



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

EFICIENCIA TÉCNICA EN LAS FACULTADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL CALLAO, 2013 – 2018

Línea de investigación:

Economía Pública e internacional

Tesis para optar el Grado Académico de Doctor en Economía

Autor (a):

Ramírez Olaya, Rigoberto Pelagio

Asesor (a):

Ambrosio Barrios, Napoleón

(ORCID: 0000-0001-8989-9232)

Jurado:

Novoa Uribe, Carlos Alberto

Pajuelo Camones, Carlos Heráclides

Morán López, Gaspar Humberto

Lima - Perú

2021

Referencia:

Ramírez, R. (2021). *Eficiencia técnica en las facultades de la Universidad Nacional del Callao, 2013 – 2018*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/5623>



Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

EFICIENCIA TÉCNICA EN LAS FACULTADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL

DEL CALLAO, 2013 – 2018

Línea de Investigación:

Economía Pública e internacional

Tesis para optar el Grado Académico de Doctor en Economía

Autor:

Ramírez Olaya, Rigoberto Pelagio

Asesor:

Ambrosio Barrios, Napoleón

(ORCID: 0000-0001-8989-9232)

Jurado:

Novoa Uribe, Carlos Alberto

Pajuelo Camones, Carlos Heráclides

Morán López, Gaspar Humberto

Lima – Perú

2021

DEDICATORIA

A mis padres Francisco Ramírez Agurto y Rosa Olaya Arévalo QEPD y DDG, quienes me brindaron todo su amor y me enseñaron los valores humanos y, a ser constante y pertinaz para cumplir mis metas. A ellos mi gratitud profunda y amor eterno.

A mi esposa Vilma Gomero Braul y mis hijos Vivian y Francisco, a quienes me debo y por el amor que me brindan y su incondicional apoyo en lograr mis metas.

RIGO

AGRADECIMIENTOS

A las autoridades y docentes de la Universidad Nacional Federico Villarreal que, con su calidad académica y humana brindan oportunidad a los egresados de economía para mejorar los conocimientos y desarrollar las actitudes del trabajo en equipo y las capacidades para cumplir con rigurosidad y eficiencia los trabajos designados en el horizonte de optar el grado de Doctor.

Al Doctor Napoleón Ambrosio Barios, asesor de la investigación, por su atención, constancia, orientación y motivación a mi persona para culminar la tesis doctoral, a mis compañeros de estudios que, con su espíritu crítico, contribuyeron en mis estudios de doctorado.

A las autoridades de la Universidad Nacional del Callao que otorgaron facilidades para mi capacitación docente en el nivel de doctorado.

A todos ellos, muchísimas gracias

Índice

Resumen (palabras clave)	vi
Abstract (Keywords)	vii
Capítulo I: Introducción	1
1.1 Planteamiento del Problema	2
1.2 Descripción del Problema	3
1.3 Formulación del Problema	6
- Problema General	6
- Problemas Específicos	6
1.4 Antecedentes	7
1.5 Justificación de la investigación	11
1.6 Limitaciones de la investigación	12
1.7 Objetivos	12
- Objetivo General	12
- Objetivos específicos	13
1.8 Hipótesis	13
Capítulo II: Marco Teórico	14
2.1 Marco Conceptual	14
Capítulo III: Método	20
3.1 Tipo de investigación	20
3.2 Población y muestra	20
3.3 Operacionalización de variables	21
3.4 Instrumentos	21
3.5 Procedimientos	21
3.6 Análisis de datos	22

3.7	Consideraciones éticas	23
Capítulo IV:	Resultados	24
Capítulo V:	Discusión de resultados	50
Capítulo VI:	Conclusiones	54
Capítulo VII:	Recomendaciones	57
VIII:	Referencias	59
IX:	Anexos	63

Resumen

La presente investigación tuvo como **objetivo:** Determinar si se utilizaron con eficiencia técnica los recursos en la formación de profesionales e Investigación en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en el año 2013-2018. La investigación es de tipo básico. **Método:** hipotético deductivo. Diseño determinista, de corte transversal, enfoque cuantitativo, no experimental y se vale de la programación matemática de optimización y la aplicación del programa SOLVER de EXCEL en el método o técnica DEA (análisis envolvente de datos o análisis de datos envueltos) output e input orientado, con determinación del índice de productividad de Malmquist IPM_{FGLR} y el método DEA_{BCC} (Caves et al., 1982). **Resultados:** Con el método DEA output orientado, rendimientos variables a escala, se obtuvo como resultados que 8 facultades resultaron con eficiencia relativa y 3 con ineficiencia relativa en las que se determinó excesos en alumnos matriculados y docentes y, déficits en egresados e investigaciones; con el método DEA input orientado, rendimientos constantes a escala, se determinaron 7 facultades ineficientes relativamente, con excesos en alumnos matriculados y docentes, resultando 4 facultades relativamente eficientes que determinan la línea de frontera. Con el IPM_{FGLR} , índice de productividades, se determinó la eficiencia técnica y el cambio tecnológico que componen la productividad global lograda por cada facultad. **Conclusiones:** Las facultades relativamente ineficientes para ser eficientes deben aumentar el número de egresados que aportarían más y mejor capital humano a la sociedad y, aumentar el número de investigaciones que, al aumentar el conocimiento, establecen alternativas de solución a los problemas sociales que a su vez mejoran del bienestar de la sociedad.

Palabras clave: Método o técnica DEA, Input orientado, output orientado, Índice de productividad de Malmquist, descomposición FLGR, eficiencia relativa.

Summary

The present investigation had as **objective:** To determine if the resources were used with technical efficiency in the training of professionals and Research in the faculties of the National University of Callao in the year 2013-2018. The research is basic. **Method:** hypothetical deductive. Deterministic design, cross-sectional, quantitative approach, non-experimental and uses optimization mathematical programming and the application of the EXCEL SOLVER program in the DEA method or technique (data envelopment analysis or data envelopment analysis) output and input oriented, with determination of the Malmquist productivity index IPM_{FGLR} and the DEA_{BCC} method (Caves et al., 1982). **Results:** With the DEA output oriented method, variable returns to scale, it was obtained as results that 8 faculties resulted with relative efficiency and 3 with relative inefficiency in which excesses were determined in enrolled students and teachers and, deficits in graduates and research; With the DEA input oriented method, constant returns to scale, 7 relatively inefficient faculties were determined, with excesses in enrolled students and teachers, resulting in 4 relatively efficient faculties that determine the border line. With the IPM_{FGLR} , productivity index, the technical efficiency and technological change that make up the global productivity achieved by each faculty were determined. **Conclusions:** The relatively inefficient faculties to be efficient must increase the number of graduates who would contribute more and better human capital to society and increase the number of investigations that, by increasing knowledge, establish alternative solutions to social problems that in turn time improve the welfare of society.

Keywords: DEA method or technique, oriented input, oriented output, Malmquist productivity index, FLGR decomposition, relative efficiency.

Sommario

La presente indagine ha avuto come **obiettivo**: Determinare se le risorse sono state utilizzate con efficienza tecnica nella formazione di professionisti e Ricerca nelle facoltà dell'Università Nazionale di Callao nell'anno 2013-2018. La ricerca è fondamentale. **Metodo**: ipotetico deduttivo. disegno deterministico, sezione trasversale, approccio quantitativo, non sperimentale e utilizza la programmazione matematica di ottimizzazione e l'applicazione del programma SOLVER di EXCEL nel metodo o nella tecnica DEA (analisi dell'envelopment dei dati) orientata all'output e all'input, con determinazione dell'indice di produttività Malmquist IPM_{FGLR} e il metodo DEA_{BCC} (Caves et al., 1982). **Risultati**: Con il metodo DEA orientato all'output, rendimenti di scala variabili, è stato ottenuto come risultati che 8 facoltà risultavano con relativa efficienza e 3 con relativa inefficienza in cui gli eccessi sono stati determinati negli studenti iscritti e nei docenti e, deficit di laureati e ricerca; con il metodo DEA input oriented, ritorni di scala costanti, sono state determinate 7 facoltà relativamente inefficienti, con eccessi di studenti iscritti e docenti, risultando in 4 facoltà relativamente efficienti che determinano la linea di confine. Con l' IPM_{FGLR} sono stati determinati l'indice di produttività, l'efficienza tecnica e il cambiamento tecnologico che costituiscono la produttività globale raggiunta da ciascuna facoltà. **Conclusioni**: Le facoltà relativamente inefficienti per essere efficienti devono aumentare il numero di laureati che apporterebbero più e meglio capitale umano alla società e aumentare il numero di indagini che, aumentando le conoscenze, stabiliscano soluzioni alternative ai problemi sociali che a loro volta migliorano il benessere della società.

Parole chiave: metodo o tecnica DEA, input orientato, output orientato, Malmquist Productivity Index, decomposizione FLGR, efficienza relativa.

Capítulo I: Introducción

El presente estudio tuvo como objetivo determinar si se utilizaron los recursos con eficiencia técnica en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en el periodo 2013 – 2018, en cumplimiento de las funciones que las normas le asignan.

La Constitución Política del Perú (1993) artículo 18, la ley universitaria 23733 (1983) artículo 2 y, la ley universitaria 30220 (2014) artículo 6, indican como fines de la Universidad Peruana: La formación de profesionales de alta calidad, la investigación científica, tecnológica y humanística, y la proyección social a la comunidad para su cambio y desarrollo.

Para lograr los mencionados fines, se necesitan recursos financieros, humanos y tecnológicos, de tal suerte que con la combinación óptima de estos factores se obtenga con eficiencia buenos profesionales, investigación de calidad y mejorar la proyección social, de modo que nuestro país mejore su proceso de desarrollo económico y social.

La necesidad de utilizar eficientemente los recursos se hace perentorio en la Universidad Nacional del Callao debido (UNAC) a que cuenta con pocos recursos siendo la universidad pública peor asignada en su presupuesto para afrontar las actividades orientada al logro de sus fines. En este sentido, la investigación se orientó a determinar, si los recursos son utilizados de una manera racional y técnica para lograr resultados de eficiencia y, cuya probanza se realiza en el presente estudio en estricta aplicación de la estructura de la tesis establecida por la UNFV.

El instrumento que se emplea para medir la eficiencia técnica en las facultades es la metodología del análisis de los datos envueltos o DEA (Data Envelopment Analysis) que es una técnica determinística, donde se mide la eficiencia relativa del uso de los recursos de una unidad de producción en comparación con las unidades de producción con las que se relacionan.

La información estadística que se emplea son los datos registrados por la Universidad Nacional del Callao en sus diferentes facultades para el periodo antes indicado.

1.1 Planteamiento del Problema

La eficiencia en el uso de los recursos asignados a la universidad pública en el Perú es un problema que debe ser analizado en cada una de las instituciones de educación superior que son financiadas por el estado y cuyos resultados relativos con sus pares deben servir para orientar las políticas de asignación de recursos financieros y de la gestión de los recursos al interior de la universidad en el cumplimiento de sus funciones estatuidos en las normas del estado.

La Universidad Nacional del Callao, institución emblemática de la provincia constitucional del Perú, no es ajena a los problemas que presentan las universidades públicas en las que realizan funciones con escasos recursos financieros y con una oferta educativa muy inferior a su demanda por lo que se hace perentorio conocer si además de lo anterior utiliza los recursos de modo eficiente en cada una de las facultades en las que se imparte la formación en la carrera profesional que desarrollan.

El problema se plantea debido que cada facultad desarrolla funciones de formación profesional, investigación y extensión social cuyo cumplimiento depende de los recursos físicos, materiales y financieros que le son asignados anualmente y de los que ya dispone, los que se orientan a desarrollar las labores académicas con el objetivo de lograr profesionales altamente calificados y comprometidos con el desarrollo y mejora del bienestar de la población peruana, sin embargo si los recursos son insuficientes o no son utilizados de manera eficiente surgirá una brecha en la cantidad y calidad de los profesionales que requiere el país.

El presente estudio se orienta a conocer si en la Universidad Nacional del Callao las facultades han hecho uso eficiente de los recursos que le son asignados y de los que ya dispone.

1.2 Descripción del Problema

1.2.1 Nivel Global

Desde que la humanidad realiza la producción de bienes y servicios para su sostenimiento, uno de los conceptos que más influencia ha tenido en los procesos de producción es la asignación de recursos escasos y se evidencia fuertemente con la aparición del sistema de mercado en el siglo XVIII.

Así tenemos que Marquez y Silva (2008), nos indicó sobre la temporalidad del proceso de producción:

“Reconocer que la ciencia económica no tuvo un buen desarrollo en el mundo antiguo no significa que en esa época no se hicieran aportes al conocimiento económico y mucho menos que no existieran hechos de los que hoy se ocupa la ciencia económica como la producción” (p.23).

Las empresas se organizaban produciendo bienes para atender las necesidades del mercado. De esta manera las empresas más productivas eran aquellas que empleaban tecnología moderna que mejoraba a su vez la productiva del trabajador requiriendo para tal efecto mano de obra especializada, las menos productivas empleaban tecnología artesanal, mano de obra poco calificada, que afectaba la producción y a los ingresos de la empresa.

En la época contemporánea, las empresas utilizan tecnología de punta y se han especializado en la producción masiva de bienes y servicios. Hay empresas que emplean economías de escala que le permiten bajar notablemente sus costos al aumentar la producción (Ricardo, 1973).

Otras empresas son menos eficientes en el uso de sus factores, no emplean economía de escala, su tecnología es menos modernizada por no decir obsoleta. Ambos tipos de empresas se desenvuelven en la economía de mercado. En estas consideraciones podemos indicar que a las más productivas se las identificaron como las más eficientes y son las que dominan el

mercado en términos de precios y calidad del producto. Las menos eficiente si bien no están al margen del mercado, son simplemente, seguidoras de las más eficiente.

Por tanto, el concepto de eficiencia productiva está relacionado a responder la inquietud de cómo se organizan las empresas o unidades económicas, en una economía de mercado para producir con cierto grado de eficiencia y de lo que se trata es de emplear el concepto de eficiencia productiva al problema de la realidad universitaria, particularmente, a la Universidad Nacional de Callao, es decir, el empleo de los recursos en términos de eficiencia en la formación de los profesionales y en la elaboración de las investigaciones.

1.2.2 Nivel Local

Es conocido por la sociedad que siendo la universidad la fuente del conocimiento y de la investigación que aumenta o mejora los conocimientos científicos, no los utiliza para aplicarlo y mejorar sus propias condiciones operativas y de gestión en el cumplimiento de sus funciones, siendo la menos investigada y por tanto el quehacer peor conocido por la sociedad, no obstante los esfuerzos que se realizan para conocer mejor el desempeño de la universidad en la formación de profesionales y en la investigación.

Es conocido también que toda organización se establece con un fin determinado, los cuales afectan los diferentes actores del entorno en que se desenvuelven y quiénes esperan que el impacto de la operatividad, de la gestión y actividades de la organización los alcance positivamente en función a sus pretensiones.

Así tenemos en el caso de una empresa privada que, si bien se establece para ofertar bienes y servicios que la sociedad requiere, en la creación de la empresa los dueños buscan la rentabilidad de su inversión o las ganancias que le reporta el sacrificio que realizan al postergar consumos, los trabajadores buscan mejoras económicas al ofertar sus servicios, la sociedad en su conjunto busca mejorar su bienestar cuidando que la operatividad de la empresa preserve el medio ambiente y consumiendo el bien que le produce mayor bienestar. Las medidas para

determinar si la empresa cumple con los objetivos de los actores que la conforman son cuantitativas y de índole financiero a través de la cantidad de producción que realizan, el número de ventas que efectúan, los ingresos que generan y los costos con que realizan la producción.

En el problema que nos ocupa relacionada con la universidad pública se presenta una situación similar, en la que el estado (gestor de la universidad) busca que se formen profesionales de calidad en un número de acuerdo al tamaño de la inversión que realiza, los docentes ofertan sus servicios para formar profesionales, los profesionales formados buscan la mejora económica, aportar en el bienestar social y el reconocimiento social, la sociedad espera que los profesionales formados aporten sus conocimientos para mejorarla. En este caso las medidas para determinar el cumplimiento de sus fines son de índole cuantitativo y sería alcanzada mediante el número de profesionales formados con calidad, el número de investigaciones calificadas que realizan los docentes, el número de población beneficiada con la extensión universitaria. Todas estas medidas han sido abordadas en diversas investigaciones tanto para asignar recursos a las universidades (mejora en la asignación de presupuesto) que presentan mejor comportamiento en su quehacer, como para determinar la calidad y el nivel de enseñanza en términos de la demanda de los sectores económicos y sociales, o para conocer la eficiencia del uso de los recursos públicos (relación de insumos a resultados).

Estos estudios se realizan mediante las técnicas FDH - Free Disposable Hull y DEA - Data Envelopment Analysis, comentadas en (Byoungin et al., 2013).

La situación comentada la podemos observar en la universidad Nacional del Callao que cuenta con once facultades y diecisiete carreras universitarias, con una población de trece mil (13 000) estudiantes, seiscientos (600) profesores entre contratados y nombrados y, doscientos (200) trabajadores no docentes para atender las necesidades de la población estudiantil (UNAC, 2018), tuvo una asignación inicial de presupuesto para el año 2015-2017 en un promedio anual

de S/. 42 000 000 de soles por recursos ordinarios (Ministerio de Economía y Finanzas, 2017), es decir, aproximadamente S/.3 230 anuales por alumno o US \$. 995 anuales por alumno, una cantidad modesta en términos absolutos, que no satisface las necesidades reales que demanda la educación de calidad a los estudiantes, a la investigación en sus diversas facultades y finalmente, a la proyección social.

De esta manera y dado los recursos escasos que utiliza se necesita conocer como los emplean las facultades de la universidad nacional del callao y determinar si es necesario la redistribución de los factores productivos para lograr la eficiencia técnica requerida de modo que contribuya en la mejora de la calidad de la educación y la investigación, competencias que contribuyen al desarrollo económico y social de nuestro país.

1.3 Formulación del Problema

- Problema General

¿Se utilizaron de manera técnicamente eficiente los recursos en la formación de profesionales y en la Investigación en las facultades de la universidad Nacional del Callao en el año 2013 - 2018?

- Problemas Específicos

P.E.1: ¿Se utilizaron de manera técnicamente eficiente los recursos en la investigación en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en el año 2013 - 2018?

P.E.2: ¿Se utilizaron de manera técnicamente eficiente los recursos en la formación de profesionales en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en el año 2013 - 2018?

1.4 Antecedentes

1.4.1 Internacionales.

Martin (2003) en su estudio relacionado con la aplicación de la metodología DEA en la valoración del rendimiento de las facultades de la Universidad de Zaragoza, España, considera los indicadores de enseñanza y actividades de investigación en los departamentos y determina

que las facultades que obtienen los resultados más eficientes son las que llevan a cabo estas actividades de enseñanza e investigación, concluyendo que la facultad *asociada con el área Biomédica* muestra un staff con predominio de doctores sobre los no doctores siendo el tamaño medio de esos departamentos levemente más pequeño que el promedio de la universidad lo que determina que los coeficientes del departamento que ha sido evaluado ineficiente son cercanos al valor 1, por lo que no será difícil que se aproxime al nivel de eficiencia. Asimismo, indica que la facultad *relacionada a áreas científicas* conduce a actividades de investigación notables que proporcionan altos ingresos, especialmente el departamento de ingeniería; sin embargo, al tomar en cuenta que ellos tienen un activo más grande en pagos, algunos de estos departamentos han sido considerados ineficientes porque a pesar de lograr fondos importantes, no han sido suficientes con respecto a los activos que disponen. Con referencia al departamento *ligado al área social*, considera que la actividad de la enseñanza destacada, mucho más alta que el promedio de la universidad. No hay diferencias significativas entre el número del staff de doctores y el staff de académicos de no doctores, no obstante, sus actividades de investigación son sensiblemente inferiores que en otras áreas, consecuentemente está en este campo donde ellos deberían mejorar sus rendimientos, en particular aquellos departamentos que han sido computados como ineficientes.

En la investigación para determinar la eficiencia relativa en 30 universidades de Malasia en el 2010 en la que aplicaron el método DEA utilizando los indicadores de Enseñanza y de Investigación. Kuah y Wong (2011), llegan a la conclusión que tres (03) universidades son eficientes en sus actividades de enseñanza y once universidades son eficientes en investigación.

Afonso y Santos (2005) analizaron el problema de la eficiencia en las universidades públicas portuguesas utilizando la técnica DEA y obtienen como resultado que la eficiencia de las unidades de decisión (DMU) está localizada en las unidades y en los cursos, la eficiencia

relativa determinada está entre 0.553 y 0.678, que implica que en promedio las facultades de la muestra pueden ser capaces de lograr el mismo nivel de rendimiento usando menos de 44.7% (1- 0.553) y 32.2% (1- 0.678) de los recursos que usaron, en otras palabras, parece estar originándose en algunas pérdidas teóricas de recursos. En cuanto a la pérdida del producto el rango es de 0.728 a 0.828, el cual significa que, con los insumos, la universidad promedio parece estar obteniendo un rendimiento entre 27.2% (1- 0.728) y 17.2% (1 – 0.828) menos que lo que debería obtener si fuera localizada en la frontera teórica de posibilidades de producción. Finalmente, los investigadores sugieren que para medir la ineficiencia podría ser empleando insumos no discretos, que no incluya el cálculo de la DEA, a través del modelo TOBIT, que es un modelo econométrico con variable dependiente limitada.

1.4.2 América.

Alcaraz y Bernal-Dominguez (2017), investigó la eficiencia en la Universidades de México, consideró:

La pregunta central de su investigación “¿cómo explicar la eficiencia del uso de los recursos federales ordinarios y extraordinarios asignados a las universidades públicas Estatales de México mediante el análisis de la Envolvente de Datos?” “¿Cuál es el grado de eficiencia que presentan las universidades públicas estatales de México en cuanto al uso de los recursos federales ordinarios y Extraordinarios durante el periodo 2014-2015?” La hipótesis que se plantea es que “Las instituciones analizadas son generalmente ejecutoras eficientes de los recursos destinados para su operatividad, en una coyuntura donde el financiamiento federal es considerada ineficiente” a manera de conclusión en cuanto al uso del DEA establece que la relación de las variables que utiliza como inputs y outputs reflejan la eficiencia técnica relativa promedio de 0.860379, o técnicamente eficiente. Se comprueba la hipótesis planteada que las instituciones analizadas son generalmente ejecutoras eficientes de los recursos.

Rodríguez (2018), en su estudio para evaluar la eficiencia de las universidades públicas en Colombia y Chile, para la parte empírica de la investigación empleó la técnica del DEA para el cálculo de la eficiencia tanto con rendimientos constantes a escala utilizando DEA-CCR. (Charnes et al. 1978), como con rendimientos variables a escala con DEA-BCC. (Banker et al., 1984); como inputs se seleccionó a el profesorado y el número de matriculados, y como outputs los graduados y las publicaciones en la base de datos de Scopus. Las conclusiones son las siguientes. En Colombia para el año 2011 existen tres universidades eficientes como son: Antioquia, la industrial de Santander y Los Andes y para el 2015 son eficientes la del Atlántico, Córdoba y Tolima, manteniéndose eficientes por dos años, la universidad de Córdoba y el resto son consideradas ineficientes. En el caso de Chile para el 2011 las universidades de Arturo Prat, Bio-Bio, universidad Nacional de Chile y la Frontera son eficientes y, para el 2015 las Universidades Arturo Prat, Antofagasta, Bio-Bio, Nacional de Chile, la Frontera y Tarapacá respectivamente, y el resto son considerados ineficientes.

1.4.3 Nacional.

Huamaní et al. (2016), aplicó el método DEA para evaluar la eficiencia de las escuelas profesionales en la especialidad de Ingeniería Industrial, en Lima Metropolitana: Propuso variables de entrada y variables de salida, con identificación de los documentos secundarios consultados, como primer paso de la formulación. En el modelo se muestra:

Variables de Salida (Outputs)

Enseñanza - aprendizaje.	- Libros de difusión internacional
- Alumnos matriculados	- Capítulo de libros publicados
- Créditos impartidos	- Artículos publicados en revistas
- Calificación en la encuesta docente	- Intervenciones en congresos

- Porcentaje de alumnos aprobados
- Proyectos financiados por Concytec

- Porcentaje egresados con empleo.
- Proyectos en otras investigaciones.

Investigación

- Proyectos realizados

- Asesoría de tesis de maestría.

- Asesoría de tesis de Doctorado.

- Libros publicados

- Alumnos de maestría y doctorados

Variables de entrada (inputs)

- Profesores a tiempo completo.

- Aulas

- Profesores con grado de Doctor.

- Laboratorios

- Profesores con grado de magister.

- Biblioteca

- Becarios

- Recursos financieros

- Infraestructura

- Presupuesto.

En la investigación de Bonifaz y Santin (1999), referida al análisis empírico mediante la eficiencia técnica relativa de las empresas que operan en el sector de distribución de Energía eléctrica en el Perú durante el periodo 1995-1998, prestó especial interés al comportamiento de la eficiencia media obtenida según el capital de estas empresas, utilizando la técnica DEA o el análisis envolvente de datos que se aplica a las empresas privadas, públicas y empresas recién privatizadas en el sector de distribución de electricidad, concluyendo que las empresas privadas se han comportado de forma más eficiente que las públicas y las recién privatizadas y, las empresas privadas que nunca han sido estatales actúan con eficiencia superior al resto de las empresas estudiadas.

1.5 Justificación de la investigación

La investigación titulada: “Eficiencia Técnica en las facultades de la Universidad Nacional del Callao, 2013-2018”, se justificó por lo siguiente:

1.5.1 Justificación Teórica

La teoría que respalda nuestro problema a investigar, sobre la eficiencia técnica tiene sus fundamentos en la frontera de posibilidades de producción, donde cada punto en la frontera determina una producción eficiente dado que se obtiene la máxima producción con cierto nivel de recursos o que un nivel de producción se logra con los mínimos recursos utilizados.

El modelo utilizado es la función Cobb-Douglas y la aplicación de la técnica DEA (Análisis envolvente de datos) que permitirán encontrar estos puntos de eficiencia. La herramienta básica es la programación lineal.

La trascendencia teórica se justifica porque mejora el conocimiento que determina la mejor distribución de los recursos en las facultades de una Universidad y es muy significativa para futuras investigaciones.

1.5.2 Justificación Práctica

Porque nos permitirá cuantificar y evaluar la eficiencia técnica en las facultades de la Universidad Nacional del Callao mediante la teoría y el instrumento arriba mencionado, es decir, la aplicación de la teoría lleva a una evidencia empírica para una realidad universitaria específica.

1.5.3 Justificación Metodológica

Se relaciona la teoría mediante la metodología descrita de modo que sea accesible para otras investigaciones similares sobre la problemática universitaria en cuanto a la eficiencia técnica y sus efectos económicos; es decir, que se pueda replicar, sin emplear modelos demasiados abstracto o complejos que hacen incomprensible su desarrollo y entendimiento a la comunidad universitaria y que, por tanto, no se pueda llegar a buenas conclusiones.

Además, la investigación tiene fines de Política Universitaria, puesto que permitirá plantear soluciones, particularmente en la Universidad nacional del callao a través de la mejor disposición de sus recursos en la obtención de los logros académicos en sus diversas facultades.

1.5.4 Justificación por su importancia

La presente investigación es de suma importancia, puesto que servirá de fundamentos para otras investigaciones similares en nuestro país y fuera de nuestro país y que sirva de base para incorporar nuevas variables de análisis como son las equivalencias del docente, el financiamiento, la infraestructura, el recurso administrativo, siempre considerando la importancia del recurso en la investigación.

1.6 Limitaciones de la investigación

La limitación está dada por el número pequeño de las unidades de decisión, en el caso son las once (11) facultades de la universidad nacional del callao, que limita el número de variables a utilizar de modo que las unidades de decisión estén en una relación de 3 veces la suma de variables utilizadas, las que podrían considerar los otros factores productivos como bibliotecas, laboratorios, equipamiento, que de algún modo son representados por los docentes y estudiantes que los ocupan y, en los resultados que son afectados por el número de horas que el docente dedica para la enseñanza como para la investigación etc., que se simplifican con el número de egresados y el número de investigaciones realizadas, todo ello a nivel de facultades, que como se indica podrían ser elementos relacionados.

1.7 Objetivos

- Objetivo General

Determinar si se utilizaron con eficiencia técnica los recursos en la formación de profesionales e Investigación en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en el año 2013-2018

- **Objetivos Específicos**

OE1: Determinar si los recursos se emplearon con eficiencia técnica en la investigación en las facultades en la Universidad Nacional del Callao en el año 2013-2018

OE2: Determinar si se utilizaron con eficiencia técnica los recursos en la formación de profesionales en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en el año 2013-2018

1.8 Hipótesis

- **Hipótesis general.**

Los recursos fueron empleados con eficiencia técnica en la investigación y en la formación de profesionales en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en el año 2013-2018

- **Hipótesis Específicas.**

H.E.1: Los recursos se utilizaron con eficiencia técnica en la investigación en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en el año 2013-2018

H.E.2: Los recursos se utilizaron con eficiencia técnica en la Formación de Profesionales en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en el año 2013-2018.

Capítulo II: Marco Teórico

2.1 Marco Conceptual

En esta investigación se busca conocer la eficiencia con que han utilizado los recursos las facultades para lograr sus objetivos, en el caso productos, por lo que es necesario conocer en la teoría de producción la eficiencia o ineficiencia productiva de una empresa que para ello, en términos académicos, normalmente se emplea la función Cobb-Douglas de modo que se determine si los recursos fueron utilizados eficientemente, debiendo conocerse el máximo producto que se obtiene con unos recursos dados o el mínimo de recursos a utilizar con una producción determinada.

Las investigaciones que han abordado la medida de la eficiencia en el logro académico de las universidades han utilizado las técnicas paramétricas, estocásticas que analizan las fronteras de producción mediante el análisis econométrico (múltiples factores y un solo resultado). En estas consideraciones es necesario establecer *a priori*, la función de producción, siendo la más comúnmente utilizada la función Coob-Douglas y la de Leontief generalizada (Delgado, 2005)

Las críticas a esta técnica devienen del establecimiento a priori de la función de producción dado que su imprecisión afecta la medida de eficiencia, además de su debilidad para determinar las causas de la ineficiencia (Schmidt, 1984) y, el uso del promedio de los datos para ajustar la función (Greene, 2002).

En vista de la dificultad que plantea medir la eficiencia mediante el establecimiento a priori del modelo y el uso de la técnica de análisis econométrico de múltiples factores y un solo resultado, se establece la alternativa para medir la eficiencia productiva de modo determinístico en el que la frontera de producción la establecen las unidades de decisión que relativamente tienen más producción dado un nivel de insumos, medida que se realiza mediante la técnica de análisis de la envolvente de datos (DEA- Data envelopment Analysis), y la frontera de libre

disposición (FDH - Free Disposal hull). Estas técnicas son determinísticas, no estocásticas, y presentan una medida de eficiencia relativa que son sensibles a sus valores outliers (atípicos), errores de medición y efectos ambientales, además que no miden las unidades de calidad de los productos (Byoungin et al., 2013)

La diferencia entre ambos métodos es que en tanto mediante el FDH se dispone libremente de los insumos o productos que posibilitan mantener el nivel de producción, con la misma tecnología, aumentando el nivel de insumos, en la aplicación del DEA se permiten los ajustes en las unidades de decisión para lograr el óptimo deseado ya sea reduciendo los insumos para un determinado nivel de productos (input orientado) o aumentando la producción dado un nivel de insumos (output orientado).

De las técnicas de análisis de frontera de producción se ha elegido la técnica DEA debido a que además de permitir combinar múltiples recursos con múltiples productos, sus resultados, en caso de que se investiguen diferencias relativas, derivan en ajustes según la orientación buscada (input u output orientados).

Es necesario mencionar que la técnica DEA se ha aplicado para medir la eficiencia relativa en empresas o unidades productivas denominadas también unidades de decisión (DMUs), en diversos sectores de servicios públicos como el energético, sanitario, municipio y, el que nos interesa el sector universitario, entre otros, determinando en los estudios la eficiencia relativa que resulta de la eficiencia lograda por una unidad en términos de otras o realizando análisis en las Facultades o entre facultades de la misma universidad.

El uso de la técnica DEA en la medida de la eficiencia de múltiples insumos y múltiples productos, tiene las siguientes medidas que afectan la productividad de la unidad de decisión:

Cambio tecnológico. Mide el desplazamiento de la frontera de producción dado un nivel de tecnológica, entre los periodos evaluados t y $t+1$, de modo que si el cambio tecnológico es mayor a 1 ($CT > 1$) entonces podemos decir que la unidad evaluada presenta una mejora por

efecto de cambio técnico (progreso técnico o innovación tecnológica), si $CT < 1$ entonces la unidad evaluada ha tenido una pérdida de productividad o regreso técnico.

DEA. (Data Envelopment Analysis). Es el modelo de análisis que se emplea para medir la eficiencia en las entidades privadas y públicas mediante una técnica no paramétrica, determinística que se basa en la programación matemática.

Eficiencia técnica. Es la situación en la que no es posible aumentar la producción neta de un bien sin reducir la producción de otro bien.

Input(s). Elementos que intervienen como recursos en un proceso productivo.

Output(s). Son los resultados que se obtienen por el uso de los recursos productivos.

Índice de productividad de Malmquist. Mide el promedio ponderado que determina la mejora global de la productividad que considera el cambio de eficiencia técnica productiva sumada al cambio de la eficiencia por cambio tecnológico que obtiene la actividad de la facultad.

Frontera de posibilidades de producción. Es una curva geométrica que representa el máximo nivel de producción que han logrado las unidades de decisión dado los recursos que dispone.

Método DEA-BCC output orientado. Es la representación formal de la relación inputs-outputs que a través de la técnica de programación lineal mide los rendimientos, a nivel output (producto), de los recursos utilizados de modo que una unidad de decisión que no ha logrado la eficiencia pueda conocer el nivel de producción que dejó de realizar dado el nivel de recursos utilizados o lo que es lo mismo el nivel de producción que debía haber logrado o que deberá lograr dado los recursos que dispone. La aplicación del modelo permite establecer que unidades de decisión resultan relativamente eficientes respecto a las otras unidades de decisión que por defecto son ineficientes en el periodo de análisis.

En esta aplicación del DEA se determina que para ser eficientes y se encuentren en la frontera de producción debe efectuar por niveles de holgura la reducción en los inputs y/o el aumento de los outputs y, por efecto proporcional radial el aumento en los outputs (Bonifaz y Santin, 1999).

Método DEA-BCC input orientado. Es la representación formal de la relación inputs-outputs que a través de la técnica de programación lineal mide los rendimientos, a nivel input (insumo), de los outputs logrados de modo que una unidad de decisión que no ha logrado la eficiencia pueda conocer el nivel de recursos que utilizó en exceso en el logro de una determinada producción o lo que es lo mismo el nivel de recursos que debía haber reducido o deberá reducir dada la producción que realiza. La aplicación del modelo permite establecer que unidades de decisión resultan relativamente eficientes respecto a las otras unidades de decisión que por defecto son ineficientes en el periodo de análisis y, se determina que para ser eficientes y se encuentren en la frontera de producción debe efectuar por niveles de holgura el aumento en los outputs y/o la reducción de los inputs y, por efecto proporcional radial la reducción en los inputs.

Rendimiento a escala. Es la situación en la que al alterar en la misma proporción los factores productivos, la producción se altera en igual, mayor o menor proporción.

Rendimientos variables a escala. Es la situación en la que al alterar en la misma proporción los factores productivos, la producción se altera en mayor o menor proporción. Permite obtener una frontera de posibilidades de producción convexa.

Rendimientos constantes a escala. Es la situación en la que al alterar en la misma proporción los factores productivos, la producción se altera en la misma proporción. Permite obtener una frontera de posibilidades de producción lineal.

Técnica no paramétrica. Es una medida de resultado que no requiere que la estimación de la distribución de los factores sea caracterizada por parámetros y el resultado se determina por las relaciones establecidas de los factores que intervienen.

Técnica Solver. Es una herramienta de la hoja de cálculo Excel que se emplea para determinar los valores óptimos en programación lineal.

Sobre el método o técnica DEA (Data Envelopment Analysis) se emplea para medir la eficiencia de las producciones de las instituciones, y es el que vamos a utilizar en este trabajo, es el que también se le conoce como método de la envolvente o de los datos envueltos. Este método considerando rendimientos constantes a escala - RCE (Charnes et al., 1978) se le denomina DEA-CCR, en homenaje a sus autores y, el método que considera rendimientos variables a escala – RVE, se le denomina DEA – BCC (Banker et al., 1984) cuyas siglas fueron establecidas también en honor a sus autores, ambos métodos se utilizan con orientación input u output (Coll y Blasco, 2006).

Se han identificado las variables más comúnmente utilizadas, para medir la eficiencia de las universidades, como las variables independientes: alumnos, docentes, gastos en bienes y servicios y, las variables dependientes: los graduados (egresados, bachilleres, titulados con o sin trabajo), investigaciones (indexadas según niveles), ingresos por investigaciones, publicaciones.

Respecto a la eficiencia técnica de la asignación de recursos, nos refiere Coll y Blasco (2006) que en el supuesto que tengamos dos empresas A y C, para producir un nivel de producto Y, con rendimientos constante a escala. El precio de los insumos está representado por la pendiente de la recta PP. Por lo que, la empresa emplea dos insumos: capital y trabajo (K, L) para obtener un producto final Y.

En Figura 1, nos indica que la empresa A es más eficiente en la producción del bien final que la empresa C, puesto que está empleando menos insumos, dado los precios de los

factores. Para que la empresa C sea eficiente, tiene que emplear la mínima cantidad de insumos que se muestra en el punto B. La ineficiencia técnica se mide mediante una proporción OB/OC .

En la metodología DEA la manera de evaluar la eficiencia es empleando coeficientes, producto de DMU, que normalmente se conoce como Unidad de toma de decisiones, de modo que el desempeño de las unidades productivas se mide en términos de porcentajes significando que con el valor de 100% las unidades se manejan eficientemente, dado los recursos. Por debajo de 100%, los recursos no son administrados eficientemente, se tendría que evaluar las causas que lo originan.

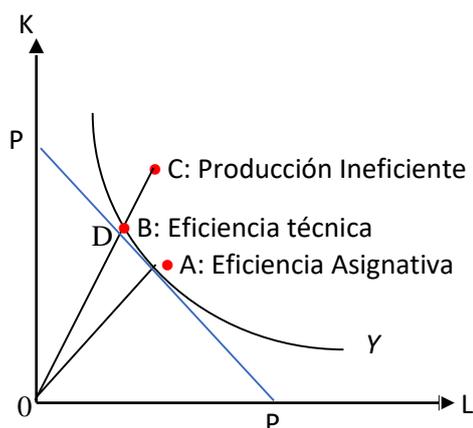
Capítulo III: Método

3.1 Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo básico dado que se parte de la teoría de la producción función Cobb-Douglas para establecer la eficiencia técnica relativa de una unidad

Figura 1

Frontera de producción de largo plazo



Nota. Indica el estado de la producción. A tiene eficiencia asignativa, tanto en gastos PP como en producción Y. B tiene eficiencia técnica, con los recursos utilizados logran el nivel de producción Y. C es ineficiente utiliza muchos recursos para Y. D es eficiente en gasto e ineficiente en producción.

de decisión en relación a la eficiencia de todas las unidades de decisión que se verifica en una realidad concreta como es el caso de las facultades de la Universidad Nacional de Callao en un análisis retrospectivo; Asimismo, la investigación es de enfoque cuantitativo, no experimental, de carácter determinista y, de corte transversal.

3.2 Población y muestra

En este estudio se trabaja con la población total del objeto de estudio que corresponden al número de docentes, el número de estudiantes como inputs o variables independientes y, el número de egresados y el número de investigaciones como outputs o variables dependientes, todas ellas por cada una de las once (11) facultades de la universidad nacional del callao, en los años 2013 y 2018 por lo que no se requiere del uso de muestras.

3.3 Operacionalización de variables

Se operacionalizan con los indicadores, como sigue:

- ***Variable Independiente.***

X = Inputs

Indicadores (por facultad y por año)

X_1 = Número de Estudiantes matriculados

X_2 = Número de Docentes

- ***Variable Dependiente.***

Y = outputs

Indicadores (por facultad y por año)

Y_1 = Número de egresados.

Y_2 = Número de Investigaciones aceptadas por la universidad

3.4 Instrumentos

Para determinar el nivel de eficiencia de las facultades se utiliza el método DEA (Data envelopment análisis) mediante el aplicativo SOLVER del programa EXCEL que determina la línea de frontera de producción relativa a las producciones eficientes, utilizándose los rendimientos constantes a escala y, los rendimientos variables a escala. Asimismo, se utiliza el Índice de Productividad de Malmquist IPM que determina el cambio global de la productividad y el índice de Productividad de Malmquist extendido IPM_{FLGR} , para determinar el cambio de productividad en cada uno de sus componentes la eficiencia técnica y el cambio tecnológico (Coll y Blasco, 2006).

3.5 Procedimientos

- Se hace uso de la aplicación línea de frontera de SOLVER del programa EXCEL para determinar por cada año 2018 y 2013 la eficiencia relativa de las facultades que identifican las eficientes y las ineficientes relativamente.

- Se compara las eficiencias relativas de ambos años para identificar las mejoras o retroceso en la eficiencia productiva de las facultades.
- Se aplica el índice de productividad de Malmquist (IPM) promedio ponderado para determinar la mejora global de la productividad que considera el cambio de eficiencia técnica productiva sumada a la mejora de la eficiencia por cambio tecnológico que obtiene la actividad de la facultad.
- Se aplica el IPM_{FLGR} que descompone el IPM en los dos (2) elementos: 1. Cambio de la eficiencia técnica productiva y 2. Cambio tecnológico que determina cuál de ellos ha producido la mejora o retroceso global de la eficiencia técnica productiva.

3.6 Análisis de datos

Los datos corresponden a la población del objeto de estudio y se ordenan en una matriz de filas en las que se ubican los inputs y outputs y las columnas identifican las facultades de modo que pueda ser registrado en el aplicativo SOLVER del programa EXCEL que modela las entradas y salidas sujeto a restricciones y el resultado que se obtiene se interpreta para determinar los niveles de eficiencia de las facultades y los denominados niveles de holgura que identifican el número de inputs u outputs a ser modificados, además se determina e interpreta los niveles radiales que aumentan o disminuyen los resultados de los niveles de holgura con lo cual podemos establecer las facultades eficientes y lo que se debe realizar para que las facultades ineficientes logren la eficiencia.

Determinar la eficiencia relativa del uso de los recursos en las facultades de la Universidad Nacional del Callao se realiza con el análisis combinado de inputs y outputs que resulta de la aplicación del método DEA- BCC que mide la eficiencia técnica relativa en forma de porcentaje de la información obtenida.

Asimismo, se utilizará el índice de productividad de Malmquist IPM y su extensión que es el índice de productividad de Malmquist y su descomposición FGLR. (Fare, Grosskopf, Lindgren y Roos, 1992; 2005).

3.7 Consideraciones éticas

El presente estudio se realizó con las valoraciones éticas que se requiere dado que los datos fueron obtenidos de las estadísticas de la Universidad Nacional del Callao, los cuales de acuerdo a Ley son de carácter público, el instrumento que se utiliza es el programa SOLVER de EXCEL que determina la línea de frontera de producción que es relativa a las producciones ineficientes que son las que no alcanzan la línea de frontera y, los resultados permiten establecer la eficiencia o el cambio en la cantidad de inputs u outputs a fin de obtener los resultados eficientes.

Capítulo IV: Resultados

Los resultados se producen por la aplicación de la técnica línea de frontera de SOLVER del programa EXCEL que determinan para cada año 2018 y 2013 la eficiencia relativa de las facultades de la universidad nacional del callao.

Se realiza con los datos de cada una de las facultades de la universidad nacional del callao (2013; 2018) que consideran 2 recursos los que en adelante denominaremos inputs y 2 resultados que denominaremos outputs para estar en concordancia con los términos del método DEA-BCC output orientado con rendimientos variables a escala y DEA BCC input orientado con rendimientos constantes a escala y, la aplicación del instrumento de línea de frontera Solver de Excel que es la técnica que se aplica para verificar la eficiencia relativa de las facultades cuyos resultados son analizados para luego determinar con el IPM_{FGLR} que productividades requieren ser mejoradas la productividad de eficiencia técnica o la de cambio tecnológico.

4.1 Eficiencia relativa de las facultades determinada con el método DEA-BCC Output Orientado, rendimientos variables a escala.

Este modelo se aplicó en cada uno de los años 2013 y 2018, y permitió establecer las facultades que resultaron relativamente eficientes respecto a las otras facultades que por defecto son ineficientes en cada uno de esos años y, se determinó los niveles de holgura que consideran que cantidad de insumos reducir y que cantidad de productos aumentar y el efecto proporcional radial en los outputs para que las facultades relativamente ineficientes alcancen a ser eficientes y se encuentren en la frontera de producción. Además, al hacer un análisis comparativo de las eficiencias relativas obtenidas en el año 2013 y 2018, nos permitió conocer si hubo cambios en los niveles de eficiencia relativa de las facultades.

4.1.1 Eficiencia relativa de las facultades en el año 2013

Con los datos estadísticos de las facultades de la universidad nacional del callao (2013)

que se presentan en el anexo 1, se aplicó el método DEA-BCC para determinar la eficiencia técnica relativa obtenida por cada facultad, que es neta del efecto a escala. En el anexo 2 se muestra el resultado de la facultad de ciencias administrativas FCA, los resultados de la aplicación para cada facultad se resumen en la tabla 1.

Tabla 1

Eficiencia Técnica Productiva de las Facultades UNAC del año 2013

Variables	FCA	FCC	FCE	FCNM	FCS	FIARN	FIEE	FIIS	FIME	FIPA	FIQ
φ	1.24	1	1.184	#	1	1	1	1	2.08	#	1
ETP =1/ φ	0.807	1	0.845	#####	1	1	1	1	0.48	#####	1
λ_{FCA}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FCC}	0.37	1	0	0	0	0	0	0	0.12	0	0
λ_{FCE}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FCNM}	0	0	0	#	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FCS}	0.39	0	0	0	0.999999	0	0	0	0.42	0	0
λ_{FIARN}	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
λ_{FIEE}	0	0	0.33	0	0	0	1	0	0	0	0
λ_{FIIS}	0	0	0	0	0	0	0	1.000001	0	0	0
λ_{FIME}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FIPA}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#	0
λ_{FIQ}	0.25	0	0.67	0	0	0	0	0	0.46	0	1
Sy1	0	0	52	0	0	0	0	0	0	0	0
Sy2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sx1	0	0	254	0	0	0	0	0	0	0	0
Sx2	16	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0

De la tabla 1, podemos indicar que seis (6) facultades (FCC, FCS, FIARN, FIEE, FIIS, FIQ) presentaron en el 2013 eficiencia relativa en el uso de los recursos al obtener una puntuación de eficiencia igual a uno (1) y son las que se ubican en la línea de frontera de la producción por lo que las intensidades de las otras facultades (λ_i) así como las holguras son nulas;

Tres facultades (FCA, FCE, FIME) presentaron ineficiencia relativa al obtener una puntuación menor a uno (1), teniendo como conjunto de referencia a las facultades que se ubican en la línea de frontera (facultades eficientes) las que se identifican en cada facultad ineficiente con las intensidades (λ_i) menores a uno (1), cuya suma ($\sum \lambda_i$) es igual a uno (1),

como por ejemplo la FCA presenta ineficiencia al obtener como eficiencia técnica pura (ETP) una puntuación de 0.807 y tuvo como conjuntos de referencia a la FCC cuya intensidad (λ_i) es de 0.37, la FCS con $\lambda_i = 0.39$ y la FIQ con $\lambda_i = 0.25$, la suma de estas intensidades (suma de los λ_i) es igual a uno, en este caso también se observa que la FCA tuvo un valor de holgura en $S_{x_2} = 16$, es decir, que para que la facultad sea eficiente ésta requiere por holgura disminuir en 16 unidades el input 2 docentes;

Dos facultades la FCNM y FIPA, no se identificaron ni como eficientes ni como ineficientes, esto se debe a los datos de los recursos utilizados y productos obtenidos por estas facultades, resultaron atípicos y no lograron una proporcionalidad en relación a los datos de otras facultades, anexo 3.

De los valores óptimos obtenidos en la aplicación del método DEA – BCC, anexo 2, también se pueden conocer para cada una de las unidades ineficientes, los valores objetivos, conjuntos de referencia, mejora potencial con sus componentes valores de holgura y valores radiales, como sigue:

A partir de los valores observados o datos de cada unidad evaluada que ha resultado ineficiente Tabla 2, en la solución de la línea de frontera o resultado de la medida de eficiencia observamos los valores objetivos de cada variable o valores que debió haber utilizado u obtenido para que la facultad evaluada logre la eficiencia tabla 3:

Tabla 2*Valores observados de facultades ineficientes 2013*

	X1	X2	Y1	Y2
FCA	1292	62	203	10
FCE	1422	61	93	20
FIME	1046	52	104	7

Tabla 3*Valores objetivos de facultades ineficientes 2013*

	X1	X2	Y1	Y2
FCA	1,292	46	251	12
FCE	1,168	61	162	24
FIME	1,046	46	216	15

Con los valores objetivos o valores de inputs y outputs que la facultad debe tener para lograr la eficiencia contrastados con los valores observados o los datos (UNAC, 2013) de cada facultad podemos indicar que, por ejemplo, la FCA para lograr ser eficiente, con la misma

cantidad de 1,292 alumnos debió realizar sus actividades con 46 docentes, es decir, 16 docentes menos de los que utilizó (46-62) debió lograr 48 egresados más (251-203) y, 2 investigaciones adicionales (12-10).

Este ajuste necesario que se debió realizar la facultad ineficiente para que logre la eficiencia relativa se puede conocer a través de dos movimientos un movimiento de holgura y un movimiento radial, tabla 4.

El movimiento de holgura se identifica en el resultado de la medida de eficiencia determinada con la aplicación del método DEA-BCC que podemos observar en el anexo 2 y, el movimiento radial se calcula con la variación de la puntuación obtenida respecto a la eficiencia multiplicada por el valor de la variable de la facultad ineficiente, en el caso la variable es de los outputs, dado que el modelo es output orientado, determinándose los siguientes valores:

Tabla 4

Valores de ajuste de holgura y radial 2013

	holgura				Radial	
	X1	X2	Y1	Y2	Y1	Y2
FCA		-16			48	2
FCE	-254		52		17	4
FIME		-6			112	8

Con estos valores de ajuste se determina que la FCA para tener eficiencia relativa, por efecto holgura, tenía que disminuir X2 en 16 unidades o lo que es lo mismo que está trabajando con 16 docentes más de los necesarios, También nos señala que aun disminuyendo 16 docentes debió haber logrado, por efecto radial, aumentar en 48 egresados y aumentar también en 2 investigaciones. De igual modo se interpretan los otros resultados de las unidades evaluadas que resultaron ineficientes FCE y FCNM.

En la tabla 5, se observa en forma conjunta el ajuste que hubiera permitido a cada facultad tener eficiencia relativa en sus actividades.

Tabla 5*Total valores de ajustes 2013*

	X1	X2	Y1	Y2
FCA	0	-16	48	2
FCE	-254	0	69	4
FIME	0	-6	112	8

4.1.2 Eficiencia relativa de las facultades en el año 2018

En este año, con los datos estadísticos de la universidad nacional del callao (2018), anexo 1, y la aplicación del modelo que mide de modo relativo la eficiencia técnica pura obtenida por las facultades que es neta del efecto a escala se obtuvieron los resultados para cada una de las facultades, conforme se muestra para la FCA en el anexo 4, que se resumen en la Tabla 6.

Tabla 6*Eficiencia técnica productiva de las facultades UNAC del año 2018*

Variables	FCA	FCC	FCE	FCNM	FCS	FIARN	FIEE	FIIS	FIME	FIPA	FIQ
φ^*	1.82	1	1.463	1	1	1	1	1	1.11	1	1
ETP = 1/ φ	0.549	1	0.684	1	1	1	1	1	0.90	1	1
λ_{FCA}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FCC}	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FCE}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FCNM}	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FCS}	0	0	0.24	0	1	0	0	0	0.69	0	0
λ_{FIARN}	0	0	0	0	0	1	0	0	0.23	0	0
λ_{FIEE}	0	0	0.27	0	0	0	1	0	0	0	0
λ_{FIIS}	0.98	0	0.18	0	0	0	0	1	0.08	0	0
λ_{FIME}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FIPA}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
λ_{FIQ}	0.02	0	0.32	0	0	0	0	0	0	0.00	1
Sy1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sy2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sx1	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sx2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

De la Tabla 6, podemos indicar que, en la universidad nacional del Callao, ocho (8) facultades (FCC, FCNM, FCS, FIARN, FIEE, FIIS, FIPA, FIQ) presentaron eficiencia relativa en el uso de los recursos al obtener una puntuación igual a uno (1), es decir, son los que se

ubican en la línea de frontera de la producción por lo que las intensidades de las otras facultades (λ_i) así como las holguras son nulas;

Tres facultades (FCA, FCE, FIME) presentaron ineficiencia relativa al obtener una puntuación menor a uno (1), teniendo como conjunto de referencia a las facultades que se ubican en la línea de frontera identificándose con las intensidades (λ_i) menores a uno (1), la suma de las intensidades en cada facultad ineficiente es igual a uno (1). En esta situación se encuentra la FCA presenta ineficiencia al obtener como eficiencia técnica pura (ETP) una puntuación de 0.549 y tuvo como conjuntos de referencia a la FIIS cuya intensidad (λ_i) es de 0.98 y, la FIQ con $\lambda_i = 0.02$, la suma de las intensidades (suma de los λ_i) es igual a uno, en este caso también se observa que la FCA tuvo un valor de holgura en $Sx1 = 26$, es decir, que del input 1 para acercarse a la eficiencia relativa no eran necesarios 26 alumnos matriculados y, del input X2 no eran necesarios 7 docentes. Además de la facultad de ciencias administrativas FCA con ETP = 0.549, están como ineficientes la facultad de ciencias económicas FCE con ETP = 0.684 y, la facultad de ingeniería mecánica FIME con ETP = 0.9.

Los valores observados y valores objetivos según inputs y outputs de cada uno de ellos son como se presentan en la tabla 7 y 8, respectivamente.

Tabla 7

Valores observados de facultades ineficientes 2018

	X1	X2	Y1	Y2
FCA	2,198	58	174	4
FCE	1,276	58	134	8
FIME	1,008	48	140	2

Tabla 8

Valores objetivos de facultades ineficientes 2018

	X1	X2	Y1	Y2
FCA	2,172	51	317	7
FCE	1,276	58	196	12
FIME	1,008	48	156	2

Los valores objetivos que identifican los valores inputs y outputs que la facultad ineficiente debió utilizar y obtener para tener eficiencia relativa de modo que se ubiquen en la frontera de nivel de eficiencia, contrastan con los valores observados por lo que deberán modificar el número de input reduciéndolos y de outputs aumentándolos, en el caso de la FCA

disminuir los inputs, X1 en 26 alumnos (2172 – 2198) y X2 en 7 docentes (51 – 58), y aumentar los outputs Y1 en 143 egresados (317 – 174) y Y2 en 3 investigaciones (7 – 4), en tanto que la FCE con sus mismos recursos, es decir sin alterar sus inputs, debe aumentar los outputs, Y1 en 62 egresados (196 - 134) y Y2 en 4 investigaciones (12 – 8), y la FIME con sus mismos recursos, inputs, debe aumentar solo el output Y1 en 16 egresados (156 – 140).

En la tabla 9, se observa que las variaciones o ajustes, comentadas anteriormente y que se deben realizar para lograr la eficiencia, se debe a un movimiento de holgura que se determina al ejecutar el software de línea de frontera, anexo 4, y el movimiento radial, así tenemos que la FCA con 26 matriculados menos y 7 docentes menos por cambio de holgura debió aumentar en 143 el número de egresados y en 2 el número de investigaciones por cambio radial.

Tabla 9 / 2018

	holgura				Radial	
	X1	X2	Y1	Y2	Y1	Y2
FCA	-26	-7			143	2
FCE					62	3
FIME					16	0

En la tabla 10, se identifican los valores de ajuste total en cada uno de los factores de las facultades de la universidad nacional del callao, en la que la FCA para lograr la eficiencia en el año 2018, d **Tabla 10** o menos alumnos matriculados (26), menos docentes (7) y haber logrado más egresados (143) y más investigaciones (2), las otras facultades con sus mismos inputs debieron haber obtenido más outputs para lograr la eficiencia relativa.

Total Valores de ajuste 2018

	X1	X2	Y1	Y2
FCA	-26	-7	143	2
FCE	0	0	62	3
FIME	0	0	16	0

4.1.3 Eficiencia relativa de las facultades análisis comparativo 2018-2013.

Al comparar, en términos generales, los niveles de eficiencia relativa logrados por las facultades de la Universidad Nacional del Callao en los periodos 2013 y 2018, tabla 11, podemos indicar que en el año 2018 la FCC, FCS, FIARN, FIEE, FIIS y FIQ mantuvieron su liderazgo en la eficiencia técnica relativa y siguen las mismas facultades FCA, FCE y FIME como ineficientes, sin embargo, se evidencia que la FIME mejora notablemente su eficiencia que pasó de una puntuación de 0.48 en el 2013 a una puntuación de 0,90 en el 2018 que se acerca a la frontera de eficiencia, en tanto que las otras facultades con ineficiencia relativa disminuyeron significativamente su nivel de eficiencia relativa al pasar la FCA del nivel de eficiencia de 0.807 en el 2013 a 0.549 en el 2018, más lejos de 1, y la FCE de 0.845 a 0.684.

Tabla 11

Eficiencia técnica por facultades UNAC años 2018 y 2013

	FCA	FCC	FCE	FCNM	FCS	FIARN	FIEE	FIIS	FIME	FIPA	FIQ
2013	0.807	1	0.845	Sin Soluc.	1	1	1	1	0.48	Sin Soluc.	1
2018	0.549	1	0.684	1	1	1	1	1	0.90	1	1

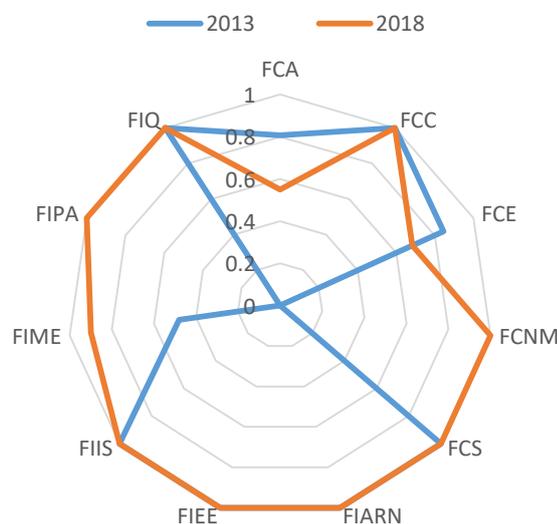
Esta misma situación se presenta en la figura 2, en la que observamos el nivel de eficiencia relativa de las facultades que si son eficientes se encuentran en un punto del círculo mayor y si son ineficientes están en un círculo menor, debajo del círculo mayor, así tenemos que en el 2013 representado por el círculo color azul las facultades con eficiencia relativa son la FCC, FCS, FIARN, FIEE, FIIS Y FIQ, las ineficientes son la FCE, FIME, FCA, en tanto que la FCNM y FIPA al tener información atípica no han sido rankeados en este gráfico.

En el 2018 representado por el círculo de color naranja observamos que la FCC, FCS, FIARN, FIEE, FIIS Y FIQ siendo eficientes en el 2013, mantuvieron su liderazgo en la eficiencia relativa en el 2018, la FCNM, FIPA obtienen eficiencia relativa en 2018 y, la FIME aumenta su eficiencia relativa en el 2018 aunque continúa siendo ineficiente en tanto que la

Figura 2

Eficiencia técnica de las Facultades años 2018 y 2013

FCA siendo ineficiente en el 2013 disminuyó aún más la eficiencia relativa respecto a lo obtenido en el 2018.



Nota. En el 2013 y 2018 hay 3 facultades ineficientes

Asimismo, en términos específicos, podemos apreciar en la tabla 11.1 los factores que se tenían que ajustar para que las facultades ineficientes logren la eficiencia relativa, al respecto podemos decir que en el 2018 las unidades ineficientes son las mismas que fueron ineficientes también en el 2013, observándose los valores de ajuste que debió realizar en cada periodo que le hubieran permitido a cada facultad ineficiente tener la eficiencia relativa en las actividades que realiza.

Tabla 11.1

Comparativo del total Valores de ajuste por periodo

2018	E.T.	X1	X2	Y1	Y2	2013	E.T.	X1	X2	Y1	Y2
FCA	0.549	-26	-7	143	2	FCA	0.807	0	-16	48	2
FCE	0.684	0	0	62	3	FCE	0.845	-254	0	69	4
FIME	0.900	0	0	16	0	FIME	0.480	0	-6	112	8

Sobre la FCA con eficiencia relativa en el 2013 de 0,807 se observa que para 2018 disminuyó aún más su ineficiencia relativa al obtener una eficiencia relativa de 0,549 que determina que en este año 2018 su puntuación está más lejos de la línea de frontera que

establecen las facultades eficientes, así tenemos que en el 2013 requirió disminuir menos inputs en 16 docentes respecto a lo que requirió disminuir en el 2018 en 26 alumnos matriculados y 7 docentes y, aumentar menos outputs en el 2013 de 48 alumnos egresados y 2 investigaciones, respecto al 2018 que requirió aumentar más outputs en 143 alumnos egresados y 2 investigaciones;

Respecto a la FCE, podemos observar que en el 2018 uso cantidades eficientes de inputs por lo que no requirió ajustes y aumentar menos los outputs en 62 egresados y en 3 investigaciones más, en tanto que en el 2013 requería disminuir 254 alumnos matriculados y aumentar en 69 egresados y 4 las investigaciones con lo cual se determina una mejor performance de la FCE en 2018 respecto al 2013 sin embargo el resultado de eficiencia relativa es que esta facultad tuvo menor eficiencia en 2018 respecto a 2013 con lo cual se identifica que las facultades eficientes han mejorado mucho más el uso eficiente de los recursos desplazando la línea de frontera en el 2018.

Asimismo, de la FIME podemos decir que sus actividades mejoraron en el 2018 respecto al 2013 al requerir solo un aumento de 16 egresados para ser eficiente en tanto que en el 2013 requería no solo disminuir inputs sino que también requería aumentar mucho más los outputs, con lo cual se demuestra que en el 2018 la facultad presenta una mejora en su eficiencia relativa pero aún más podemos decir que tuvo mejor desempeño que el desempeño que tuvieron las unidades eficientes en el 2013, sin embargo la FIME no alcanzó el desempeño que tuvieron las unidades eficientes en el 2018.

4.2 Eficiencia relativa de las facultades determinada con el método DEA-BCC input orientado, rendimientos constantes a escala

La aplicación de este modelo input-orientado, al igual que en el output orientado, permite establecer que facultades resultan relativamente eficientes respecto a las otras facultades que por defecto son ineficientes en el periodo de análisis y, se determina que para

ser eficientes y se encuentren en la frontera de producción debe efectuar por niveles de holgura el aumento en los outputs y/o la reducción de los inputs y, por efecto proporcional radial la reducción en los inputs.

En este modelo de rendimientos constantes a escala (RCE), la línea de frontera de producción es lineal y contiene a la línea de frontera que forma el modelo de rendimientos variables a escala (RVE) originando que en el caso de RCE haya menos facultades eficientes y la medida que determina es la eficiencia técnica pura o ETP (Coll y Blasco, 2006), “netos de cualquier efecto escala” (Thanassoulis, 2001)

4.2.1 Eficiencia relativa de las facultades en el año 2013

Las medidas de eficiencia relativa de cada una de las facultades, se resumen en la siguiente tabla 12 que es resultado de la aplicación del método DEA-BCC input orientado como se observa en el anexo 5 que presenta el resultado de la FCA, así tenemos que en el año 2013 hay 3 unidades eficientes la FCC, FCS y la FIQ, todas con una puntuación de 1, es decir, se encuentran en la línea de frontera y, 8 facultades ineficientes que para ser eficientes deben realizar las modificaciones inputs, outputs con movimientos de holgura y modificaciones inputs con movimientos radiales, los movimientos de holgura se observan en las cuatro últimas filas de la tabla.

Tabla 12

Eficiencia Técnica de las facultades DEA-BCC, input orientado año 2013

	FCA	FCC	FCE	FCNM	FCS	FIARN	FIEE	FIIS	FIME	FIPA	FIQ
φ^*	0.6649	1	0.7552	0.6791	1	0.5332	0.7482	0.7444	0.4463	0.9385	1
ETP = 1- φ	33.51%	0%	24.48%	32.09%	0%	46.68%	25.18%	25.56%	55.37%	6.15%	0%
λ_{FCA}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FCC}	0	1	0	0	0	0	0	0.1177	0	0	0
λ_{FCE}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FCNM}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FCS}	0.6611	0	0	0	1	1	0	0.0913	0.2715	0	0
λ_{FIARN}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FIEE}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FIIS}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FIME}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FIPA}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FIQ}	0.2623	0	0.8696	0.5217	0	0	1.0870	0.6539	0.2335	0.9565	1
Sy1		0	50	50	0	0	21	0	0	62	0
Sy2		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Sx1		0	287	0	0	0	280	0	0	208	0
Sx2	3	0	0	13	0	10	0	0	1	0	0

En esta tabla 12 observamos:

La FCA por cambio de holgura debe disminuir en 3 el número de docentes,

La FCE requería disminuir en 287 alumnos y aumentar en 50 el número de egresados.

La FCNM disminuir en 13 el número de docentes y aumentar 50 el número de los egresados.

La FIARN disminuir en 10 el número de docentes y aumentar 1 investigación.

La FIEE disminuir en 280 el número de alumnos matriculados y aumentar en 21 el número de los egresados.

La FIME disminuir en 1 el número de docentes.

La FIPA disminuir en 208 el número de alumnos matriculados y aumentar en 62 el número de egresados.

En la tabla 13, se presentan los valores observados que registraron las facultades relativamente ineficientes, en el 2013, así también en la tabla 14 se presentan los valores objetivos, resultado de la aplicación del método DEA-BCC, valores que debieron haber registrado para obtener eficiencia relativa en los inputs u outputs respectivos, la diferencia de

los valores objetivos de los valores observados, determinan los ajustes que deben efectuar las facultades relativamente ineficientes para ser eficientes, como utilizar menos recursos, alumnos matriculados y docentes, y unas pocas haber obtenido mayores outputs en egresados.

Tabla 14

<i>Valores observados de las facultades UNAC 2013</i>					<i>Valores objetivo de las facultades UNAC 2013</i>					
	X1	X2	Y1	Y2		X1	X2	Y1	Y2	
Tabla 13	FCA	1292	62	203	10	FCA	859	38	203	10
	FCE	1477	61	93	20	FCE	788	46	143	20
	FCNM		60	36	12	FCNM	473	28	86	12
	FIARN		54	123	2	FIARN	478	19	123	3
	FIIE	1691	77	157	25	FIIE	985	58	178	25
	FIIS	1215	59	167	17	FIIS	904	44	167	17
	FIME	1046	52	104	7	FIME	467	22	104	7
	FIPA	1145	54	95	22	FIPA	867	51	157	22

El ajuste que requiere realizar cada facultad evaluada y determinada como ineficiente para lograr los valores objetivos que la hacen eficiente determinados en el modelo aplicado mediante los movimientos de holgura que disminuyen inputs y aumentan outputs, comentados anteriormente y que se repiten en la tabla 15, movimientos de holgura que resultan en un ajuste limitado para lograr los valores objetivos, que se completa con el ajuste por movimiento radial que comprende a todas las facultades como se observa en la misma tabla 15.

Tabla 15

Valores de ajuste por movimiento de holgura y movimiento radial 2013

2013	holgura					Radial	
	X1	X2	Y1	Y2	X1	X2	
FCA		-3			-433	-21	
FCE	-287		50		-348	-15	
FCNM		-13	50		-223	-19	
FIARN		-10		1	-418	-25	
FIIE	-280		21		-426	-19	
FIIS					-311	-15	
FIME		-1			-579	-29	
FIPA	-208		62		-70	-3	

Los valores totales de ajuste se observan en la tabla 16, que son significativos en la disminución relativa de los inputs, alumnos matriculados y docentes y requiere del aumento de egresados en algunas facultades y solo 1 investigación más en FIARN.

Tabla 16

Total valores de ajuste facultades ineficientes 2013

	X1	X2	Y1	Y2
FCA	-433	-24	0	0
FCE	-635	-15	50	0
FCNM	-223	-32	50	0
FIARN	-418	-35	0	1
FIEE	-706	-19	21	0
FIIS	-311	-15	0	0
FIME	-579	-30	0	0
FIPA	-278	-3	62	0

4.2.2 Eficiencia relativa de las facultades en el año 2018

Del mismo modo como se han determinado los valores objetivos, movimientos de holgura y movimientos radiales para el año 2018 se determinan dichos valores y movimientos con los datos (UNAC, 2018) y la aplicación del método DEA-BCC input orientado, se presenta el resultado de la aplicación en el anexo 6, así tenemos que por movimiento de holgura era necesario la modificación de inputs y outputs en las facultades ineficientes relativamente que se identifican con niveles de eficiencia menor a uno, 1, como se observa en la tabla 17.

Tabla 17

Eficiencia Técnica de las facultades DEA-BCC, input orientado año 2018

	FCA	FCC	FCE	FCNM	FCS	FIARN	FIEE	FIIS	FIME	FIPA	FIQ
φ^*	0.534	0.9576	0.676	####	1	0.7813	1	1	0.8543	0.9726	1
ETP = 1- φ	46.60%	4.24%	32.41%	####	0%	21.87%	0%	0%	14.57%	2.74%	0%
λ_{FCA}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FCC}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FCE}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FCNM}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FCS}	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
λ_{FIARN}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FIEE}	0.0979	0	0.3503	0	0	0.3093	1	0	0.5524	0.2850	0
λ_{FIIS}	0.4652	0.6850	0.0836	0	0	0.0874	0	1	0	0.1190	0
λ_{FIME}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FIPA}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FIQ}	0	0.2263	0.1701	####	0	0	0	0	0	0.4051	1
Sy1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Sy2	0	0	0	0	0	2	0	0	4	0	0
Sx1	0	145	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sx2	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0

Según los movimientos de holgura, que se observan en las cuatro últimas filas de la tabla 17, las facultades ineficientes como:

La FCC se observa que utilizó en exceso 145 alumnos matriculados.

La FCNM utilizó en exceso 9 docentes y aún sin ellos debió aumentar 3 egresados.

La FIME con los recursos que utilizó debió haber realizado 4 investigaciones más.

Las otras facultades ineficientes como las FCA, FCE y FIPA se observa que para lograr la eficiencia relativa no requerían realizar movimientos de holgura.

En la tabla 18 se presentan los valores observados y en la tabla 19 los valores objetivos que es resultado de la aplicación del modelo cuyas diferencias determinan los ajustes requeridos para que la facultad sea considerada eficiente relativamente.

En el caso de la FCA para lograr el mismo número de egresados e investigaciones, debe disminuir 124 alumnos matriculados (1,174 – 2,198) y, disminuir 27 docentes (31 – 58), del mismo modo se determinan los ajustes con las demás facultades en las que algunas además deben aumentar el o los outputs.

Tabla 18*Valores observados de facultades ineficientes 2018*

2018	X1	X2	Y1	Y2
FCA	2198	58	174	4
FCC	1912	49	245	10
FCE	1276	58	134	8
FCNM	521	53	31	7
FIARN	859	35	106	2
FIME	1008	48	140	2
FIPA	1056	50	155	13

Tabla 19*Valores objetivo de facultades ineficientes 2018*

2018	X1	X2	Y1	Y2
FCA	1,174	31	174	4
FCC	1,686	47	245	10
FCE	862	39	134	8
FCNM	243	16	34	7
FIARN	671	27	106	4
FIME	861	41	140	6
FIPA	1027	49	155	13

En la tabla 20 se observan los movimientos que deben producirse para obtener el nivel de eficiencia relativa, estos movimientos son ajustes que se componen del ajuste de holgura que es residual y el ajuste radial que es el resultado del modelo utilizado en la que nuevamente es el efecto radial el de mayor importancia, como corresponde, en el ajuste que debe realizar la facultad ineficiente para que se considere relativamente eficiente, así tenemos que la FCA no requiere ajuste por holgura pero, si ajuste por movimiento radial de disminuir en 1024 alumnos y 27 docentes para lograr ser eficiente, es decir que para obtener el nivel de egresados e investigaciones realizadas tuvieron demasiados estudiantes o lo que es lo mismo hay demasiado recurso para tan poca producción, del mismo modo se pueden analizar los ajustes

que deben realizar las otras facultades relativamente ineficientes que para lograr ser eficientes deberán realizar los ajustes por movimiento de holgura o radial.

Tabla 20

Valores de ajuste por movimientos de holgura y radial 2018

2018	holgura				Radial	
	X1	X2	Y1	Y2	X1	X2
FCA					-1024	-27
FCC	-145				-81	-2
FCE					-414	-19
FCNM		-9	3		-278	-28
FIARN				2	-188	-8
FIME				4	-147	-7
FIPA					-29	-1

En la tabla 21 se han juntado los movimientos de holgura y el movimiento radial para determinar el número de recursos o inputs utilizados en demasía y de outputs que debieron haber obtenido con los recursos netos de los excesos evidenciados, siendo las facultades más críticas la FCA y FCNM.

Tabla 21

Total de valores de ajuste por factores 2018

2018	X1	X2	Y1	Y2
FCA	-1024	-27	0	0
FCC	-226	-2	0	0
FCE	-414	-19	0	0
FCNM	-278	-37	3	0
FIARN	-188	-8	0	2
FIME	-147	-7	0	4
FIPA	-29	-1	0	0

4.2.3 Eficiencia relativa de las facultades. Análisis comparativo 2018-2013.

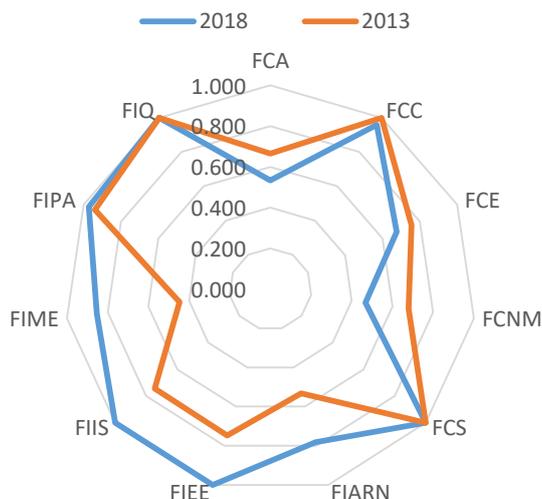
De la comparación de las eficiencias relativas obtenidas por las facultades en el año 2013 y en el año 2018 conforme se aprecia en la tabla 22, la FCA de ser ineficiente en un nivel de 0.6649 en el 2013 pasó a ser más ineficiente en un nivel de 0.534 en el 2018. Igual sucedió con la FCC, FCE y FCNM que fueron más ineficientes relativamente en el 2018 de lo que eran en el 2013

en tanto que la FIARN, FIME y FIPA mejoraron su nivel de eficiencia aun cuando continúan siendo ineficientes relativamente, la FCS y la FIQ siendo eficientes relativamente mantuvieron su nivel y la FIEE, FIIS mejoraron su nivel de eficiencia pasando de ser ineficientes al nivel de eficiencia relativa logrando ser referentes al estar en la línea de frontera de producción.

Comparativo de las eficiencias técnicas de facultades UNAC 2018 - 2013

	Facultad	FCA	FCC	FCE	FCNM	FCS	FIARN	FIEE	FIIS	FIME	FIPA	FIQ
2018	φ^*	0.534	0.9576	0.676	0.4673	1	0.7813	1	1	0.8543	0.9726	1
2013	φ^*	0.6649	1	0.7552	0.6791	1	0.5332	0.7482	0.7444	0.4463	0.9385	1

En la figura 3 podemos apreciar que la eficiencia lograda en el 2018 por las facultades representadas por los puntos que se une con la línea azul presenta que la mayor eficiencia relativa tanto el 2013 como el 2018 las lograron la FCS y FIQ, asimismo observamos un mejor rendimiento en el 2018 respecto a lo obtenido el 2013 llegando al nivel de máxima eficiencia las obtuvieron la FIEE, FIIS y FIPA y, las facultades que mejoraron, aunque continúan siendo ineficientes la FIARN y la FIME, en tanto que disminuyeron aún más su nivel de ineficiencia FCA, FCE, FCNM, siendo estas últimas las que son preocupantes y deben identificarse los factores que disminuyen sus logros no obstante los recursos que disponen.

Figura 3*Eficiencia Técnica de las facultades UNAC*

Nota. Identifica las facultades eficientes (= 1), ineficientes (< 1)

4.3 Análisis e interpretación de los resultados

Para el análisis de los resultados encontrados nos apoyaremos con: c.1. El índice de productividad de Malmquist IPM y su extensión c.2. El índice de productividad de Malmquist y la descomposición Fare, Grosskopf, Lindgren y Roos IPM_{FGLR} que mide el cambio de la productividad lograda por las facultades en los dos periodos de estudio, en su descomposición en *el cambio tecnológico o el cambio en la eficiencia técnica pura*.

4.3.1 El índice de productividad de Malmquist (IPM)

Se utilizó para determinar en las facultades, las eficiencias relativas de cada uno de los dos periodos en la línea de frontera y medir el cambio de la productividad que se produjeron en cada una de las facultades, obteniéndose el cambio de la eficiencia técnica pura que es precisamente el índice de productividad de Malmquist (IPM). Luego, se analizó el IPM con la descomposición de Fare, Grooskopf, Lindgren y Roos obteniéndose el cambio en la eficiencia técnica pura y, además, el cambio tecnológico por el desplazamiento de la línea de frontera.

Partimos del hecho que la productividad de un factor productivo se mide por $P_t = \frac{y_t}{x_t}$

donde y_t es la producción obtenida en el periodo t y x_t la cantidad de insumos utilizados en el

periodo t. En un análisis *input orientado*, se define por la cantidad de insumos requeridos por unidad de producto obtenido.

Esta productividad al compararse con una productividad óptima en el mismo periodo que representa un punto en la línea de frontera de producción, mide la Eficiencia Técnica ET de la unidad evaluada y, el cambio de productividad de una unidad evaluada se mide con la relación de las productividades obtenidas en periodos diferentes cada una en relación a la productiva óptima de un determinado periodo, así tenemos: $CP_A^t = \frac{P_{A,t+1}^t}{P_{A,t}^t} = \frac{ET_{A,t+1}^t}{ET_{A,t}^t}$ que nos indica el cambio Productivo de la unidad A en el periodo t+1 con respecto a la productividad óptima del periodo t, $ET_{A,t+1}^t$, ambas evaluadas con la línea de frontera del periodo t. Así podemos observar en el anexo 5, para la FCA la eficiencia técnica del periodo t+1 evaluada con la eficiencia óptima del periodo t ($ET_{A,t+1}^t$) que se relaciona con la eficiencia técnica del periodo t también evaluada con la eficiencia óptima del mismo periodo t ($ET_{A,t}^t$), anexo 6, también para la FCA, en el supuesto que no hay desplazamiento de la línea de frontera, éste es precisamente el índice de productividad de Malmquist IPM que definieron Caves, Christensen y Dewert en 1982 el cual se representa por el denominado IPM_{CCD}^t cuando las productividades se miden con la frontera del periodo t, sin desplazamiento de la frontera, por tanto, $CP_A^t = IPM_{CCD}^t = \frac{ET_{A,t+1}^t}{ET_{A,t}^t}$ insistiendo que las eficiencias se miden sobre la misma línea de frontera de producción en el periodo t, anexo 5 y 6 respectivamente del numerador y del denominador, de la FCA, del mismo modo puede establecerse $CP_A^{t+1} = IPM_{CCD}^{t+1} = \frac{ET_{A,t+1}^{t+1}}{ET_{A,t}^{t+1}}$, anexo 7 y 8 respectivamente del numerador y del denominador, que resulta en un índice distinto al anterior porque se ha tomado como línea de frontera el periodo siguiente.

Este índice de productividad de malmquist, determina el cambio de nivel de eficiencia Técnica lograda por la unidad evaluada como sigue:

- Si $IPM_{CCD} > 1$ entonces $IPM_{CCD} - 1 > 0$ y la unidad evaluada ha mejorado su eficiencia técnica y por tanto ha mejorado su productividad en el 2018 respecto a la línea de frontera del 2013.

- Si $IPM_{CCD} = 1$ resulta que $IPM_{CCD} - 1 = 0$ y ha mantenido su posición relativa respecto a la línea de frontera tecnológica, manteniendo su eficiencia técnica relativa al no haber cambio en su productividad relativa y,

- Si $CP = IPM_{CCD} < 1$, entonces $IPM_{CCD} - 1 < 0$, ha empeorado su eficiencia técnica y hay una disminución relativa de su productividad.

Para evitar las medidas distintas de cambio de productividad resultados de la elección del periodo de referencia de la línea de frontera (t o $t+1$), Fare, Grosskopf, Lindgren y Roos plantearon un índice de productividad de Malmquist único que resulta de la media geométrica de los dos, estableciendo: $IPM_{FGLR} = [IPM_{CCD}^t \times IPM_{CCD}^{t+1}]^{1/2}$

Como cada IPM_{CCD} se ha determinado teniendo como referencia la línea de frontera de un periodo entonces el IPM_{FGLR} al combinar las líneas de frontera de periodo distintos está considerando el desplazamiento de la línea de frontera lo cual da como resultado que además del cambio de productividad que determina cada IPM_{CCD} , se determina un cambio tecnológico por el desplazamiento de la línea de frontera.

4.3.2 Los IPM_{CCD} en los años 2018 y 2013 medidos con la línea de frontera de un solo periodo.

Con la línea de frontera del año 2013 se determina con el IPM_{CCD}^{2013} el cambio del nivel de productividad que resulta de relacionar los resultados de la aplicación de los datos 2018 con la línea de frontera 2013, anexo 5, y de los datos del 2013 con la misma línea de frontera del 2013, anexo 6, y el IPM_{CCD}^{2018} de los resultados en el periodo 2018 y 2013 con la línea de frontera del año 2018, anexo 7 y 8.

El resumen de los resultados se aprecian en la tabla 23, donde el CP o CET del 2018 en relación al 2013 medido con la línea de frontera del 2018, se identifica que las facultades que superan la unidad han mejorado su eficiencia técnica o lo que es lo mismo han aumentado su productividad como la FIEE con 1.2419 que ha aumentado su productividad en el 2018 respecto a la productividad que tenía en el 2013 en 24.19%, medido en términos de la línea de frontera del 2018, FIIS con 1.0743 aumentó su productividad en 7.43%, FIME con 1.3483 y FIPA con 1.0364, todos ellos han mejorado su productividad medida con respecto a la referencia de la línea de frontera de producción del 2018.

Respecto a las otras facultades con $IPM < 1$, han disminuido su productividad del 2018 respecto a la productividad que habían logrado en el 2013 como la FCA ha disminuido su productividad en el 2018 respecto al logro alcanzado en el 2013 en 45.54% ($0.5446 - 1$).

El análisis es el mismo si la medida del IPM es con la línea de frontera del 2013, donde tenemos que las facultades que mejoran su productividad en el año 2018 respecto al año 2013 son la FIIS con una medida de 1.2916, la FIME con 1.2089 y la FIQ con 1.1324.

Tabla 23

Los IPM_{CCD} para los años 2018 y 2013 y el IPM_{FGLR}

Facultad	FCA	FCC	FCE	FCNM	FCS	FIARN	FIEE	FIIS	FIME	FIPA	FIQ
IPM_{CCD}^{2018}	0.5446	0.8051	0.895	0.7793	0.6099	0.9475	1.2419	1.0743	1.3483	1.0364	0.8101
IPM_{CCD}^{2013}	0.6893	0.8081	0.6229	0.7793	0.6488	0.8989	0.8910	1.2916	1.2089	0.7851	1.1324
IPM_{FGLR}	0.6127	0.8066	0.7467	0.7793	0.6290	0.9229	1.0519	1.1779	1.2767	0.9020	0.9578

Comparando ambas productividades podemos indicar con absoluta certeza que las facultades FIIS y FIME han utilizado sus recursos de una manera eficiente, al tener mejora en su productividad del año 2018 respecto a lo obtenido el año 2013, sea cual sea el periodo elegido para considerar la línea de frontera.

4.3.3 El índice de productividad de Malmquist y la descomposición Fare, Grosskopf, Lindgren y Roos (IPM_{FGLR}).

El IPM_{FGLR} resulta de la media geométrica de los dos IPM_{CCD} y su descomposición en cambio de eficiencia técnica y cambio tecnológico.

De los dos IPM_{CCD} se determina el IPM_{FGLR} cuyos resultados se observan en la misma tabla 23 y en el que se puede indicar que han mejorado su productividad en el 2018 respecto a la que habían logrado en el 2013 la FIEE, FIIS y FIME esta última con mejor performance, en tanto que las otras facultades han disminuido su productividad.

Este índice así construido a partir de los IPM, Fare, Grosskopf, Lindgren y Roos lo descomponen para determinar que corresponde al cambio de la eficiencia técnica y que al cambio tecnológico.

4.3.3.1 El cambio de eficiencia técnica CET. Utilizando el método DEA – CCD input orientado con rendimientos constantes a escala, el aplicativo solver de excel de línea de frontera se determinan los cambios de eficiencia técnica resultado de la relación de las eficiencias técnicas obtenidas en cada año: $CET = \frac{ET_{A,t+1}^t}{ET_{A,t}^t}$ su aplicación es dividiendo la eficiencia relativa de FCA de 0.534 en el 2018 entre la eficiencia relativa de 0,6649 obtenida el 2013, encontramos el cambio de eficiencia técnica o CET de 0,8031 que vemos en la tabla 24, del mismo modo se obtuvieron los resultados para las otras facultades.

De los resultados obtenidos, y como se observa en la misma tabla 24 y se recrea en el figura 4, se pueden identificar 5 facultades la FIARN, FIEE, FIIS, FIME y FIPA, que mejoraron su eficiencia técnica en el 2018 respecto a la eficiencia técnica que lograron en el 2013 y en consecuencia mejoraron su productividad al superar la unidad (1), en el cambio de eficiencia técnica, 2 facultades mantuvieron su nivel de eficiencia técnica o productividad relativa la FCS

Tabla 24 mejoraron su productividad la FCA, FCC, FCE y FCNM.

Cambio de eficiencia técnica en los años 2018/2013 medidos con la frontera de sus respectivos años

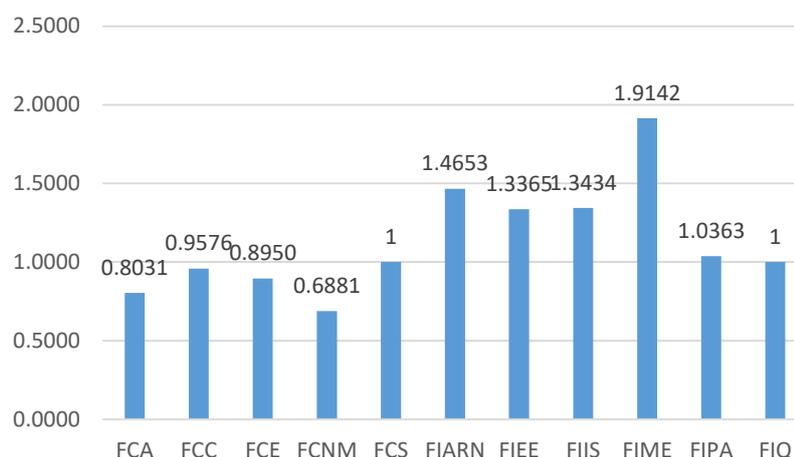
	FCA	FCC	FCE	FCNM	FCS	FIARN	FIEE	FIIS	FIME	FIPA	FIQ
$\varphi^* 2018$	0.534	0.9576	0.676	0.4673	1	0.7813	1	1	0.8543	0.9726	1
$\varphi^* 2013$	0.6649	1	0.7552	0.6791	1	0.5332	0.7482	0.7444	0.4463	0.9385	1
$\varphi^{*18} / \varphi^{*13}$	0.8031	0.9576	0.8950	0.6881	1	1.4653	1.3365	1.3434	1.9142	1.0363	1

Nota. $\varphi^* 2018 = ET_{A,t+1}^{t+1}$ y $\varphi^* 2013 = ET_{A,t}^t$

En la figura 4. Podemos observar el cambio de la eficiencia técnica de las facultades siendo la FIARN, FIEE, FIIS, FIME y FIPA las que aumentan su productividad el 2018 en relación a la del 2013, la FCS y FIQ las que mantuvieron la productividad obtenida el 2013, las demás facultades disminuyeron su productividad el 2018 respecto a la obtenida el 2013.

Figura 4

Cambio de Eficiencia Técnica en las Facultades UNAC 2018/2013



Nota. Las primeras cuatro facultades presentan en el 2018 respecto al 2013 un retroceso en su eficiencia técnica (< 1), en tanto que de las 7 restantes dos permanecen en su nivel de productividad ($= 1$) y cinco mejoran su eficiencia técnica (> 1)

4.3.3.2 El Cambio Tecnológico CT. El cambio en la tecnología se mide con el desplazamiento de la línea de frontera tecnológica, entre los periodos evaluados t y $t+1$, mediante la siguiente fórmula $\left(\frac{E_{A,t+1}^t}{E_{A,t+1}^{t+1}} \times \frac{E_{A,t}^t}{E_{A,t}^{t+1}}\right)^{1/2}$ (Coll y Blasco, 2006) que nos indica que con los datos del 2018 se evalúa el cambio de eficiencia tecnológica con la línea de frontera del 2013 respecto a la del 2018 del mismo modo con los datos del 2013 se evalúa el cambio de

eficiencia tecnológica con la línea de frontera del 2013 respecto a la del 2018, indicándonos que si el cambio tecnológico $CT > 1$ entonces podemos decir que la unidad evaluada presenta una mejora por efecto de cambio técnico (progreso técnico o innovación tecnológica), si $CT < 1$ entonces la unidad evaluada ha tenido una pérdida de productividad o regreso técnico.

En la tabla 25, se demuestra la medida de este componente del índice de productividad del progreso técnico o innovación tecnológica observándose que la FCNM es la única que mejora la productividad por cambio tecnológico con 1.1325 que nos indica que la FCNM mejoró en 13.25% la eficiencia relativa en el 2018 respecto a lo obtenido en el 2013, en tanto que las demás facultades al puntuar menor a 1 han tenido un regreso técnico y disminuyeron su nivel de eficiencia relativa.

Tabla 25

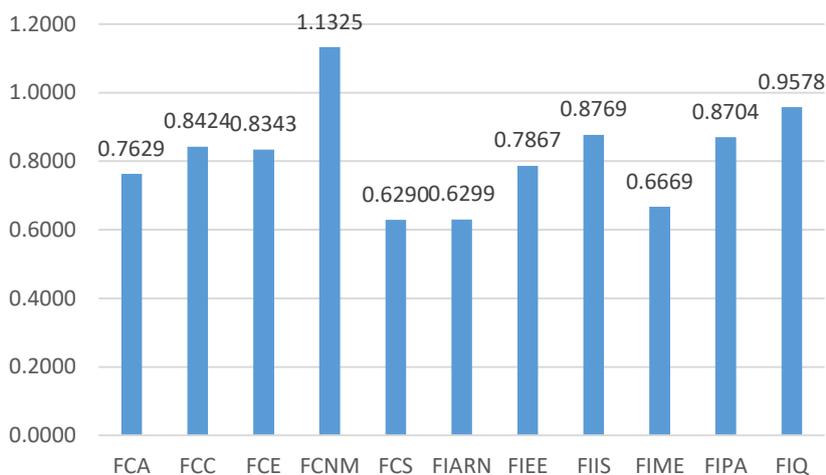
Cambio tecnológico, desplazamiento de la frontera

	FCA	FCC	FCE	FCNM	FCS	FIARN	FIEE	FIS	FIME	FIPA	FIQ
$CE_{A,t+1}^{t,t+1} = \frac{E_{A,t+1}^t}{E_{A,t+1}^{t+1}}$	0.8584	0.8439	0.6960	1.1325	0.6488	0.6135	0.6663	0.9615	0.6315	0.7575	1.1324
$CE_{A,t}^{t,t+1} = \frac{E_{A,t}^t}{E_{A,t}^{t+1}}$	0.6781	0.8408	1.0001	1.1325	0.6099	0.6467	0.9288	0.7998	0.7043	1.00005	0.8101
C. Tecnológ.	0.7629	0.8424	0.8343	1.1325	0.6290	0.6299	0.7867	0.8769	0.6669	0.8704	0.9578

Este cambio tecnológico obtenido por las facultades, las podemos observar en la figura 5 que nos indica que las facultades FCS y la FIARN son las que más retroceso técnico han tenido de 37.1% y de 37.01% respectivamente.

Figura 5

Índice del cambio tecnológico por facultades 2018/2013



Nota. Sólo la FCNM presentó una mejora tecnológica (> 1), en tanto que las demás tuvieron un retroceso tecnológico (< 1)

4.3.3.3 Cambio de Eficiencia técnica Productiva ETP Global producto del cambio de eficiencia técnica y cambio tecnológico componentes del IPM_{FGLR} . En el periodo del 2013 al 2018 y conforme se aprecia en el Tabla 26, las facultades FIEE, FIIS y FIME de la universidad nacional del Callao, han aumentado su eficiencia técnica global, producto del cambio en la eficiencia técnica por el cambio en la tecnología, así tenemos:

FIEE Su eficiencia técnica global o su productividad aumentó en 5.19% debido a la mejora de la eficiencia técnica pura ($CET = 1.3371$) que fue contrarrestado por el regreso en la tecnología ($CT = 0.7867$)

FIIS Su productividad aumentó en 17.8% debido a la mejora de la eficiencia técnica ($CET = 1.3433$) que fue contrarrestado por el regreso en la tecnología ($CT = 0.8769$)

FIME Su productividad aumentó en 27.67% debido a la mejora de la eficiencia técnica ($CET = 1.9143$) que fue contrarrestado por el regreso en la tecnología ($CT = 0.6669$)

Las facultades FCA, FCC, FCE presentaron una disminución de su productividad debido a la disminución en la eficiencia técnica y al regreso en la tecnología:

FCA presenta una disminución global de la productividad de 38.73% ($1 - 0.6127$), el cual se descompone en la disminución por efecto de la eficiencia técnica ($CE = 0.8031$) y de

disminución por efecto del regreso tecnológico ($CT = 0.7629$). Del mismo modo se interpretan los resultados para la FCC y FCE.

La FCNM disminuyó su nivel de eficiencia debido a la disminución en la eficiencia técnica más que la mejora en la tecnología.

FCNM disminuyó su productividad en 32.07% debido a la fuerte disminución en la eficiencia técnica ($CET = 0.6881$) no obstante la mejora en la tecnología ($CT = 1.1325$)

El regreso en la tecnología más que el aumento en la eficiencia técnica se dio en:

FCS que disminuyó su productividad en 37.1% debido al regreso que experimentó en la tecnología ($CT = 0.629$) habiendo mantenido la eficiencia técnica ($CE = 1$)

FIARN también disminuyó su productividad en 7.71% debido al fuerte regreso en la tecnología ($CET = 0.6299$) no obstante la gran mejora en la eficiencia técnica ($CET = 1.465$)

El mismo argumento se tiene para la FIPA que disminuyó su productividad en 9.8% debido a la pérdida de productividad tecnológica de 12.96% atenuada por el mejora en el cambio de eficiencia técnica de 3.63%, en tanto que la FIQ tuvo una pérdida de productividad del 4.22%, debido exclusivamente a una menor productividad en el cambio tecnológico al considerarse que por efecto del cambio técnico se mantuvo en el nivel de productividad del 2012.

Tabla 26

*El IPM_{FGLR} y su descomposición en CET y CT
2018 - 2013*

	CETécnica	C.Tecnológico	IPM_{FGLR}
FCA	0.8031	0.7629	0.6127
FCC	0.9576	0.8424	0.8066
FCE	0.8950	0.8343	0.7467
FCNM	0.6881	1.1325	0.7793
FCS	1.0000	0.6290	0.6290
FIARN	1.4653	0.6299	0.9230
FIEE	1.3365	0.7867	1.0514
FIIS	1.3434	0.8769	1.1780
FIME	1.9142	0.6669	1.2766
FIPA	1.0363	0.8704	0.9020
FIQ	1.0000	0.9578	0.9578

Capítulo V: Discusión de resultados

5.1 La eficiencia relativa de las facultades. Método DEA – BCC, output orientado, rendimientos variables a escala

Se ha evidenciado que las facultades eficientes desplazaron la línea de frontera relativa aumentando significativamente su nivel de eficiencia en el 2018 respecto al 2013, haciendo que las FCA y FCE se muestren con mayor ineficiencia en el 2018, no obstante que sus valores de holgura y radial indicaban que habían operado con una mayor eficiencia respecto al 2013.

En los periodos 2013 y 2018, en la tabla 11, se evidencia que en el año 2018 la FCC, FCS, FIARN, FIEE, FIIS y FIQ son eficientes relativamente y mantuvieron el liderazgo que obtuvieron en el 2013, con una puntuación de 1, en tanto que las facultades FCA, FCE y FIME continúan con ineficiencia relativa. La FCNM y FIPA solo podemos asumir que son eficientes relativamente en el 2018 dada la eficiencia relativa obtenida en el 2013.

De las facultades ineficientes se puede apreciar que la FIME mejora notablemente su nivel de eficiencia pasando de una puntuación de 0.48 en el 2013 a una puntuación de 0,90 en el 2018 que la acerca a la puntuación de 1 para estar en la frontera de eficiencia. Las otras facultades con ineficiencia relativa disminuyeron significativamente su nivel de eficiencia relativa al pasar la FCA del nivel de eficiencia de 0.807 (ineficiencia relativa) en el 2013 a 0.549 en el 2018, más lejos de 1, y la FCE de 0.845 en el 2013 pasó a una puntuación de mayor ineficiencia 0.684.

Respecto a los factores que generaron la ineficiencia de las facultades, podemos apreciar en la tabla 11.1 los factores y los valores de ajuste que debió realizar la facultad ineficiente en cada periodo que le hubieran permitido tener la eficiencia relativa en las actividades que realiza.

La FCA, en el 2013 y 2018 fue ineficiente, siendo más ineficiente en el 2018 (ET = 0.549) que en el 2013 (ET = 0.807) al haber realizado actividades con exceso de inputs y falta

de outputs, debido que requería realizar ajustes y con mayor intensidad en el 2018 de disminuir los inputs en 26 alumnos matriculados y 7 docentes y aumentar en 143 egresados y 2 investigaciones cantidades de mayor ajuste que el que requirió para ser eficiente en el 2013 (ET = 0.807) de reducir 16 docentes y aumentar en 48 egresados y 2 investigaciones.

La FCE fue ineficiente en el 2018 al no haber logrado un mayor output, si bien utilizó cantidades eficientes de inputs, requería haber aumentado los outputs en 62 egresados y en 3 investigaciones más que era un menor ajuste comparadas con las cantidades que se requerían ajustar en el 2013, sin embargo, en el 2018 era más ineficiente (ET = 0,684) que el 2013 (ET = 0.845).

La FIME fue relativamente ineficiente en sus actividades, pero en el 2018 se acercó al nivel de eficiencia relativa (ET = 0.900) y solo requería un aumento de 16 egresados para lograrla, en tanto que en el 2013 su eficiencia relativa estuvo lejos de la línea de frontera (ET = 0.480) y requería disminuir 6 docentes y aumentar en 112 los egresados y 8 investigaciones.

5.2 La eficiencia relativa de las facultades. Método DEA – BCC, input orientado, rendimientos constantes a escala

En la tabla 22 observamos que en el 2018 solo 4 facultades resultaron eficientes FCS, FIIE, FIIS y FIQ, resultando las otras siete ineficientes, asimismo comparando con las eficiencias relativas obtenidas en el 2013, observamos que la FCS y FIQ mantuvieron su liderazgo en ser eficientes relativamente en los dos años, la FIARN, FIEE, FIIS. FIME y FIPA mejoraron su nivel de eficiencia técnica en el 2018 respecto al 2013, de ellos la FIEE y FIIS pasaron de una situación de ineficiencia en el 2013 a ser eficientes relativamente en el 2018, en tanto que la FIPA en ambos años estuvo muy cerca de ser eficiente relativamente, en tanto que la FCA, FCE y FCNM, en el 2018 empeoraron su nivel de ineficiencia respecto al 2013 y la FCC disminuyó mínimamente su eficiencia estando muy cerca a tener eficiencia relativa en ambos años.

En el 2018 las facultades ineficientes requerían ajustar los inputs y outputs para lograr la eficiencia relativa de los cuales nos vamos a referir a las 3 facultades ineficientes que también se presentaron el modelo output orientado como son la FCA que operó con 1024 alumnos y 27 docentes en exceso; la FCE requería disminuir 414 alumnos y 19 docentes; la FIME requería disminuir en 147 alumnos y 7 docentes y aumentar 4 investigaciones.

5.3 El índice de productividad de Malmquist (IPM) y la descomposición Fare, Grosskopf, Lindgren y Roos (IPM_{FGLR})

El resultado del IPM_{FGLR} identifica el cambio de productividad que tuvieron las facultades y separa las contribuciones tanto por eficiencia técnica pura como por el cambio tecnológico.

En la tabla 26, se observa que la facultad FIEE con un IPM_{FGLR} de 1.0514, FIIS con 1.1780 y FIME con 1.2766 aumentaron su productividad global en 5.14%, 17.80% y 27.66% en el 2018 respecto a la que tuvieron en el 2013, en tanto que las demás facultades tuvieron un retroceso en su productividad, como la FCA que disminuyó su productividad en el 2018 respecto a la obtenida en el 2013 en 38.73% ($0.6127 - 1$) del mismo modo para las demás facultades.

El aumento de productividad de las facultades FIEE, FIIS y FIME se debió exclusivamente por el aumento de la eficiencia técnica de 33.65%, 34.34% y 91.42% respectivamente que superaron el retroceso producido por el cambio tecnológico en dichas facultades de - 21.33%, - 12.31% y - 33.31%.

La FIARN con IPM_{FGLR} de 0.9230 y la FIPA con 0.9020, es decir, un retroceso en su productividad global de 7.7% y 9.8%, tuvieron un aumento en la productividad por eficiencia técnica de 46.53% y 3.63% respectivamente, sin embargo, no lograron compensar el retroceso en su productividad originado por el cambio tecnológico de - 37.01% y - 12.96% que dieron

como resultado una menor productividad global en el año 2018 respecto al 2013 para la FIARN de - 7.7% y para la FIPA de - 9.8%.

La FCA, FCC y FCE tuvieron ineficiencia en la productividad tanto en el cambio de la eficiencia técnica como en el cambio tecnológico que resultaron en un retroceso global en - 38.73%, - 19.34% y - 25.33% respectivamente.

La FCS y FIQ si bien mantuvieron la misma productividad medida con el cambio de eficiencia técnica por lo que fueron calificadas de eficientes relativamente en ambos periodos, 2018 y 2013, tanto en el análisis output orientado como en el input orientado, al considerarse el retroceso en el cambio tecnológico la FCS de - 37.1% y la FIQ de - 4.22% obtuvieron una menor productividad global en el 2018 respecto al 2013 en la misma proporción.

Es importante señalar que la FCNM es la única que presenta un aumento en la productividad originado por el cambio tecnológico en 13.25% que no logró compensar la menor productividad por el cambio de eficiencia técnica de - 31.19% determinando un resultado global de menor productividad de - 22.07%.

Capítulo VI: Conclusiones

6.1 La eficiencia técnica de las facultades, método DEA.BCC output orientado.

En la evaluación de la eficiencia técnica de las facultades medidas con el método DEA-BCC, output orientado y rendimientos variables a escala, resultó que, tanto en el 2018 como en el 2013, hubo facultades con eficiencia relativa que fueron la FCC, FCNM, FCS, FIARN, FIEE, FIIS, FIPA y FIQ, determinando que las otras 3 facultades *FCA, FCE y FIME* resultaran *ineficientes relativamente*.

Podemos indicar que la FCA, FCE presentan mayor ineficiencia técnica relativa en el 2018 que en el 2013, en tanto que la FIME en ese mismo año si bien mejoró su nivel de eficiencia continuó siendo ineficiente, logrando en el 2018 acercarse más al nivel de eficiencia relativa.

En el 2018, para que las unidades ineficientes sean eficientes, en el modelo output orientado, tenían que ajustar sus inputs y outputs, así tenemos que la FCA operó con 26 alumnos y 7 docentes en exceso y debió aumentar sus egresados en 143 y en 2 investigaciones; la FCE requería aumentar 62 egresados y 3 investigaciones; la FIME requería aumentar en 16 egresados.

6.2 La eficiencia técnica de las facultades, método DEA.BCC input orientado.

La evaluación con el método DEA-BCC input orientado y rendimientos constantes a escala, dio como resultado, como era de esperarse dado que en este caso hay mayor restricción en la línea de frontera, que en el 2013 disminuyeran las facultades eficientes técnicamente siendo éstas 3 facultades la FCC, FCS y la FIQ, habiendo sido éstas también eficientes en el análisis output orientado, en tanto que en el 2018, aumenta a 4 las facultades eficientes que son la FCS, FIEE, FIIS y FIQ, estando muy cerca de la línea de frontera la FCC, en consecuencia las FCS y FIQ se convierten en las denominadas unidades de decisión súper eficientes debido

que con cualquier método de análisis, input u output orientado, han logrado la eficiencia relativa respecto a las demás facultades en ambos periodos de análisis 2013 y 2018.

Como consecuencia, en este caso, en el 2013 el número de facultades ineficientes fueron 8, la FCA, FCE, FCNM, FIARN, FIEE, FIIS, FIME y FIPA, en tanto que en el 2018 hubo 7 facultades ineficientes la FCA, FCC, FCE, FCNM, FIARN, FIME y FIPA, en éstas últimas no están la FIEE y la FIIS debido que pasaron de una situación ineficiente en el 2013 a tener eficiencia técnica relativa en el 2018, situación contraria sucedió con la FCC.

En el 2018, para que las unidades ineficientes sean eficientes, en el modelo input orientado, tenían que ajustar sus inputs y outputs, así tenemos que la FCA operó con 1024 alumnos y 27 docentes en exceso; la FCE requería disminuir 414 alumnos y 19 docentes; la FIME requería disminuir en 147 alumnos y 7 docentes y aumentar 4 investigaciones.

6.3 El IPM_{FGLR} , la productividad global y su descomposición en el cambio de eficiencia técnica pura y el cambio tecnológico.

Con el IPM_{FGLR} observamos que las facultades que mejoraron su productividad global en el año 2018 respecto al 2013, fueron la FIEE en 5.14%, FIIS en 17.80% y FIME en 27.66%, en tanto que las demás facultades tuvieron un retroceso en la productividad la FCA en -38.73%, FCC en -25.77%, FCE en -25.33%, FCNM en -22.07%, FCS en -37.1%, FIARN en -7.7%, FIPA en -9.8% y FIQ en -4.22%.

En la descomposición del IPM_{FGLR} y solo con las facultades eficientes 2018 input orientado, podemos establecer que la FCS y la FIQ con retroceso en su productividad de -37.1% y -4.22% respectivamente, se observa que no hubo cambios en su eficiencia técnica y que el retroceso de la productividad se debe exclusivamente al cambio tecnológico, en cambio la FIEE, FIIS con una mejora en su productividad de 5.14% y 17.8% respectivamente, aumentan su eficiencia técnica 33.65% y 34.34%, sin embargo tuvieron un retroceso en el cambio tecnológico de 21.33% y 12.31%.

6.4 La aplicación del método DEA, input u output orientado

La aplicación del método DEA, input u output orientado, hace que la línea de frontera del año t se determine con los datos obtenidos para cada unidad de decisión del mismo año t . Comparando 2 periodos de análisis y por tanto 2 líneas de frontera, con el modelo input u output orientado, se establece el cambio de la eficiencia técnica que se logra aplicando el índice de productividad de Malmquist (IPM), en tanto que el IPM_{FGLR} requiere además relacionar los datos de las unidades de decisión de un año determinado t con la línea de frontera del año con que se le está comparando $t+1$ y viceversa, esta relación determina el cambio de la eficiencia técnica pura y el cambio tecnológico.

Capítulo VII: Recomendaciones

7.1 Mejorar la eficiencia relativa de las facultades de la UNAC que resultaron ineficientes

Dado el modelo utilizado DEA, se observa que los niveles ineficientes se producen tanto por el exceso de alumnos matriculados y defecto de egresados, como por exceso de docentes y menor cantidad de investigaciones, así tenemos que:

7.1.1 En el exceso de alumnos matriculados y defecto de egresados, mejorar el rendimiento de los estudiantes.

Evaluar la necesidad de limitar el número de ingresantes con un número de vacantes acorde con la oferta de la facultad y con la exigencia en el examen de admisión de acuerdo al perfil del ingresante de la facultad.

Evaluar y aplicar el sistema de tutoría con énfasis en los estudiantes con riesgo académico y motivarlos para que realicen sus estudios según cronograma y ciclos regulares.

7.1.2 En el logro de los egresados e investigaciones aumentar la productividad del personal docente.

Supervisar el desarrollo del sílabo de los cursos que imparte la plana docente y, su capacitación en la actualización de los cursos de modo que el estudiante sea estimulado en sus conocimientos.

Supervisar y estimular a la investigación y a formar grupos de trabajo por línea de investigación de modo que aumenten las investigaciones en las facultades.

Capacitar a los profesores contratados en meses de vacaciones y en atención a ello pagarles en estos meses y comprometerlos a continuar como docente en la universidad de modo que aumente su productividad en la enseñanza y la investigación.

Promover la participación de los docentes en labores administrativas cuando cuentan con los requisitos que el cargo exige a fin de que se actualicen en la gestión que su profesión le exige.

7.2 Se programen los presupuestos de las universidades a nivel facultades

La finalidad es que se identifique la gestión de los recursos y ser evaluados con el modelo de análisis envolvente de datos debiendo ser considerada esta información en las estadísticas nacionales.

7.3 Se unifiquen y estandaricen los datos estadísticos

La información está referida a las horas de labor académica, administrativa y de investigación que realizan los docentes que cuentan las facultades, así como los datos de personal administrativo, infraestructura, biblioteca, equipamiento y se consideren en las estadísticas a nivel central de la Universidad y a nivel de la SUNEDU y el INEI.

7.4 Se efectúen nuevas investigaciones con la metodología aplicada

Las nuevas investigaciones son para otras realidades universitarias de nuestro país tanto entre universidades como al interior de ellas y de esta manera el Estado pueda asignar eficientemente los recursos escasos que cuenta en el presupuesto nacional.

7.5 Se realicen investigaciones por parte de la SUNEDU (Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria) en las universidades públicas con la presente metodología

Se considera muy necesario que la SUNEDU conozca como las universidades asignan los recursos que transfiere el Gobierno Central a nivel nacional, con la identificación de si se están utilizando óptimamente dichos recursos.

VIII: Referencias

- Afonso, A & Santos, M. (2005). Students and Teachers: A DEA Approach to the Relative Efficiency of Portuguese Public Universities. *Economics Working Paper ISEG-UTL No. 07/2005/DE/CISEP*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.744464>
- Alcaraz-Ochoa, D., y Bernal-Domínguez, D. (2017). Evaluación de la eficiencia técnica en las Universidades Públicas Estatales (UPE) del noroeste de México a través del Análisis Envolvente de Datos (DEA). *Nova Scientia*, 9 (19), pp. 393-410. <https://doi.org/10.21640/ns.v9i19.854>
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30(9), pp. 1078–1092. <http://www.jstor.org/stable/2631725>
- Bonifaz, J. L., y Santin, D. (1999). Eficiencia relativa de las empresas distribuidoras de energía eléctrica en el Perú una aplicación del análisis envolvente de datos (DEA). *Revista de ciencias sociales*, ISSN-e 2223-1757, ISSN 0252-1865, Nº 47, pp. 111-138. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5018648>
- Byoungin, L., Kyoungrok, L., & Choonjoo, L. (2013). Free Disposal Hull (FDH) Analysis for Efficiency Measurement: An update to dea, *The Stata Journal* (yyyy)l, vv, Number ii, pp. 1-8. https://www.cgdev.org/sites/default/files/archive/doc/stata/MO/DEA/free_disposal_hull.pdf
- Caves, D. W., Christensen, L. R.& Diewert, W. E. (1982). The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity. *Econometrica* 50(6), pp. 1393–1414. <https://doi.org/10.2307/1913388>

- Charnes A., Cooper, W, y Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operations Research*, 2(6), pp. 429-444.
[https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Coll, V. y Blasco, O. M. (2006). *Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos*. Universidad de Valencia.
<https://books.google.com.pe/books?id=HKs1VbFeFg8C&lpg=PR3&dq=Análisis%20envolvente%20de%20datos%20Blasco&lr&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>
- Constitución Política del Perú [Const]. Art. 18 , 29 de diciembre de 1993 (Perú). Educación Universitaria, *Congreso Constituyente Democrático del Perú*.
<https://lpderecho.pe/constitucion-politica-peru-actualizada/>
- Delgado, W. (2005). Eficiencia técnica de las empresas manufactureras en Colombia. *Revista de ciencias Sociales (Ve)*, XXV(2), pp. 73-82.
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/280/28059953006/html/index.html>
- Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B., Roos, P. (1994). Productivity Developments in Swedish Hospitals: A Malmquist Output Index Approach. In: *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Applications*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-0637-5_13
- Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B., Roos, P. (1992). Productivity Changes in Swedish Pharmacies 1980–1989: A Non-Parametric Malmquist Approach. In: *Gulledge, T.R., Lovell, C.A.K. (eds) International Applications of Productivity and Efficiency Analysis*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-1923-0_6
- Greene, W. (2002). *Econometric Analysis*. New York University, Prentice Hall, ISBN 0-13-066189-9, pp. 156-198.
<https://spu.fem.uniag.sk/cvicenia/ksov/obtulovic/Mana%C5%BE.%20%C5%A1tatistika%20a%20ekonometria/EconometricsGREENE.pdf>

- Huamaní, G. T., Huamaní, S., Salcedo, J., y Fernandez, C. (2016). Modelo de Análisis Envolvente de Datos (DEA) para Evaluar la Eficiencia de las Escuelas Profesionales de Ingeniería Industrial en el Perú con Enfoque de desarrollo sostenible. *TECNIA*, 26(2), pp. 72-80. <http://www.revistas.uni.edu.pe/index.php/tecnica/article/view/59>
- Kuah, Ch. T. y Wong, K. Y. (2011). Efficiency assessment of university through data envelopment análisis. *Procedia Computer Science*, 3, p.p 499-506, ISSN 1877-0509, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2010.12.084>.
- Ley Universitaria 23733 (1983). Artículo 2o.- Son fines de las universidades, *Congreso de la República del Perú*. <https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/23733.pdf>
- Ley Universitaria 30220 (2014). Artículo 6. Fines de la universidad, *Congreso de la República del Perú*. <https://lpderecho.pe/ley-universitaria-ley-30220-actualizado/>
- Marquez, Y., y Silva, J. (2008). Pensamiento Económico con énfasis en Pensamiento Económico Público. *Escuela Superior de Administración Pública, Colombia*, ISBN 978-958-652-185-7. <https://www.esap.edu.co/portal/wp-content/uploads/2017/10/3-Pensamiento-Economico.pdf>
- Martin, E. (2003). An application of the data envelopment analysis methodology in the performance assesment of the Zaragoza University departments. Documento de trabajo 2003-06, *Universidad de Zaragoza*. <http://www.dteconz.unizar.es/DT2003-06.pdf>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2017). *Consulta amigable MEF*. <https://apps5.mineco.gob.pe/transparencia/mensual/default.aspx?y=2017&ap=ActPr oy>
- Ricardo, D. (1973). Principios de Economía Política y Tributación. *Ediciones Pirámide, México*. http://www.ehu.es/Jarriola/Docencia/EcoInt/Lecturas/David%20Ricardo_Principios_VII_Comercio%20exterior.pdf

- Rodríguez, D. (2018). La evaluación de la eficiencia en universidades públicas de Colombia y Chile. *III Congreso internacional virtual sobre La Educación en el Siglo XXI*, 140-165. <https://www.eumed.net/actas/18/educacion/52-la-evaluacion-de-la-eficiencia-en-universidades-publicas-de-chile-y-colombia.pdf>
- Schmidt, T. (1984). Training and institutional development. *International Society for Performance Improvement*, 23(7), pp. 20-23. <https://doi.org/10.1002/pfi.4150230708>
- Thanassoulis, E. (2001). Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis, A Foundation Text with Integrated Software. *Kluwer Academic, Boston*, ISBN 978-1-4615-1407-7, <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4615-1407-7>
- Universidad Nacional del Callao (2013). *Boletín Estadístico*. <https://unac.edu.pe/oficina-de-planificacion-y-presupuesto/boletines-estadisticos.html>
- Universidad Nacional del Callao (2018). *Boletín Estadístico* . <https://unac.edu.pe/oficina-de-planificacion-y-presupuesto/boletines-estadisticos.html>

IX: Anexos

Ficha técnica de los instrumentos

Anexo A

Datos estadísticos por facultades de la
universidad nacional del callo años 2013 y 2018

Factores por facultad de la UNAC año 2013

Facultad	Estudiantes Matriculados	Docentes	Egresados	Investigacio nes
	X1	X2	Y1	Y2
FCA	1292	62	203	10
FCC	1922	50	320	12
FCE	1422	61	93	20
FCNM	696	60	36	12
FCS	940	37	242	6
FIARN	896	54	123	2
FIEE	1691	77	157	25
FIIS	1215	59	167	17
FIME	1046	52	104	7
FIPA	1145	54	95	22
FIQ	906	53	164	23

Factores por facultad de la UNAC año 2018

	Estudiantes Matriculados	Docentes	Egresados	Investigacio nes
	X1	X2	Y1	Y2
FCA	2198	58	174	4
FCC	1912	49	245	10
FCE	1276	58	134	8
FCNM	521	53	31	7
FCS	922	52	154	2
FIARN	859	35	106	2
FIEE	1549	74	252	10
FIIS	2197	51	321	7
FIME	1008	48	140	2
FIPA	1056	50	155	13
FIQ	800	53	111	23

Modelo DEA – BCC Output Orientado, Rendimientos Variables a Escala,

Facultad de Ciencias Administrativas, Año 2013. $P_{A,t} = E_{A,t}^t$

FCA			
Función objetivo	1.23857794	(maximizar)	
Restricciones	251	=	251
Valores objetivos	12	=	12
	1292	=	1,292
	46	=	46
	1	=	1
No negatividad			
Thita	1.2386	>=	1
FCA	0	>=	0
FCC	0.3670	>=	0
FCE	0	>=	0
FCNM	0	>=	0
FCS	0.3869	>=	0
FIARN	0	>=	0
FIEE	0	>=	0
FIIS	0	>=	0
FIME	0	>=	0
FIPA	0	>=	0
FIQ	0.2461	>=	0
Sy1	0	>=	0
Sy2	0	>=	0
Sx1	0	>=	0
Sx2	16	>=	0
Variables			
Thita	1.23856165	ETP =	0.80738815
FCA	0		
FCC	0.3670		
FCE	0		
FCNM	0		
FCS	0.3869		
FIARN	0		
FIEE	0		
FIIS	0		
FIME	0		
FIPA	0		
FIQ	0.2461		
Sy1	0	unidades	
Sy2	0	de ajuste	
Sx1	0	en cada	
Sx2	16	factor	

Función objetivo = φ , entonces:

φ : Mide la distancia del input utilizado por la unidad evaluada respecto a la línea de frontera, en términos de 1, así tenemos que:

Si $\varphi = 1$ la facultad evaluada está en la línea de frontera y por tanto es eficiente,

Si $\varphi > 1$ la facultad evaluada utiliza más recursos de los que están en la línea de frontera,

Si $\varphi < 1$, nunca va suceder porque esto significaría que la unidad evaluada produzca con menos recursos que la unidad eficiente lo cual es una imposibilidad.

$1/\varphi$: Mide la eficiencia técnica productiva ETP lograda por la facultad.

$\varphi - 1$: Mide la variación de la distancia del input utilizado de la facultad evaluada respecto a la línea de frontera (unidades eficientes) es un factor que multiplicado por la variable output de la unidad evaluada mide el valor de la variación del output que debe efectuarse a fin de que la facultad ineficiente logre la eficiencia relativa o lo que es lo mismo logre ubicarse en la línea de frontera productiva. Esta variación es el denominado efecto radial.

RESULTADO DE SOLVER DE EXCEL

Modelo DEA – BCC Output Orientado, Rendimientos Variables a Escala,

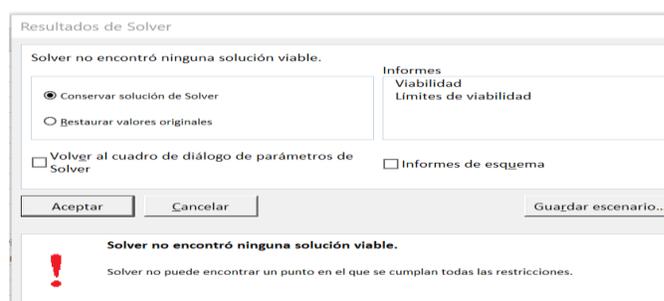
Facultad de Ingeniería Pesquera y Alimentos, Año 2013. $P_{A,t} = E_{A,t}^t$

FIPA			
Función objetivo	0 (maximizar)		
Restricciones	0 =	0	
	0 =	0	
	0 =	1,145	
	0 =	54	
	0 =	1	
No negatividad			
Thita	0 >=	1	
FIPA	0 >=	0	
FCA	0 >=	0	
FCC	0 >=	0	
FCE	0 >=	0	
FCNM	0 >=	0	
FCS	0 >=	0	
FIARN	0 >=	0	
FIEE	0 >=	0	
FIIS	0 >=	0	
FIME	0 >=	0	
FIQ	0 >=	0	
Sy1	0 >=	0	
Sy2	0 >=	0	
Sx1	0 >=	0	
Sx2	0 >=	0	
Variables			
Thita	0		
FIPA	0		
FCA	0		
FCC	0		
FCE	0		
FCNM	0		
FCS	0		
FIARN	0		
FIEE	0		
FIIS	0		
FIME	0		
FIQ	0		
Sy1	0		
Sy2	0		
Sx1	0		
Sx2	0		

Microsoft Excel 16.0 Informe de viabilidad
 Hoja de cálculo: [DEA output orientado 2014 DOCTORADO.xlsx]FIPA Out Env.
 Informe creado: 22/02/2020 7:12:58 p. m.

Restricciones que hacen que el problema no sea viable

Celda	Nombre	Valor de la celda	Fórmula	Estado	Demora
\$B\$19	X1	0	\$B\$19=\$D\$19	Infracción	-54



Modelo DEA – BCC Output Orientado, Rendimientos Variables a Escala,

Facultad de Ciencias Administrativas, Año 2018. $P_{A,t+1} = E_{A,t+1}^{t+1}$

FCA			
Función			
objetivo	1.82288109	(maximizar)	
Restricciones	317	=	317
Valores	7	=	7
objetivos	2172	=	2,172
	51	=	51
	1	=	1
No			
negatividad			
Thita	1.82284768	>=	1
FCA	0	>=	0
FCC	0	>=	0
FCE	0	>=	0
FCNM	0	>=	0
FCS	0	>=	0
FIARN	0	>=	0
FIEE	0	>=	0
FIIS	0.982	>=	0
FIME	0	>=	0
FIPA	0	>=	0
FIQ	0.018	>=	0
Sy1	0	>=	0
Sy2	0	>=	0
Sx1	26	>=	0
Sx2	7	>=	0
Variables			
Thita	1.82284768	ETP =	0.54859219
FCA	0		
FCC	0		
FCE	0		
FCNM	0		
FCS	0		
FIARN	0		
FIEE	0		
FIIS	0.982		
FIME	0		
FIPA	0		
FIQ	0.018		
Sy1	0	unidades	
Sy2	0	de ajuste	
Sx1	26	en cada	
Sx2	7	factor	

Modelo DEA – BCC Input Orientado, Rendimientos Constantes a Escala,

Eficiencia Técnica de la Facultad de Ciencias Administrativas

$$P_{FCA}^t = E_{FCA,t+1}^t \text{ donde } t = 2013, t+1 = 2018$$

FCA			
Función objetivo	0.45834507 (minimizar)		
Restricciones	ETP =	0.5417	
	174	=	174
Valores objetivos	4	=	4
	676	=	676
	27	=	27
No negatividad			
Thita	0.45867769	>=	0
FCA	0	>=	0
FCC	0	>=	0
FCE	0	>=	0
FCNM	0	>=	0
FCS	0.7190	>=	0
FIARN	0	>=	0
FIEE	0	>=	0
FIIS	0	>=	0
FIME	0	>=	0
FIPA	0	>=	0
FIQ	0	>=	0
Sy1	0	>=	0
Sy2	0.3140	>=	0
Sx1	332.3058	>=	0
Sx2	0	>=	0
Variables			
Thita	0.45867769		
FCA	0		
FCC	0		
FCE	0		
FCNM	0		
FCS	0.71900826		
FIARN	0		
FIEE	0		
FIIS	0		
FIME	0		
FIPA	0		
FIQ	0		
Sy1	0		
Sy2	0.31404959		
Sx1	332.305785		
Sx2	0		

unidades
de ajuste
en cada
factor

Modelo DEA – BCC Input Orientado, Rendimientos Constantes a Escala,
Eficiencia Técnica de la Facultad de Ciencias Administrativas, Año 2013

$$P_{FCA}^t = E_{FCA,t}^t \text{ donde } t = 2013$$

FCA			
Función objetivo	0.66491424	(minimizar)	
Restricciones	203	=	203
Valores objetivos	10	=	10
	859	=	859
	38	=	38
No negatividad			
Thita	0.6649171	>=	0
FCA	0	>=	0
FCC	0	>=	0
FCE	0	>=	0
FCNM	0	>=	0
FCS	0.661	>=	0
FIARN	0	>=	0
FIEE	0	>=	0
FIIS	0	>=	0
FIME	0	>=	0
FIPA	0	>=	0
FIQ	0.262	>=	0
Sy1	0	>=	0
Sy2	0	>=	0
Sx1	0	>=	0
Sx2	3	>=	0
Variables			
Thita	0.6649171	ETP =	0.3351
FCA	0		
FCC	0		
FCE	0		
FCNM	0		
FCS	0.66		
FIARN	0		
FIEE	0		
FIIS	0		
FIME	0		
FIPA	0		
FIQ	0.26		
Sy1	0	unidades	
Sy2	0	de ajuste	
Sx1	0	en cada	
Sx2	3	factor	

Modelo DEA – BCC Input Orientado, Rendimientos Constantes a Escala,
Eficiencia Técnica de la Facultad de Ciencias Administrativas, Año 2018

$$P_{FCA}^{t+1} = E_{FCA,t+1}^{t+1} \text{ donde } t+1 = 2018$$

FCA			
Función objetivo	0.5340	(minimizar)	
Restricciones	174	=	174
Valores	4	=	4
objetivos	1174	=	1,174
	31	=	31
No negatividad			
Thita	0.5340	>=	0
FCA	0	>=	0
FCC	0	>=	0
FCE	0	>=	0
FCNM	0	>=	0
FCS	0	>=	0
FIARN	0	>=	0
FIEE	0.0979	>=	0
FIIS	0.4652	>=	0
FIME	0	>=	0
FIPA	0	>=	0
FIQ	0	>=	0
Sy1	0	>=	0
Sy2	0	>=	0
Sx1	0	>=	0
Sx2	0	>=	0
Variables			
Thita	0.5340	ET =	0.4660
FCA	0		
FCC	0		
FCE	0		
FCNM	0		
FCS	0		
FIARN	0		
FIEE	0.0979		
FIIS	0.4652		
FIME	0.0000		
FIPA	0		
FIQ	0		
Sy1	0	unidades	
Sy2	0	de ajuste	
Sx1	0	en cada	
Sx2	0	factor	

Modelo DEA – BCC Input Orientado, Rendimientos Constantes a Escala,

Eficiencia Técnica de la Facultad de Ciencias Administrativas.

$$P_{FCA}^{t+1} = E_{FCA,t}^{t+1} \quad \text{donde: } t+1 = 2018 \text{ y } t = 2013$$

FCA			
Función			
objetivo	0.98051195 (minimizar)		
	ET =	0.0195	
Restricciones	203	=	203
Valores	10	=	10
objetivos	1267	=	1,267
	61	=	61
No			
negatividad			
Thita	0.98051195	>=	0
FCA	0	>=	0
FCC	0	>=	0
FCE	0	>=	0
FCNM	0	>=	0
FCS	0	>=	0
FIARN	0	>=	0
FIEE	1	>=	0
FIIS	0.0258	>=	0
FIME	0	>=	0
FIPA	0	>=	0
FIQ	0.1125	>=	0
Sy1	0	>=	0
Sy2	0	>=	0
Sx1	0.0000	>=	0
Sx2	0	>=	0
Variables			
Thita	0.98051195		
FCA	0		
FCC	0		
FCE	0		
FCNM	0		
FCS	0		
FIARN	0		
FIEE	0.72315114		
FIIS	0.02578168		
FIME	0		
FIPA	0		
FIQ	0.11252247		
Sy1	0	unidades	
Sy2	0	de ajuste	
Sx1	0	en cada	
Sx2	0	factor	