada competencia (Lenguaje, Matemáticas, sociales Inglés) y cantidad de graduados. Para el tercer modelo se identifica que en las variables de entrada de mayor aporte se presenta la cantidad de Administrativos en cada Facultad, para los resultados de las variables de salida se identifica que los resultados de las pruebas saber en lenguaje son quienes tienen mayor aporte.

5.2. Resultados para formación - modelo 1F

En la siguiente tabla se observan los resultados de eficiencia por facultad.

RESULTADOS EFICIENCIA - FORMACIÓN - MODELO 1F			
FACULTAD	EFICIENCIA	FACULTAD	EFICIENCIA
ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS	0.90190	ARQUITECTURA	1.0
CONTADURÍA PÚBLICA	0.99597	DERECHO	1.0

Tabla 3: Eficiencia por Facultad

En la siguiente tabla se observan los resultados obtenidos del modelo con slack de mejora o disminución según la facultad que lo requiera.

SLACK A MEJORAR O DISMINUIR POR FACULTAD - FORMACIÓN - MODELO 1F		
FACULTAD	AUMENTAR SABER PRO INGLÉS	DISMINUIR ESC
ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS	0.14767678	NO APLICA
CONTADURÍA PÚBLICA	0.09047844	0.43

Tabla 4: Slack modelo

Se puede observar en el análisis de la información que para el modelo 1F al ajustar un modelo DEA se concluye que todas las facultades a excepción de Administración de empresas y contaduría pública tienen eficiencias del 100 por ciento. Es decir, estas realizan una producción máxima con respecto a los recursos que tienen. En cuanto a la facultad de Administración de empresas su eficiencia en este modelo es del 0.90190 y según el modelo implementado su máximo rendimiento se daría si incrementa los resultados del examen de SABER PRO en el módulo de inglés en 0.1476 unidades (slack). De la misma manera, en el caso de la facultad de Contaduría Pública su eficiencia es del 0.9959 y de acuerdo con el análisis podría disminuir en 0.43 la cantidad de docentes en categoría 3 o 4 para obtener los mismos resultados.

Con respecto al modelo SFA, se realizó un análisis en componentes principales con fin de resumir las variables de entrada y salida en un índice que se denomina índice de capacidad (para las variables de entrada) e índice de formación (para las variables de salida). Para el caso de la dimensión de capacidad se retiene un 73.3 por ciento en el primer eje principal y para el caso de la dimensión de formación un 47.33 por ciento. En ambos casos se presenta un factor tamaño. A continuación se muestran los respectivos gráficos asociados al círculo de correlaciones.

Una vez establecidos los respectivos índices se ajusta un modelo SFA y se calculan las respectivas eficiencias. Se observa que la Facultad de mayor eficiencia es Ingeniería Civil, seguida de Negocios Internacionales e Ingeniería de Sistemas. Y la de menor eficiencia resulta ser Ingeniería Electrónica. En la siguiente gráfica se muestra la frontera de eficiencia y la ubicación de las facultades.

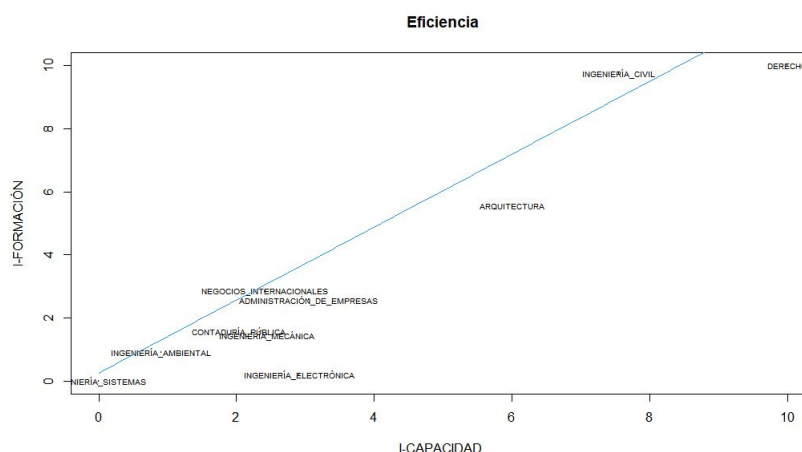


Figura 3: Eficiencia SFA modelo 1F

5.3. Resultados para formación-modelo 2F

En la siguiente tabla se observan los resultados de eficiencia por facultad.

RESULTADOS EFICIENCIA - FORMACIÓN - MODELO 2F			
FACULTAD	EFICIENCIA	FACULTAD	EFICIENCIA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	1.0	INGENIERÍA MECÁNICA	0.94118

Tabla 5: Eficiencia por Facultad

En la siguiente tabla se observan los resultados obtenidos del modelo con slack de mejora o disminución según la facultad que lo requiera.

SLACK A MEJORAR O DISMINUIR POR FACULTAD - FORMACIÓN - MODELO 2F		
FACULTAD	AUMENTAR SABER PRO SO- CIALES / SABER PRO INGLÉS	DISMINUIR
INGENIERÍA MECÁNICA	0.02956668 / 0.05183838	NO APLICA

Tabla 6: Slack modelo

Se puede observar en el análisis de la información que para el modelo 2F al ajustar un modelo DEA se concluye que todas las facultades a excepción de Ingeniería Mecánica tienen eficiencias del 100 por ciento. Es decir, estas realizan una producción máxima con respecto a los recursos que tienen. En cuanto a la facultad de Ingeniería Mecánica su eficiencia en este modelo es del 0.94118 y según el modelo implementado su máximo rendimiento se daría si incrementa los resultados del examen de SABER PRO en el módulo de Sociales e inglés en 0.02956 y 0.05183 unidades (slack) respectivamente. Una vez establecidos los respectivos índices se ajusta un modelo SFA y se calculan las respectivas eficiencias. Se observa que la Facultad de mayor eficiencia es Ingeniería Civil, seguida de Negocios Internacionales e Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Ambiental. Y la de menor eficiencia resulta ser Ingeniería Electrónica. En la siguiente gráfica se muestra la frontera de eficiencia y la ubicación de las facultades.

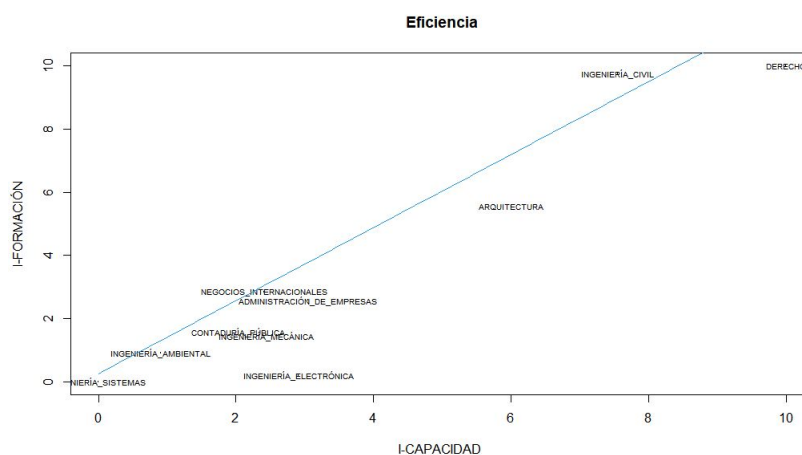


Figura 4: Eficiencia SFA modelo 2F

5.4. Resultados para formación-modelo 3F

Se logró observar en el análisis de la información que para el modelo 3F al ajustar un modelo DEA se concluye que todas las facultades tienen eficiencias del 100 por ciento. Es decir, estas realizan una producción máxima con respecto a los recursos que tienen. Una vez establecidos los respectivos índices se ajusta un modelo SFA y se calculan las respectivas eficiencias. Se observa que la Facultad de mayor eficiencia es Ingeniería Civil, seguida de Negocios Internacionales, Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Ambiental. Y la de menor eficiencia resulta ser Ingeniería Electrónica. En la siguiente gráfica se muestra la frontera de eficiencia y la ubicación de las facultades.

5.5. Comparación de modelos para la dimensión de Formación

En la siguiente tabla se presentan las diferentes Eficiencias observadas para cada uno de los modelos de formación

COMPARACIÓN MODELOS - FORMACIÓN			
FACULTAD	EFICIENCIA MO-DELO 1F	EFICIENCIA MO-DELO 2F	EFICIENCIA MODELO 3F
ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS	0.9019	1.0	1.0
CONTADURÍA PÚBLICA	0.9959	1.0	1.0
INGENIERÍA MECÁNICA	1.0	0.94118	1.0

Tabla 7: Comparación Eficiencia por Facultad

Teniendo en cuenta las variables usadas en el modelo 1 (Cantidad de Docentes, escalafones docentes y administrativos) como variables de entrada (INPUT) y variables de salida (estudiantes de primer semestre, total de estudiantes, resultados saber pro por cada competencia (Lenguaje, Matemáticas, sociales e Inglés) y cantidad de graduados), muestran que estos INPUT y OUTPUT nos favorecen en la generación de resultados acordes a la investigación, logrando representar las facultades que tienen aspectos por mejorar en eficiencia respecto a cada una de las variables que se acercan al valor de 1, igualmente el modelo 2 presenta información relevante para la investigación; para el modelo 3 no se logra evidenciar falta de eficiencia, esto sucede porque las variables en conjunto que se tuvieron en cuenta para estos modelos probablemente no presentan información relevante para el modelo.

En la tabla de comparación de modelos podemos evidenciar que las facultades que pueden realizar ajustes para lograr el 100 por ciento de la Eficiencia son Administración de Empresas y Contaduría Pública en el modelo 1, e Ingeniería Mecánica en el modelo 2.

5.6. Resultados para el eje de Investigación

Para el eje de Investigación se tuvieron en cuenta los grupos definidos en la tabla anexa con diferentes entradas y salidas de variables asociadas a formación.

MODELOS Y GRUPOS DE VARIABLES ESTUDIADAS		
DESCRIPCIÓN DEL MODELO	INPUTS	OUTPUTS
Modelo 1I Investigación	2 a 4	15
Modelo 2I Investigación	2 a 8	15

Tabla 8: Grupos de variables para modelos estadísticos

En la tabla 9 se registran las combinaciones de diferentes grupos de variables:

- El primer modelo 1I muestra las variables de Cantidad de Docentes, escalafones docentes y administrativos como variables de entrada (INPUT). En variables de salida (OUTPUT) productos de Investigación por facultad.
- El segundo modelo 2I muestra las variables de Cantidad de Docentes, escalafones docentes, administrativos y resultados en pruebas saber 11 en las diferentes competencias, como variables de entrada (INPUT). En variables de salida (OUTPUT) productos de Investigación por facultad.

5.6.1. Resultados para Investigación -modelo 1I

En la siguiente tabla se observan los resultados de eficiencia por facultad.

RESULTADOS EFICIENCIA - INVESTIGACIÓN - MODELO 1I			
FACULTAD	EFICIENCIA	FACULTAD	EFICIENCIA
ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS	0.59981	ARQUITECTURA	1.0
CONTADURÍA PÚBLICA	0.69291	DERECHO	0.01363
INGENIERÍA CIVIL	0.24592	INGENIERÍA AMBIENTAL	0.80803
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	0.58333	INGENIERÍA MECÁNICA	0.59746
INGENIERÍA SISTEMAS	1.0	NEGOCIOS INTERNACIONALES	0.64301

Tabla 9: Eficiencia por Facultad

En la siguiente tabla se observan los resultados obtenidos del modelo con slack de mejora o disminución según la facultad que lo requiera.

Se puede observar en el análisis de la información que para el modelo 1I al ajustar un modelo DEA se concluye que todas las facultades a excepción de Arquitectura e Ingeniería de Sistemas tienen eficiencias diferentes al 100 por ciento. Es decir, A excepción de estas dos facultades, las demás realizan una producción que se puede mejorar con los recursos que cuenta cada Facultad. En cuanto a las eficiencias se presenta un 0.599 para Administración de Empresas, 0.6929 para Contaduría Pública, 0.24 para Ingeniería Civil, 0.58 para Ingeniería Electrónica, 0.013 para Derecho, 0.80 para Ingeniería Ambiental, 0.59 para Ingeniería Mecánica y 0.64 para Negocios Internacionales; y según el modelo implementado su máximo rendimiento se daría si se revisa la variable de escalafón docente 3 y 4, lo cual permitiría obtener la máxima eficiencia y lograr resultados con los mismos recursos.

Una vez establecidos los respectivos índices se ajusta un modelo SFA y se calculan las respectivas eficiencias. Se observa que la Facultad de mayor eficiencia es Arquitectura, seguida de Ingeniería Ambiental,

SLACK A MEJORAR O DISMINUIR POR FACULTAD - INVESTIGACIÓN - MODELO 1I		
FACULTAD	AUMENTAR	DISMINUIR ESCALAFÓN DOCENTE / AD- MINISTRATIVOS
ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS	NO APLICA	0.5998053
CONTADURÍA PÚBLICA	NO APLICA	1.3858268
DERECHO	NO APLICA	0.1226874
INGENIERÍA CIVIL	NO APLICA	1.4755332
INGENIERÍA AMBIENTAL	NO APLICA	0.8080301
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	NO APLICA	2.9166667 0.3333333
INGENIERÍA MECÁNICA	NO APLICA	0.5974559
NEGOCIOS INTERNACIONALES	NO APLICA	0.6430063

Tabla 10: Slack modelo

Negocios Internacionales e Ingeniería de Sistemas. Y la de menor eficiencia resulta ser Ingeniería Civil, a pesar de contar con un nivel de Eficiencia que supera el 0.9, su resultado es menor a las demás Facultades, hecho que demuestra el buen nivel de Eficiencia de las Facultades en este modelo.

5.6.2. Resultados para Investigación-modelo 2I

En la siguiente tabla se observan los resultados de eficiencia por facultad.

RESULTADOS EFICIENCIA - INVESTIGACIÓN - MODELO 2I			
FACULTAD	EFICIENCIA	FACULTAD	EFICIENCIA
ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS	0.72630	ARQUITECTURA	1.0
CONTADURÍA PÚBLICA	0.84285	DERECHO	0.02116
INGENIERÍA CIVIL	0.47088	INGENIERÍA AMBIENTAL	0.80803
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	1.0	INGENIERÍA MECÁNICA	0.88516
INGENIERÍA SISTEMAS	1.0	NEGOCIOS INTERNACIONALES	0.64301

Tabla 11: Eficiencia por Facultad

En la siguiente tabla se observan los resultados obtenidos del modelo con slack de mejora o disminución según la facultad que lo requiera.

SLACK A MEJORAR O DISMINUIR POR FACULTAD - INVESTIGACIÓN - MODELO 2I		
FACULTAD	AUMENTAR SA- BER PRO SOCIA- LES / INGLÉS	DISMINUIR
ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS	0.108989083	NO APLICA
CONTADURÍA PÚBLICA	0.036068216	NO APLICA
DERECHO	0.001405519	NO APLICA
INGENIERÍA AMBIENTAL	0.127123105	NO APLICA
INGENIERÍA MECÁNICA	0.020112307	NO APLICA
NEGOCIOS INTERNACIONALES	0.271157367 0.129786001	NO APLICA

Tabla 12: Slack modelo

Se puede observar en el análisis de la información que para el modelo 2I al ajustar un modelo DEA se concluye que todas las facultades a excepción de Arquitectura, Ingeniería Electrónica e Ingeniería de Sistemas tienen eficiencias diferentes al 100 por ciento. Es decir, las demás facultades pueden mejorar sus procesos para lograr cumplir los objetivos con los recursos disponibles. En cuanto a las Eficiencias, se presenta un 0.726 para Administración de Empresas, 0.8428 para Contaduría Pública, 0.4708 para Ingeniería Civil, 0.021 para Derecho, 0.808 para Ingeniería Ambiental, 0.885 para Ingeniería Mecánica y 0.64301 para Negocios Internacionales; y según el modelo implementado su máximo rendimiento se daría si aumenta los resultados por encima del promedio grupal en pruebas saber pro de las diferentes competencias (sociales e inglés).

Una vez establecidos los respectivos índices se ajusta un modelo SFA y se calculan las respectivas eficiencias. Se observa que la Facultad de mayor eficiencia es Arquitectura, seguida de Ingeniería Electrónica, Negocios Internacionales e Ingeniería de Sistemas. Y la de menor eficiencia resulta ser Ingeniería Civil y Derecho, a pesar de contar con un nivel de Rendimientos de las variables superiores al 80 por ciento, su resultado es menor a las demás Facultades, hecho que demuestra el buen nivel de eficiencia de las Facultades en este modelo.

5.7. Comparación de modelos para la dimensión de Investigación

En la siguiente tabla se presentan las diferentes Eficiencias observadas para cada uno de los modelos de Investigación

COMPARACIÓN MODELOS - INVESTIGACIÓN		
FACULTAD	EFICIENCIA MO-DELO 1I	EFICIENCIA MO-DELO 2I
ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS	0.59981	0.72630
ARQUITECTURA	1.0	1.0
CONTADURÍA PÚBLICA	0.69291	0.84285
DERECHO	0.01363	0.02116
INGENIERÍA CIVIL	0.24592	0.47088
INGENIERÍA AMBIENTAL	0.80803	0.80803
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	0.58333	1.0
INGENIERÍA MECÁNICA	0.59746	0.88516
INGENIERÍA SISTEMAS	1.0	1.0
NEGOCIOS INTERNACIONALES	0.64301	0.64301

Tabla 13: Eficiencia por modelo de Investigación

Se observa en los resultados de Eficiencia que en los modelos 1 y 2 las Facultades de Derecho y Administración de Empresas presentan los resultados más bajos de Eficiencia, hecho que deja ver la posibilidad que estas Facultades realicen mejoras en su disponibilidad y presentación de proyectos de Investigación, dado que es la variable que se encuentra en estudio. La explicación radica en que el modelo 2 tiene en cuenta las variables de pruebas saber 11, y en el proceso investigativo esta variable no representa mayor variabilidad en los resultados, la única diferencia entre modelos es la cantidad de variables de entrada y en output se conserva la misma variable de cantidad de productos de investigación por facultad. Se presenta en arquitectura e Ingeniería de Sistemas la mejor Eficiencia, las demás facultades pueden realizar ajustes para lograr el máximo de Eficiencia.

5.8. Resultados para Responsabilidad social

Para el eje de Responsabilidad social se tuvieron en cuenta los grupos definidos en la tabla anexa con diferentes entradas y salidas de variables asociadas a Proyección.

MODELOS Y GRUPOS DE VARIABLES ESTUDIADAS		
DESCRIPCIÓN DEL MODELO	INPUTS	OUTPUTS
Modelo 1P Proyección social	2 a 4	16
Modelo 2P Proyección social	2 a 8	16

Tabla 14: Grupos de variables para modelos estadísticos

En la tabla anterior se registran las combinaciones de diferentes grupos de variables:

- El primer modelo 1P muestran las variables de Cantidad de Docentes, escalafones docentes y administrativos como variables de entrada (INPUT). En variables de salida (OUTPUT) productos de Proyección social por facultad.
- El segundo modelo 2P muestran las variables de Cantidad de Docentes, escalafones docentes, administrativos y resultados en pruebas saber 11 en las diferentes competencias, como variables de entrada (INPUT). En variables de salida (OUTPUT) Proyección social por facultad.

5.8.1. Resultados para Proyección social -modelo 1P

En la siguiente tabla se observan los resultados de eficiencia por facultad.

RESULTADOS EFICIENCIA - P. SOCIAL - MODELO 1P			
FACULTAD	EFICIENCIA	FACULTAD	EFICIENCIA
ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS	0.50	ARQUITECTURA	1.0
CONTADURÍA PÚBLICA	0.28	DERECHO	0.0
INGENIERÍA CIVIL	0.44444	INGENIERÍA AMBIENTAL	1.0
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	0.83333	INGENIERÍA MECÁNICA	0.45902
INGENIERÍA SISTEMAS	1.0	NEGOCIOS INTERNACIONALES	1.0

Tabla 15: Eficiencia por Facultad

En la siguiente tabla se observan los resultados obtenidos del modelo con slack de mejora o disminución según la facultad que lo requiera.

SLACK A MEJORAR O DISMINUIR POR FACULTAD - P. SOCIAL - MODELO 1P		
FACULTAD	AUMENTAR / SABER PRO INGLÉS	DISMINUIR TCE / ADM / ESC
ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS	NO APLICA	1.5
CONTADURÍA PÚBLICA	NO APLICA	0.2800
INGENIERÍA CIVIL	NO APLICA	1.333
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	NO APLICA	1.333

Tabla 16: Slack modelo

Se puede observar en el análisis de la información que para el modelo 1P al ajustar un modelo DEA se concluye que todas estas facultades: Arquitectura, Ingeniería Ambiental, Ingeniería de sistemas y Negocios Internacionales, tienen eficiencias de 100 por ciento, las demás no tienen el mismo comportamiento. Es decir, quienes no tienen el 100 por ciento de eficiencia, pueden realizar ajustes para lograr la mayor eficiencia. En cuanto a las Eficiencias se presenta un 0.50 para Administración de Empresas, 0.28 para Contaduría Pública, 0.44 para Ingeniería Civil, 0.83 para Ingeniería Electrónica, 0.001 para Derecho y 0.45 para Ingeniería Mecánica ; y según el modelo implementado el máximo rendimiento se daría para la Facultad de Ingeniería Electrónica, reduciendo en 1.3 la cantidad de personal Administrativo y disminuyendo la cantidad de docentes de escalafón 4 y 5; para Ingeniería civil y Contaduría pública, también se evidencia que su máximo rendimiento se dará al disminuir la cantidad de docentes de escalafón 4 y 5.

Para el caso de la Facultad de derecho, se debe revisar el incrementar la presentación de proyectos de

Responsabilidad social para incrementar su nivel de Eficiencia, dado que por presentar ínfimos proyectos su nivel de eficiencia es el más bajo de todas las facultades (0). Una vez establecidos los respectivos índices se ajusta un modelo SFA y se calculan las respectivas eficiencias. Se observa que la Facultad de mayor eficiencia es Negocios Internacionales, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Electrónica. Y la de menor eficiencia resulta ser Arquitectura, Contaduría y derecho, esta última obteniendo resultados menores respecto a las demás facultades.

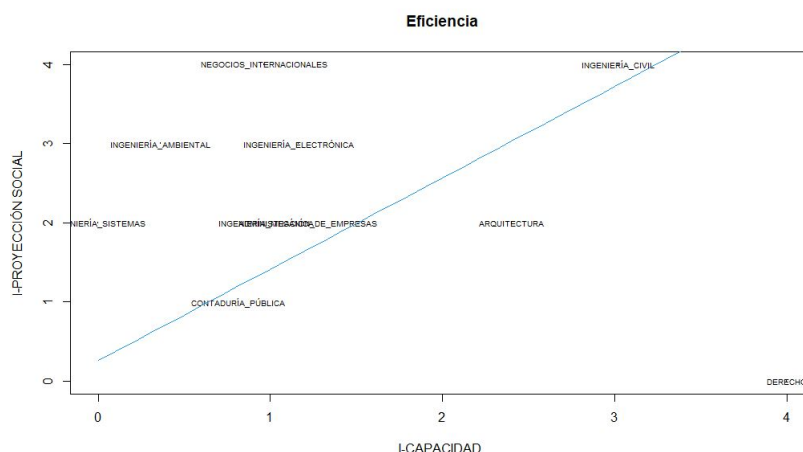


Figura 5: Eficiencia SFA modelo 1P

5.8.2. Resultados para Proyección social - modelo 2P

En la siguiente tabla se observan los resultados de eficiencia por facultad.

RESULTADOS EFICIENCIA - P. SOCIAL - MODELO 2P			
FACULTAD	EFICIENCIA	FACULTAD	EFICIENCIA
CONTADURÍA PÚBLICA	0.45236	DERECHO	0.0
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	1.0	INGENIERÍA MECÁNICA	0.93238

Tabla 17: Eficiencia por Facultad

En la siguiente tabla se observan los resultados obtenidos del modelo con slack de mejora o disminución según la facultad que lo requiera.

SLACK A MEJORAR O DISMINUIR POR FACULTAD - P. SOCIAL - MODELO 2P		
FACULTAD	AUMENTAR SABER PRO LENGUAJE / MATEMÁTICAS / INGLÉS	DISMINUIR TCE / ADM / ESC
CONTADURÍA PÚBLICA	0.01876482 0.02554	2.648038 0.1123222
DERECHO	PRESENTAR PROYECTOS	NO APLICA
INGENIERÍA MECÁNICA	0.02661829 0.2470 0.0192	8.118549 1.330949

Tabla 18: Slack modelo

Se puede observar en el análisis de la información que para el modelo 2P al ajustar un modelo DEA se concluye que todas las facultades a excepción de Contaduría Pública, Ingeniería Mecánica y Derecho tienen eficiencias diferentes al 100 por ciento en los dos modelos evaluados, es decir, pueden ajustar sus procesos para cumplir con el 100 por ciento de la Eficiencia. En cuanto a las Eficiencias se presenta un 0.45 para Contaduría Pública, y un 0.93 para Ingeniería Mecánica; y según el modelo implementado, su máximo rendimiento se daría si aumenta los resultados por encima del promedio grupal en pruebas saber pro de la competencia de Inglés, Matemáticas y Sociales Según los resultados descritos. De igual forma si estas facultades disminuyen en sus variables INPUT valores descritos en la tabla de Administrativos, Escalafón y Docentes tiempo completo, alcanzarían su máxima eficiencia. Para el caso de la Facultad de derecho, se debe revisar la presentación de proyectos de responsabilidad social para incrementar su nivel de Eficiencia, dado que por no presentar proyectos su nivel de eficiencia es el más bajo de todas las facultades (0).

Una vez establecidos los respectivos índices se ajusta un modelo SFA y se calculan las respectivas eficiencias. Se observa que la Facultad de mayor eficiencia es Arquitectura, seguida de Ingeniería Ambiental, Negocios Internacionales e Ingeniería de Sistemas. Y la de menor eficiencia resulta ser Ingeniería Civil, a pesar de contar con un nivel de Eficiencia que supera el 0.9, su resultado es menor a las demás Facultades, hecho que demuestra el buen nivel de Eficiencia de las Facultades en este modelo.

5.9. Comparación de modelos para la dimensión de Proyección Social

En la siguiente tabla se presentan las diferentes Eficiencias observadas para cada uno de los modelos de Proyección social Universitaria.

COMPARACIÓN MODELOS - PROYECCIÓN SOCIAL		
FACULTAD	EFICIENCIA MO- DELO 1P	EFICIENCIA MO- DELO 2P
ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS	0.50000	1.0
CONTADURÍA PÚBLICA	0.28000	0.45236
INGENIERÍA CIVIL	0.44444	1.0
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	0.83333	1.0
INGENIERÍA MECÁNICA	0.45902	0.93238

Tabla 19: Eficiencia por modelo de Proyección social

Se observa que para los modelos 1 y 2 los resultados presentan un comportamiento similar. Para el modelo 1 existen 5 facultades que deben realizar ajustes en los procesos para lograr la máxima eficiencia, mientras que para el segundo modelo existen dos facultades que deberían realizar ajustes para lograr la máxima eficiencia, la explicación radica en que el modelo 2 tiene en cuenta las variables de pruebas saber 11, y en el proceso de responsabilidad social, esta variable no representa mayor variabilidad en los resultados, la única diferencia entre modelos es la cantidad de variables de entrada y en output se conserva la misma variable de cantidad de productos de responsabilidad social por Facultad. Se presenta en la Facultad de Derecho Eficiencia de cero, debido a la no presencia de proyectos de responsabilidad social para el periodo evaluado. El modelo 1 registra más facultades (Administración de Empresas, Contaduría pública, Ingeniería Civil, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica) que pueden mejorar la eficiencia técnica, las demás facultades tienen una eficiencia que cumple con los recursos que se invierten para su operación).

5.10. Conclusiones y Recomendaciones

Este trabajo se presenta para comparar por medio de técnicas Estadísticas la aplicación de modelos que brinden información para la toma de decisiones en una organización y sirvan de fuente en la gestión de una institución u organización, siendo la misma replicable hacia cualquier unidad que distribuya su trabajo en entradas y productos de salida, se evidencia en el presente trabajo que por medio de los modelos descritos se puede comparar y verificar su correspondiente aplicación para aumentar o disminuir entradas o INPUTS y poder convertir en maximización de eficiencia la unidad de estudio. Los modelos de eficiencia (DEA y SFA) como análisis de datos, permiten a una institución realizar estudios que favorezcan la toma de decisiones dentro de la organización, es así que en el presente estudio se logró realizar los respectivos análisis y formular posibles ajustes que permitan mejorar los procesos dentro de cada facultad y lograr la máxima eficiencia por cada una de ellas. La comparación realizada con diferentes combinaciones de variables para los modelos evaluados permite verificar cual de ellos se ajusta más a cada Facultad, información que al ser revisada por el responsable de cada proceso puede ser transformada y mejorada con el fin de lograr la eficiencia de su equipo de trabajo con los recursos disponibles, replicando este estudio en diferentes periodos de tiempo, logrando obtener una tendencia periódica para indicadores de la unidad de estudio. Se logró verificar los resultados de los análisis por modelo (DEA-SFA) e identificar las causas de los resultados de la Eficiencia por Facultad. Se logró hacer una comparación entre dos modelos (DEA y SFA) donde se obtuvieron resultados muy similares de eficiencia, esto permite concluir que los modelos usados y comparados tienen muy buena confiabilidad, igualmente se resalta que las dos metodologías, permitieron hacer un complemento al análisis, de tal forma que con los resultados de DEA y SFA se logró analizar y en conjunto realizar sugerencias de mejora. Para cada eje misional se logró identificar por Facultad las estrategias a seguir para el cumplimiento de los objetivos, haciendo buen uso de los recursos con que cuenta cada unidad para maximizar los resultados.

Con el desarrollo de los modelos aplicados, cada facultad puede tomar los resultados obtenidos y evidenciar en que se puede estar fallando y aumentar o reducir sus INPUTS para lograr las mejores salidas o eficiencias de la facultad. Existen algunas facultades que se encuentran con OUTPUTS iguales o menores a otras que se encuentran con menos INPUTS, esto significa que se deben replantear algunas directrices para lograr eficiencias iguales a otras facultades que tengan similares INPUT. De forma genérica los resultados de Eficiencia encontrados permiten evidenciar que las facultades están realizando un buen trabajo, se verificaron resultados de slacks donde se registran resultados menores a 0.3 en mejoras, lo que significa que los ajustes para llegar a la máxima eficiencia son fácilmente trabajables y de cumplimiento a corto tiempo. Los modelos DEA y SFA presentan gran relevancia como aporte y apoyo para el campo de la Estadística aplicada, este tipo de análisis permite demostrar la importancia de los procesos estadísticos en cualquier disciplina. La aplicación de la Estadística a nivel global determinada por modelos como los trabajados, puede ser replicable a diferentes tipos de organizaciones y de apoyo para la toma de decisiones que permitan la mejora de las unidades de estudio, por ello es recomendable hacer este tipo de publicaciones para que sean visibles y conocidas por la comunidad en general.

6. Referencias

- García, Moya, Ibañez, Lozano (2003), Estudio de la eficiencia de los centros de enseñanza secundaria de la ciudad de murcia a través del análisis envolvente de datos, Revista de Investigación Educativa, Vol. 21,113-133.
- Martín (2008) La Medición de la Eficiencia Universitaria: Una Aplicación del Análisis Envolvente de Datos.
- Gonzalez(2010), Análisis envolvente de datos (DEA) en el desarrollo de una metodología para el establecimiento de costos,eficientes de remuneración, en la administración, operación y mantenimiento de los sistemas de distribución eléctrica
- Álvarez, Antonio (2001), La Medición de la Eficiencia y la Productividad, Pirámide, Madrid,27-30.
- Asia (2001),Hussain y Matthew, Jones, Banxia Software Ltd. Analyst, F.
- Banker, Rajiv D., Charnes, Abraham y COOPER, William W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scales Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. Management Science, 30,1078-1092.
- Bonilla, María, Casasus, Trinidad, Meda, Amparo y SALA, Ramón (1998), Un Análisis de la Eficiencia de los Puertos Españoles, en VI Jornada de ASEPUMA, U.d. Valencia, Departamento de Economía Financiera y Matemática: Santiago de Compostela,9-15.
- CHARNES, Abraham, COOPER, William y RHODES, Eduardo (1978). Measuring Efficiency of Decision Making Units, European Journal of Operational Research, 3, 62-74.
- COLOMBIA, Ministerio de Educación Nacional (2002). Evaluación Censal de la Calidad, en Revolución Educativa Colombia Aprende, Bogotá.
- Ligarda y Naccha (2006), La eficiencia de las organizaciones de salud a través del análisis envolvente de datos. Microrredes de la Dirección de Salud IV, Lima
- Jaime y Luque (2016), Formulación en el Análisis Envolvente de Datos (DEA). Resolución de casos prácticos, U Sevilla.
- Quesada, Maza (2007-2008), Análisis envolvente de datos aplicado a la cobertura educativa en el departamento de Bolívar, Colombia
- Revista Científica General José María Córdova, Bogotá, Colombia, enero-junio, 2017 Educación - Vol. 15, Núm. 19,147-173
- Raquel Martin, 2008. Investigación de la Eficiencia en Entidades Educativas.
- Pasiouras, 2008. Pastor, Lovell, y Tulkens, 2006; Primorac, Análisis DEA en entidades Bancarias.
- Gomez, Ceballos, 2016. Estimación de la eficiencia en instituciones de educación superior privadas y públicas, acreditadas y no acreditadas en Colombia.
- Bradley, Graham 2006. Work Participation and Academic Performance: A Test of Alternative Propositions, Journal of Education and Work, 19 (5), 481-501.
- Aigner, D. J., Lovell, C. A. K. y Schmidt, P. J. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. Journal of Econometrics, 6, 21-37.
- Battese, G. Coelli, T. J. (1992). Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India. Journal of Productivity Analysis, 3, 53-169
- Carella, 2009. Estimación de la eficiencia en población estudiantil.

- Perez, 2012. Modelo de frontera estocástica- Distribución de la ineficiencia, 60-95
- Jaime y Luque. 2016, Formulaciones en el Análisis Envolvente de Datos (DEA), 10-16
- Jeimy Aristizaba. Revista Científica General José María Córdova, Bogotá, Colombia, enero-junio, 2017 Educación - Vol. 15, Núm. 19, 147-173
- Aldana, 2016. Análisis de la Eficiencia Productiva en la Copa América Centenario 2016, 2-30
- Gutiérrez, E. y Lozano, S. (2012). DEA Approach to Performance-Based Budgeting of Formula One Constructors. Journal of Sports Economics, 15(2), 180-200.
- Thompson, G.D. (1988). Choice of flexible functional forms: review and appraisal. Western Journal of Agricultural Economics, 13(2), 169-183.
- Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. (1978). Measuring the efficiency on decision making units. European Journal of Operational Research, 2, 429-444.
- González, J.L. (1997). Economías de escala, eficiencia frontera y cambio técnico a partir de funciones de producción: una aplicación a las empresas del Mercado Único Europeo. Tesis doctoral Universidad Autónoma de Barcelona.