

L.M/658.15/R21

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
ESCUELA DE POSGRADO
SECCIÓN DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS ECONÓMICAS

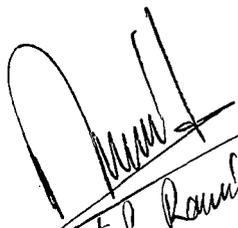


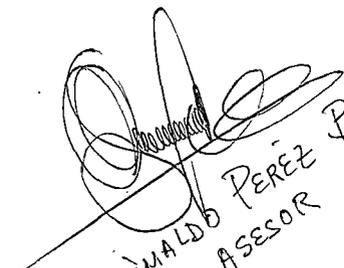
**“LA EFICIENCIA DEL USO DE LOS RECURSOS EN
LAS FACULTADES DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL CALLAO - AÑO 2011”**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO
EN FINANZAS
ECON. RIGOBERTO PELAGIO RAMÍREZ OLAYA

CALLAO, 2013

PERÚ


Rigoberto P. Ramírez Olaya


GRIMALDO PÉREZ BACA
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

ESCUELA DE POSGRADO

SECCÓN DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE

CIENCIAS ECONÓMICAS

Resolución N° 0201 – 2013 - SPG – FCE – UNAC que designa el jurado
examinador para evaluar en acto Público.

JURADO EXAMINADOR

Mg. JOSE A. CORBERA CUBAS	PRESIDENTE
DR. ALMINTOR G. TORRES QUIROZ	SECRETARIO
MG. JAVIER BUENO CANO	MIEMBRO
MG. ORLANDO MARQUEZ CARO	MIEMBRO

ASESOR DE TESIS

DR. GRIMALDO PEREZ BACA

N° DEL LIBRO DE LA SUSTENTACIÓN

PARA TITULACIÓN POR TESIS: 068

NÚMERO DE ACTA DE SUSTENTACIÓN: 045

FECHA DE APROBACIÓN DE LA TESIS: 30 OCTUBRE 2013



Universidad Nacional del Callao
Facultad de Ciencias Económicas
Sección de Posgrado

RESOLUCIÓN N° 021 - 2013-SPG-FCE-UNAC

Bellavista, 21 de Octubre del 2013.

LA DIRECCIÓN DE LA SECCIÓN DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

VISTA:

La solicitud de fecha 18 de Octubre del 2013, presentada por el, Econ. RIGOBERTO PELAGIO RAMIREZ OLAYA, solicitando el **Nombramiento de un Jurado Examinador**, así como el día y la hora para sustentar la Tesis intitulada: "LA EFICIENCIA DEL USO DE LOS RECURSOS EN LAS FACULTADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO - AÑO 2011".

CONSIDERANDO:

Que, habiendo sido declarado Expedito el Econ. RIGOBERTO PELAGIO RAMIREZ OLAYA, mediante **Resolución N° 020-2013-SPG-FCE-UNAC** de fecha 18 de Octubre del 2013, teniendo los informes favorables de los integrantes del Jurado Revisor y habiendo presentado sus 04 ejemplares de la Tesis de Maestría antes mencionada;

En uso de las atribuciones que le confiere al Director de la Sección de Post Grado de la Facultad de Ciencias Económicas, de los Art. 70°, 71° del Reglamento de Estudios de Maestría, aprobado por Resolución N° 043-2012-CU de fecha 29 de febrero de 2012;

RESUELVE:

1.- **Designar como Jurado Examinador para evaluar en Acto Público** el día Miércoles 30 de Octubre del 2013 a las 10:00 horas en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Económicas de esta Casa Superior de Estudios, la Tesis del Econ. RIGOBERTO PELAGIO RAMIREZ OLAYA, intitulada: "LA EFICIENCIA DEL USO DE LOS RECURSOS EN LAS FACULTADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO - AÑO 2011", Para optar el Grado Académico de Maestro en Finanzas, el cual está conformado por los siguientes Docentes:

➤	Mg. JOSÉ A. CORBERA CUBAS	Presidente
➤	Dr. ALMINTOR G. TORRES QUIROZ	Secretario
➤	Mg. JAVIER BUENO CANO	Miembro
➤	Mg. ORLANDO MARQUEZ CARO	Miembro
➤	ASESOR DE TESIS : Dr. GRIMALDO PEREZ BACA	

2.- Transcribir la presente Resolución a las Dependencias Académicas que corresponda, y al interesado para los fines consiguientes.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.

DDC/éb
c.C/Archivo

 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
Facultad de Ciencias Económicas
Mg. David Dávila Cajahuanca
DIRECTOR DE LA SECCIÓN DE POSGRADO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
 FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
 SECCIÓN DE POSGRADO

ACTA N° 045 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN FINANZAS

Siendo las... *10:00 am*... del día Miércoles 30 de Octubre del dos mil trece, en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional del Callao, se reunió el Jurado Examinador conformado por los siguientes docentes:

Mg. JOSÉ ASENCIÓN CORBERA CUBAS	Presidente
Dr. ALMINTOR GIOVANNI TORRES QUIROZ	Secretario
Mg. ORLANDO MARQUEZ CARO	Miembro
Mg. JAVIER BUENO CANO	Miembro

Con el fin de evaluar la sustentación de Tesis del Econ. **RIGOBERTO PELAGIO RAMIREZ OLAYA**, Intitulada: "LA EFICIENCIA DEL USO DE LOS RECURSOS EN LAS FACULTADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO – AÑO 2011". Con el quórum establecido según el correspondiente reglamento de Estudios de Maestría de la Universidad Nacional del Callao (Resolución de Consejo Universitario N° 006-2012 CU del 20 de Enero del 2012), vigente y luego de la exposición del sustentante, los Miembros del Jurado hicieron las respectivas preguntas, las mismas que:

Fueron absueltas de manera satisfactoria

En consecuencia, este Jurado acordó, *Aprobo por unanimidad, con la nota 16*
 La tesis, para optar el **GRADO ACADEMICO DE MAESTRO EN FINANZAS**, conforme al artículo (30° inc. b) del reglamento mencionado, con lo que se dio por terminado el Acto, siendo las *11:30 am* del mismo día.

Bellavista 30 de Octubre del 2013.

[Signature]

 Mg. JOSÉ ASENCIÓN CORBERA CUBAS
 Presidente

[Signature]

 Dr. ALMINTOR GIOVANNI TORRES QUIROZ
 Secretario

[Signature]

 Mg. ORLANDO MARQUEZ CARO
 Miembro

[Signature]

 Mg. JAVIER BUENO CANO
 Miembro

DEDICATORIA

A mi esposa Vilma Ruth e hijos Vivian y Frisco, quienes son mi fuerza motivadora para nunca desistir de mis objetivos.

A mis padres Francisco y Rosa, *in memoriam*, de quienes tengo el más preciado legado que son los valores inculcados y el firme pensamiento que todo es posible realizar.

AGRADECIMIENTO

A Dios que ilumina mis pensamientos y guía mis pasos dándome la energía necesaria para siempre continuar en el logro de mis objetivos.

A mi familia y a todos los que directa e indirectamente contribuyeron para que la presente investigación se realice.

INDICE

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.1 Identificación del problema	10
1.2 Formulación de problemas	18
1.3 Objetivos de la investigación	18
1.4 Justificación	19
II. MARCO TEÓRICO	20
2.1 Antecedentes del estudio	20
2.2 Bases teóricas del estudio	34
2.3 Definición de términos	53
III. VARIABLES E HIPÓTESIS	56
3.1 Definición de las variables	56
3.2 Operacionalización de variables	65
3.3 Hipótesis general e hipótesis específicas	67
IV. METODOLOGÍA	69
4.1 Tipo de investigación	71
4.2 Diseño de la investigación	72
4.3 Población y muestra	72
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	73

4.5	Procedimientos de recolección de datos	74
4.6	Procesamiento estadístico y análisis de datos	74
V.	RESULTADOS	76
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	103
6.1	Contrastación de hipótesis con los resultados	103
6.2	Contrastación de resultados con otros estudios similares	108
VII.	CONCLUSIONES	111
VIII.	RECOMENDACIONES	115
IX.	REFERENCIALES	121
X.	ANEXOS	125
•	Anexo 1 Matriz de Consistencia	125
•	Otros anexos necesarios para respaldo de la investigación	127
	Anexo 2 Determinación de eficiencia de facultades, I-Orientado	127
	Anexo 3 Determinación de eficiencia de Facultades, I-Orientado	128
	Anexo 4 Aplicación de Solver, Eficiencia FCE, I-Orientado	129
	Anexo 4.1 Aplicación de Solver, Ineficiencia FIEE, I-Orientado	130
	Anexo 4.2 Aplicación de Solver, Ineficiencia FCS, I-Orientado	131
	Anexo 5 Aplicación de Solver, Eficiencia FCE, O-Orientado	132
	Anexo 5.1 Aplicación de Solver, Ineficiencia FIEE, O-Orientado	133
	Anexo 5.2 Aplicación de Solver, Ineficiencia FCS, O-Orientado	134

TABLAS DE CONTENIDO

CUADROS

- Cuadro N° 5.1 EFICIENCIA CON RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA UNAC, 1 INPUT (DOCENTES) – 1 OUTPUT (EGRESADOS) MODELO INPUT ORIENTADO Y OUTPUT ORIENTADO Pág. 80
- Cuadro N° 5.2 EFICIENCIA CON RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA UNAC, 1 INPUT (MATRICULADOS) – 1 OUTPUT (EGRESADOS) MODELO INPUT ORIENTADO Y OUTPUT ORIENTADO Pág. 84
- Cuadro N° 5.3 EFICIENCIA CON RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA UNAC, 1 INPUT (DOCENTES) – 1 OUTPUT (INVESTIGACIÓN) MODELO INPUT ORIENTADO Y OUTPUT ORIENTADO Pág. 85
- Cuadro N° 5.4 EFICIENCIA CON RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA UNAC, 2 INPUTS (MATRICULADOS Y DOCENTES) – 1 OUTPUT (EGRESADOS) MODELO INPUT ORIENTADO. Pág. 88
- Cuadro N° 5.5 EFICIENCIA CON RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA UNAC, 1 INPUT (DOCENTES) – 2 OUTPUTS (EGRESADOS E INVESTIGACIONES) MODELO OUTPUT ORIENTADO Pág. 90
- Cuadro N° 5.6 MODELO DEA - BCC INPUT ORIENTADO ENVOLVENTE UNAC, FACULTADES EFICIENTES E INEFICIENTES Pág. 93
- Cuadro N° 5.7 VALORES OBJETIVO DE LAS FACULTADES RELATIVAMENTE INEFICIENTES UNAC Pág. 94
- Cuadro N° 5.8 MEJORAS EN LAS UNIDADES INEFICIENTES (CANTIDADES) UNAC Pág. 96
- Cuadro N° 5.9 MODELO DEA – BCC OUTPUT ORIENTADO ENVOLVENTE, FACULTADES EFICIENTES E INEFICIENTES UNAC. Pág.98

Cuadro N° 5.10	VALORES OBJETIVO DE LAS FACULTADES RELATIVAMENTE INEFICIENTES – OUTPUT ORIENTADO ENVOLVENTE UNAC.	Pág.100
Cuadro N° 5.11	MEJORAS EN LAS UNIDADES INEFICIENTES (CANTIDADES) – OUTPUT ORIENTADO ENVOLVENTE UNAC.	Pág.101
Cuadro N° 5.12	MEJORA POTENCIAL DE UNIDADES INEFICIENTES (%) – OUTPUT ORIENTADO ENVOLVENTE UNAC	Pág.102
Cuadro N° 6.1	EFICIENCIA RELATIVA EN EL LOGRO DE INVESTIGACIONES UNAC, RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA.	Pág.104
Cuadro N° 6.2	EFICIENCIA RELATIVA EN LA OBTENCIÓN DE EGRESADOS UNAC, RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA	Pág.105
Cuadro N° 6.3	RESULTADOS DEA-BCC ENVOLVENTE UNAC; EFICIENCIA, INTENSIDADES, HOLGURAS	Pág. 107

TABLAS DE CONTENIDO

FIGURAS

Figura N° 2.1	FRONTERAS DE PRODUCCIÓN CON RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA	Pág. 39
Figura N° 2.2	FRONTERA DE PRODUCCIÓN	Pág. 48
Figura N° 2.3	FRONTERA DE PRODUCCIÓN CON UN RECURSO VARIABLE Y LA TECNOLOGÍA FIJA	Pág. 50
Figura N° 2.4	FRONTERA DE PRODUCCIÓN CON TODOS LOS RECURSOS VARIABLES	Pág. 50
Figura N° 2.5	FRONTERA DE PRODUCCIÓN CON TODOS LOS RECURSOS VARIABLES E ISOCOSTO	Pág. 51
	a. 1 INPUT, 1 OUTPUT	
	b. 1 INPUT, 2 OUTPUTS	
	c. 2 INPUTS, 1 OUTPUT	

TABLAS DE CONTENIDO

GRÁFICOS

- Gráfico N° 5.1 EFICIENCIA CON RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA UNAC, 1 INPUT (DOCENTES) – 1 OUTPUT (EGRESADOS) MODELO INPUT ORIENTADO. Pág. 81
- Gráfico N° 5.2 EFICIENCIA CON RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA UNAC, 1 INPUT (DOCENTES) – 1 OUTPUT (EGRESADOS) MODELO OUTPUT ORIENTADO Pág. 82
- Gráfico N° 5.3 EFICIENCIA CON RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA UNAC, 2 INPUTS (MATRICULADOS Y DOCENTES) – 1 OUTPUT (EGRESADOS) MODELO INPUT ORIENTADO.
Pág. 89
- Gráfico N° 5.4 EFICIENCIA CON RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA UNAC, 1 INPUT (DOCENTES) – 2 OUTPUTS (EGRESADOS E INVESTIGACIONES) MODELO INPUT ORIENTADO Y OUTPUT ORIENTADO Pág. 91
- Gráfico N° 5.5 MODELO DEA - BCC INPUT ORIENTADO ENVOLVENTE UNAC, EFICIENCIA DE FACULTADES. Pág. 93
- Gráfico N° 5.6 MODELO DEA - BCC OUTPUT ORIENTADO ENVOLVENTE, EFICIENCIA DE FACULTADES. Pág. 98

TABLAS DE CONTENIDO

TABLAS

Tabla N° 2.1	MODELOS OUTPUT ORIENTADOS Y SUS CORRESPONDIENTES INPUTS Y OUTPUTS, ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.	Pág. 21
Tabla N° 2.2	VARIABLES DE RECURSOS Y LOGROS OBTENIDOS, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA	Pág. 22
Tabla N° 2.3	INPUTS Y OUTPUTS DE ANTECEDENTES DEL ESTUDIO UNIVERSIDAD LA LAGUNA	Pág. 24
Tabla N° 2.4	VARIABLES DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN UNIVERSIDAD LA LAGUNA	Pág. 25
Tabla N° 2.5	SELECCIÓN DE VARIABLES DEL ESTUDIO, UNIVERSIDADES PÚBLICAS ARGENTINA	Pág. 26
Tabla N° 2.6	RELACIÓN INSUMOS- PRODUCTOS, UNIVERSIDADES ESPAÑOLAS	Pág. 27
Tabla N° 2.7	INSUMOS Y PRODUCTOS POR MODELOS, UNIVERSIDADES ARGENTINAS	Pág. 28
Tabla N° 2.8	INPUTS Y OUTPUTS DE LAS ACTIVIDADES UNIVERSITARIAS	Pág. 30
Tabla N° 2.9	INPUTS – OUTPUTS COMUNES ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	Pág. 31
Tabla N° 2.10	INPUTS – OUTPUTS SEGÚN PERSPECTIVA UNIVERSIDADES PÚBLICAS CHILENAS	Pág. 32
Tabla N° 2.11	VARIABLES COMÚNMENTE UTILIZADAS EN LOS ESTUDIOS PREVIOS	Pág. 34
Tabla N° 2.12	TRANSFORMACIÓN DEL MODELO CCR-MULTIPLICATIVA EN CCR-ENVOLVENTE	Pág. 44
Tabla N° 3.1	VARIABLES DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN DE LA UNAC	Pág. 67
Tabla N° 3.2	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES UNAC	Pág. 68

RESUMEN

La presente investigación determina la eficiencia relativa que en el año 2011 alcanzaron las facultades de la UNAC en el uso de los recursos (docentes y estudiantes matriculados) y en los logros obtenidos (egresados e investigaciones).

El estudio se realizó utilizando la técnica de Análisis Envolvente de Datos (DEA - Data Envelopment Analysis) mediante el programa Solver de Excel y los modelos DEA-BCC input y, output orientado envolvente que miden la eficiencia con una puntuación de 1 y la ineficiencia con una puntuación menor a 1.

Con el modelo DEA-BCC output orientado se determinó como ineficientes a:

1. La Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica FIEE, con eficiencia de 0.986 se determinó que para ser eficiente debió reducir en 22 el número de docentes y en 7 el número de matriculados y, haber obtenido un mayor número de 3 egresados.
2. La Facultad de Ciencias de la Salud (FCS) con una puntuación de eficiencia de 0.926 y, para que se considere eficiente se determinó que debió aumentar en 12 el número de egresados y en 3 el número de investigaciones.

La disminución de docentes implica un ahorro en los recursos financieros que se orientan a su pago y la del número de matriculados al requerir menos docentes también implica un ahorro de recursos monetarios: El aumento de egresados y de investigaciones determina más beneficio para la sociedad, por los egresados al aumentar el capital humano y por las investigaciones al mejorar en el conocimiento social del tema tratado y su uso para aumentar el bienestar social.

ABSTRACT

This research determines the relative efficiency in 2011 reached the faculties of the UNAC in the use of resources (teachers and students enrolled), and achievements (graduates and research).

The study was performed using the technique of Data Envelopment Analysis (DEA - Data Envelopment Analysis) using the Excel Solver program and DEA-BCC models input and oriented output envelope measure the efficiency with a score of 1 and the inefficiency in a score below 1.

With the model output oriented DEA-BCC inefficient was determined as:

1. The Faculty of Electrical Engineering and Electronics FIEE, with efficiency of 0.986 was determined that to be efficient should reduce the number of teachers 22 and in 7 the number of registered and have obtained more than 3 graduates.
2. The Faculty of Health Sciences (FCS) with an efficiency score of 0.926 and, to be considered efficient was determined that due to increase by 12 the number of graduates and in 3 the number of investigations.

The teachers involved reduction savings in financial resources that focus on your payment and the enrollment numbers by requiring fewer teachers also means saving money resources: Increasing research graduates and determines most benefit to society, by graduates to increase human capital and research to improve social awareness of the topic and its use to increase social welfare.

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación del problema

Las universidades públicas del país, como lo es la Universidad Nacional del Callao, utilizan y gestionan sus recursos como cualquier entidad pública del país mediante las normas presupuestales y financieras que emite el gobierno que si bien garantiza que en el marco de la ley el gasto se oriente a los requerimientos de las unidades de decisión, no garantiza que para lograr los fines que la constitución dispone se utilicen de modo eficiente los recursos que dispone.

No obstante lo anterior, la asignación y la ejecución presupuestal busca que el gasto se realice con eficiencia que es uno de los principios regulatorios con los que el sistema Nacional de Presupuesto Público rige el presupuesto de las entidades públicas del país como son las Universidades Públicas según lo establecido en la ley 28411 (Diciembre 2004) en el título preliminar de los principios regulatorios “Artículo X.- Eficiencia en la ejecución de los fondos públicos. Las políticas de gasto público vinculadas a los fines del Estado deben establecerse teniendo en cuenta la situación económica-financiera y el cumplimiento de los objetivos de estabilidad macro-fiscal, siendo ejecutadas mediante una gestión de los fondos públicos, orientada a resultados con eficiencia, eficacia, economía y calidad.”, es decir, busca que el gasto se oriente a resultados en el uso de los recursos de modo eficiente.

La aplicación a nivel del sector público de esta disposición se norma y se viene implementando desde el 2005 con la Ley 28427 de presupuesto público, que en el art. 9.- De las responsabilidades inciso 9.1 dispone “Las Entidades, a través de sus respectivas Oficinas Generales de Administración o las que hagan sus veces, dentro de los diez (10) primeros días calendario de finalizado cada trimestre, deben publicar en su respectiva página web o, a falta de la misma, en carteles impresos ubicados en el local institucional, los resultados cuantitativos y cualitativos de la aplicación del presente Capítulo.”

Esta normativa se repite en el art. 9.2 de la ley de presupuesto del año 2006 Ley 28652 y, es en la ley de presupuesto del 2007 Ley 28927 art. 10 que se profundiza dicha norma y se dispone la implementación del presupuesto por resultados “promoviendo en su etapa de incorporación, instrumentos tales como la programación presupuestaria estratégica, metas físicas, indicadores de resultados y el desarrollo de pruebas piloto de evaluación.”, asimismo en el artículo 11.1 se indican las entidades que efectuarán la programación presupuestaria estratégica en dicho año “...a través de los Pliegos Ministerio de Educación, Ministerio de Salud, Ministerio de la Mujer y Desarrollo Social y Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Gobiernos Regionales y RENIEC, en el presupuesto aprobado para el Año Fiscal 2007. Los lineamientos y las metodologías son desarrollados por la Dirección Nacional

de Presupuesto Público – DNPP.”, con lo cual da inicio a la implementación progresiva del presupuesto por resultados con metas físicas e indicadores de resultados. En esta disposición no se consideran las universidades públicas.

En el 2008 se continúa con la implementación progresiva del presupuesto por resultados y en el art. 15.2 de la Ley 29142 de presupuesto de dicho año, “se dispone implementen los programas estratégicos siguientes: Salud Materno Neonatal, Articulado Nutricional, Logros de Aprendizaje al finalizar el III Ciclo, Acceso a la Identidad y Acceso a Servicios Básicos, y Oportunidades de Mercado en los Pliegos Presidencia del Consejo de Ministros, Ministerio de Educación, Ministerio de Salud, Seguro Integral de Salud, Instituto Nacional de Salud, Ministerio de la Mujer y Desarrollo Social, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Registro Nacional de Identificación y Estado Civil, Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales, según corresponda”, en este año tampoco se consideran las universidades para implementar el presupuesto por resultados.

Esta exigencia del presupuesto por resultados continúa en el año 2009 mediante el art. 7.5 de la Ley 29289 en la que se establece que las entidades públicas disponen las medidas de eco-eficiencia y en el art. 7.6 dispone la evaluación de los programas sociales “según los procedimientos y metodologías de las evaluaciones diseñadas en aplicación del presupuesto

por resultados (PpR).”, en esta norma no se especifican nuevas entidades públicas en las que se implemente el presupuesto por resultados.

La Ley 29465 del presupuesto 2010, art. 79.3 plantea la posibilidad que las demás entidades públicas puedan implementar la programación estratégica cuando señala “Las entidades del Gobierno Nacional que deseen formular y proponer programas estratégicos deberán seguir la metodología y las pautas establecidas por el Ministerio de Economía y Finanzas, cuidando en todos los casos que esta metodología establezca una adecuada coordinación intergubernamental e intersectorial, así como la necesaria vinculación entre el diseño de los programas presupuestales estratégicos y el presupuesto público a través de la Estructura Funcional Programática.”

Como se aprecia la implementación progresiva del presupuesto por resultados en las entidades públicas bajo lineamientos del ministerio de economía y finanzas es una exigencia normada en la Ley del sistema nacional de presupuesto y en la Ley de presupuesto anual, debiendo resaltarse que en esta exigencia si bien no se consideran las universidades públicas si les da la posibilidad que puedan implementar el presupuesto por resultados. Sin embargo, es una necesidad de la universidad plantearse el uso eficiente de los recursos públicos tanto para ser examinada y fiscalizada por parte de la comunidad universitaria en general como los alumnos, los docentes, los administrativos, como también por los empresarios, personal

de la administración pública y de la sociedad en general.

El orientar el presupuesto a realizar el gasto con eficiencia como uno de sus principios regulatorios implica conocer la cantidad de recursos financieros que se utilizan para obtener un resultado que en el caso de la universidad es “la formación profesional, la difusión cultural, la creación intelectual y artística y la investigación científica y tecnológica” (artículo 18 de la Constitución Política del Perú, de los fines que la le asigna a la Universidad). Sin embargo, si observamos el presupuesto de la universidad nacional del callao en el presente ejercicio 2012, en el link de la consulta amigable de la página web del ministerio de economía y finanzas www.mef.gob.pe la UNAC tiene como “producto” el gasto que realiza en las actividades que desarrolla o los activos que se construyen o adquieren, así tenemos: en la “Categoría presupuestal: Formación universitaria de pregrado”, se presenta el gasto para el Producto/Proyecto: “Construcción del Pabellón multipropósito de las escuelas profesionales de pre-grado de la sede cañete de la UNAC” con su “actividad/Acción de inversión/Obra: Supervisión y liquidación de obras”, en este caso la construcción del pabellón multipropósito es un medio para mejorar el producto (cuantificado y cualificado) que la universidad realiza como la cantidad de egresados, graduados, titulados, insertados en el mercado etc., así como investigaciones realizadas, publicaciones científicas, con aplicaciones tecnológicas,

publicados en revistas de prestigio académico etc. ; asimismo, presenta el gasto para el Producto/Proyecto “Estudiantes del Pre-Grado cuentan con adecuada formación universitaria” y su “Actividad/Acción de inversión/Obra: Desarrollo de la ‘educación universitaria de Pregrado”, también el gasto para el Producto/Proyecto: “Estudiantes del pre-grado cuentan con suficiente y adecuada infraestructura y equipamiento para el desarrollo de actividades curriculares y extra-curriculares” con su “Actividad/acción de inversión/Obra: Adquisición de equipo y mobiliarios para ambientes académicos” las mismas que no identifican la mejora del producto que realiza la universidad y por lo cual se hace necesario conocer si la universidad utiliza de manera eficiente los escasos recursos que les son asignados.

Teniendo en cuenta que los recursos financieros son la expresión monetaria del costo o precio de los recursos físicos que se utilizan por lo que la medida de la eficiencia en la universidad se puede realizar y con mayor precisión a través de la relación de los recursos físicos que se utilizan y los resultados que con ellos se obtienen, se plantea la interrogante:

“¿Se utilizaron de manera eficiente los recursos en la Universidad Nacional del Callao?”.

Esta interrogante que es muy genérica se delimita considerando que el análisis de la eficiencia se realiza con datos históricos y comparando

unidades de decisión homogéneas obteniéndose un análisis de la eficiencia relativa de las unidades de decisión por lo que se han realizado análisis de eficiencia en el sector educación entre regiones, entre pliegos, también entre universidades y, dentro de una misma universidad entre departamentos o facultades.

En este conocimiento y teniendo en cuenta que para responder a la pregunta si la Universidad Nacional del Callao ha hecho uso eficiente de sus recursos se requiere la comparación con otras Universidades públicas realizándose un análisis global, sin embargo es necesario conocer inicialmente el comportamiento de las unidades de decisión al interior de la universidad por lo que se opta por efectuar el análisis de la eficiencia en el uso de los recursos entre las facultades de la universidad nacional del callao como unidades homogéneas planteándose la interrogante:

¿Se utilizaron de manera eficiente los recursos en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en el año 2011?

Siendo los recursos múltiples como infraestructura en aulas, biblioteca, laboratorio; servicios públicos como agua, electricidad, teléfono; materiales académicos; docentes como los docentes a tiempo parcial, a tiempo completo, a dedicación exclusiva, con maestría, doctorado; estudiantes a dedicación exclusiva, con trabajo, identificados con la profesión, con la universidad y, por otro lado los productos también múltiples como

egresados, bachilleres, titulados, trabajando en la profesión; investigaciones aprobadas, publicadas en revistas científicas; servicios a la comunidad etc., de los cuales se tiene que elegir las que mejor representan la relación recursos y productos para conocer si en la universidad se utilizaron los recursos con eficiencia.

Por la complejidad que resultaría considerar todos los recursos y todos los “productos” para conocer la eficiencia del uso de los recursos y según el modelo a utilizar el Data Envelopment Analysis (DEA) que requiere que el número de unidades de decisión sean al menos de dos veces la suma de las variables de recursos y productos, y teniendo en cuenta que las facultades son un número de 11, y de acuerdo a estudios previos sobre la eficiencia en las universidades se eligen 2 variables como recursos: El número de docentes y el número de alumnos matriculados y, 2 variables como productos: El número de egresados y el número de investigaciones aprobadas, con lo cual se plantean las interrogantes:

¿Se utilizaron de manera eficiente los recursos en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en la obtención del número de egresados en el año 2011?, y también,

¿Se utilizaron de manera eficiente los recursos en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en la obtención del número de investigaciones aprobadas en el año 2011?

1.2 Formulación de problemas

¿Se utilizaron de manera eficiente los recursos en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en el año 2011?

¿Se utilizaron de manera eficiente los recursos en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en la obtención del número de egresados en el año 2011? y también,

¿Se utilizaron de manera eficiente los recursos en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en la obtención del número de investigaciones aprobadas en el año 2011?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

Determinar si se utilizaron los recursos de manera eficiente en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en el año 2011.

1.3.2. Objetivos Específicos

Analizar y evaluar si se utilizaron los recursos de manera eficiente en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en la obtención del número de egresados en el año 2011

Analizar y evaluar si se utilizaron los recursos de manera eficiente en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en la obtención del número de investigaciones aprobadas en el año 2011

1.4 Justificación.

La elaboración de la presente investigación se justifica por lo siguiente:

- 1.- Es el primer estudio que investiga la eficiencia del uso de los recursos en las facultades en una Universidad del Perú en particular de la universidad nacional del callao.
- 2.- La metodología aplicada del modelo DEA-BCC para medir la eficiencia relativa en el uso de los recursos en las facultades como unidades de decisión en las universidades puede ser extendido a otras Universidades Públicas del País.
- 3.- Las conclusiones del presente trabajo tendrán consecuencias favorables en la universidad nacional del callao, dado que hará conocer un modelo de análisis para considerar o mejorar la asignación de recursos y el uso de los mismos en las facultades de la Universidad Nacional del Callao.
- 4.- El modelo permite la discusión para levantar la data necesaria que determine una mejor medida de la eficiencia en el uso de los recursos de las facultades y por ende una mejor distribución y uso de los recursos que se les asignan.

II. MARCO TEÓRICO

En el presente apartado desplegaremos los antecedentes del estudio como son los distintos estudios sobre el análisis del uso eficiente de los recursos en las universidades públicas que se han realizado utilizando el método de Análisis Envolvente de Datos o método DEA por sus siglas en inglés (Data Envelopment Analysis), luego se desarrollan las bases teóricas del estudio en la que se explica el método DEA sus limitaciones y bondades y la teoría de la eficiencia y, finalmente la definición de términos que tienen relación con el presente estudio.

2.1 Antecedentes del estudio.

Existen diversos estudios que han abordado el tema de la medida de la eficiencia en el sector público y dentro de ellas en el sector educación, particularizando los estudios en la medida de la eficiencia en las universidades, relacionando y comparando las eficiencias relativas derivado del uso de los recursos que efectúa una universidad en términos de otras o, entre departamentos similares de diferentes universidades, también se ha analizado la eficiencia relativa que se logra dentro de una universidad tomando como unidades de decisión los departamentos, o las facultades que es el caso que nos motiva en la presente investigación, así tenemos:

El estudio de la eficiencia de las universidades españolas (Gómez Sancho, 2001), se aplicaron los modelos DEA-CCR y DEA-BCC ambos outputs orientados de forma envolvente, con el reemplazo de algunas variables

inputs, para evaluar 35 universidades públicas españolas, (véase la Tabla N° 2.1).

Tabla N° 2.1:
 MODELOS OUTPUTS ORIENTADOS Y
 SUS CORRESPONDIENTES INPUTS Y OUTPUTS
 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	MODELO 4	MODELO 5	MODELO 6
MODELO	CCR-O	CCR-O	CCR-O	BCC-O	BCC-O	BCC-O
INPUTS	otros gastos posgrado 1er y 2º ciclo petc (prof. eq.tpo.Cm)	otros gastos posgrado 1er y 2º ciclo fetc cetc	otros gastos posgrado 1er y 2º ciclo gastos de personal	otros gastos posgrado 1er y 2º ciclo petc	otros gastos posgrado 1er y 2º ciclo fetc cetc	otros gastos posgrado 1er y 2º ciclo gastos de personal
OUTPUTS	Tesis i+d graduados	Tesis i+d graduados	Tesis i+d graduados	Tesis i+d graduados	Tesis i+d graduados	Tesis i+d graduados

Fuente: (Gómez Sancho, 2001: 422)

El resultado fue que el número de unidades eficientes con rendimientos a escala constante (13 a 15) es menor al de rendimientos a escala variable (21 a 23), asimismo las unidades eficientes fueron distintas según el modelo elegido “se observa una gran disparidad según el modelo elegido que confirma la necesidad de una cuidadosa elección de los mismos para la investigación a realizar” (pág 424), también señala que “no existe un patrón de análisis comúnmente aceptado y que persisten importantes diferencias entre autores a la hora de clasificar determinadas variables como inputs o como outputs.”

También se utilizó el modelo DEA output orientado con retornos a escala variables en el estudio de la eficiencia de los departamentos de la Universidad Politécnica de Cartagena., en el punto 4.- selección de indicadores y exclusión de departamentos considera los recursos y el logro o resultados que se muestran de manera resumida en la Tabla 2.2 (García, López y Ruiz, 2003: 7 al 10),

Tabla N° 2.2
 VARIABLES DE RECURSOS Y LOGROS OBTENIDOS
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Recursos	Logros o resultados
<p>Humanos</p> <p>Nº profesores a tiempo completo.(Docencia e investigación)</p> <p>Nº profesores a tiempo parcial (Docencia).</p> <p>Carga docente potencial del profesorado de 24 créditos (1 crédito = 10 horas) de los que se descuenta la carga docente que por razón de cargo u otras circunstancias pudieran existir.</p> <p>Financieros</p> <p>Presupuesto de la Universidad asignado a cada departamento que se realiza en función del número de alumnos, créditos prácticos impartidos, número de profesores y la actividad investigadora.</p>	<p>Actividad Docente</p> <p>Carga real docente</p> <p>Investigación</p> <p>Revistas: Listadas ISI (9), No Listadas ISI (3), Libros investigación Científica (3), Congresos (1), Convenios (3), Patentes en explotación (6), Patentes concedidas (3), Becarios (1), etc. siendo los números las puntuaciones de las variables.</p> <p>Calidad</p> <p>Sin datos y considerado no relevante.</p>

En el estudio sobre la eficiencia en la asignación de recursos en la

Universidad de La Laguna (Martín Rivero, 2006: 177), se hace mención a dos tipos de eficiencia:

1. Eficiencia externa, en la que se busca maximizar el beneficio que la educación reporta a la sociedad (Effectiveness) medidos con costes y beneficios sociales.

2. Eficiencia interna, en la que se busca realizar las actividades al menor coste posible (Efficiency), que señala además que “las actividades de docencia e investigación son producidas a partir de un conjunto de inputs comunes a ambas: los profesores y recursos económicos y materiales, como pueden ser los presupuestos y las infraestructuras. Es por ello que consideraremos que las actividades de docencia e investigación son actividades interrelacionadas y que, por tanto, deben ser analizadas conjuntamente.” (Pág. 280).

En este estudio se sintetiza los trabajos previos identificando los recursos utilizados como son los recursos humanos, materiales y financieros, estos recursos los detalla y se convierten en inputs del estudio; en función del tipo de input que se ha determinado, los inputs a su vez determinan el tipo de actividad que realizan, así tenemos que los inputs de los recursos humanos son orientados a la docencia, en tanto que los inputs de los recursos materiales y recursos financieros son orientados a la investigación; finalmente según el tipo de actividad de docencia o de investigación, identifica el tipo de outputs que se logra con los inputs identificados (véase la tabla 2.3), que es la misma tabla tomada del estudio realizado y que se

encuentra en su pág. 21.

Tabla N° 2.3
 INPUTS Y OUTPUTS DE ANTECEDENTES DEL ESTUDIO
 UNIVERSIDAD LA LAGUNA

Recursos	Inputs	Actividad	Outputs
Humanos	<ul style="list-style-type: none"> • N° de profesores TP. • N° de profesores TC. • N° de profesores ETC. • N° Profesrs numerarios. • N° Profsrs no numerarios. • N° de becarios. • Salario profesores. • N° de estudiantes. • Carga docente. 	Docencia	<ul style="list-style-type: none"> • N° de alumnos. • N° de graduados o N° de aprobados. • Nota media en la encuesta de evaluación docente. • Carga docente.
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Infraestructuras (ubicacs). • N° de ordenadores. • Inversión física. 	Investigación	<ul style="list-style-type: none"> • N° publicaciones (libros, revistas, etc.).
Financieros	<ul style="list-style-type: none"> • Presupuesto. • Ayudas externas a la investigación. • Gastos en libros y revistas. 		<ul style="list-style-type: none"> • Ayudas externas a la investigación. • N° de tesis. • N° de citas.

Fuente: cuadro 5.1 (Martín Rivero, 2006: 291)

Las variables utilizadas en el análisis de la Universidad La Laguna, toma en cuenta las variables de los estudios previos resumidos en la tabla 2.3 y la disponibilidad de datos que tenía la propia universidad (véase la tabla 2.4)

Tabla N° 2.4
VARIABLES DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN
UNIVERSIDAD LA LAGUNA

Inputs	Outputs
▶ Recursos Humanos *	▶ Docencia
	- % profesores con buena valoración en encuesta evaluación docente (PED).
- Catedráticos universidad, catedráticos escuela y titulares universidad (PDI).	- N° créditos impartidos por departamento (NC).
- Titulares escuela, prof. asociados y ayudantes (PD).	- N° alumnos matriculados en primer y segundo ciclo por departamento (NA).
▶ Recursos Financieros	- N° alumnos de tercer ciclo por departamento (NATC).
- Presupuesto departamental (PP).	▶ Investigación
	- N° de publicaciones (NP).
	- Ingresos de proyectos de investigación (IPI).

Fuente: Cuadro 5.6 (Martín Rivero, 2006: 310)

* Existe personal a dedicación parcial, existiendo profesores contratados a 3, 4, 5 y 6 horas. Éstos han sido ponderados con 0,375, 0,5, 0,625 y 0,75 respectivamente, obteniendo como resultado el profesorado existente equivalente a tiempo completo.

En el estudio se tiene en cuenta que la universidad no ejerce ningún control sobre los recursos por lo que señala "...parece razonable suponer que los objetivos de los gestores públicos irán orientados hacia la obtención de los mejores resultados..." "Ello nos lleva a seleccionar el modelo DEA con orientación al output para la evaluación de la eficiencia.." (Pág.315) , asimismo hace pruebas para decidir con qué modelo evaluar la eficiencia a

través del DEA - CCR o el DEA - BCC (Pág. 316) resultando en la utilización del modelo CCR, es decir, Rendimientos constantes a Escala (ibídem, 322).

En el estudio de la comparación de la eficiencia técnica de las universidades públicas en argentina (Alberto Catalina Lucía, 2007), se utilizan los modelos DEA-CCR (de retornos constantes a escala) y DEA-BCC (de retornos variables a escala) ambos outputs orientado, para identificar la eficiencia técnica radial, la eficiencia técnica pura, la eficiencia escala, el tipo de retorno de escala y los orígenes de las ineficiencias mixtas.

Las variables seleccionadas de inputs y outputs para este estudio resultaron las que se observan en la Tabla 2.5 (ibídem: 7):

Tabla N° 2.5
SELECCIÓN DE VARIABLES DEL ESTUDIO
UNIVERSIDADES PÚBLICAS ARGENTINA

Inputs:	Outputs:
Docentes. EDE: tamaño de la planta de cargos docentes, equivalente a dedicación exclusiva, según Universidad.	Alumnos: cantidad de alumnos activos en carreras de grado por Universidad.
Ejec-presup: ejecución presupuestaria (gasto total) en millones de pesos, en el año 2000. Incluye las fuentes de financiamiento: Tesoro Nacional, recursos propios, remanente de ejercicios anteriores y otras fuentes.	Egresados: egresados de carrera de grado por Universidad Producción en Investigación, por Universidad.

También en la medida de eficiencia de las universidades públicas españolas (Vázquez Cueto, 2007: 3) para medir la eficiencia de las **universidades** españolas señala que “Estos inputs y outputs pueden combinarse dando lugar a 21 modelos, que recogen desde el caso de un único input y un único output hasta el caso más general de tres inputs y dos outputs, denotando los inputs y outputs por: 1. N° total de alumnos; 2. Número de profesores doctores e investigadores; 3. Puestos de Biblioteca; 4. N° alumnos graduados; 5. Tesis leídas. Para cada uno de ellos se han calculado las puntuaciones DEA de cada una de las 47 universidades públicas españolas, utilizando rendimientos a escala constante y versión orientada al input” (véase la Tabla 2.6).

Tabla N° 2.6
RELACIÓN INSUMOS-PRODUCTOS
UNIVERSIDADES ESPAÑOLAS

Inputs	Outputs
1. N° total de alumnos matriculados	1. N° alumnos graduados
2. N° de Profesores doctores e investigadores	2. N° de Tesis leídas
3. N° de Puestos de biblioteca	

Igualmente, en el estudio realizado sobre la eficiencia técnica de las universidades argentinas (María Marta Coria, 2008: 20-21) revisa los trabajos antecedentes a este estudio que consideran como unidades de decisión a las universidades o los departamentos de una misma universidad.

Este estudio utiliza el modelo DEA y toma en cuenta los inputs y outputs de los estudios previos que aplican el modelo DEA, considera 2 modelos, uno el modelo

DEA – CCR de Rendimientos Constantes a Escala (RCE) y el otro el modelo DEA - BCC de rendimientos Variables a Escala (RVE), ambos output orientado envolvente (véase tabla 2.7).

Tabla N° 2.7
INSUMOS Y PRODUCTOS POR MODELOS
UNIVERSIDADES ARGENTINAS

		Mod.1 CCR	Mod.2 BCC
Insumos	Alumnos	X	X
	Cargos docentes exclusivos equivalentes		X
	Gastos en personal	X	
	Gastos de Funcionamiento	X	X
	Docentes investigadores	X	X
Productos	Graduados	X	X
	Publicaciones científicas	X	X

Fuente: María Marta Coria, 2008:23 (tabla 2)

Como en otros estudios los modelos con rendimientos constantes a escala muestran una menor cantidad de universidades eficientes que con los rendimientos variables a escala (ibídem: 24).

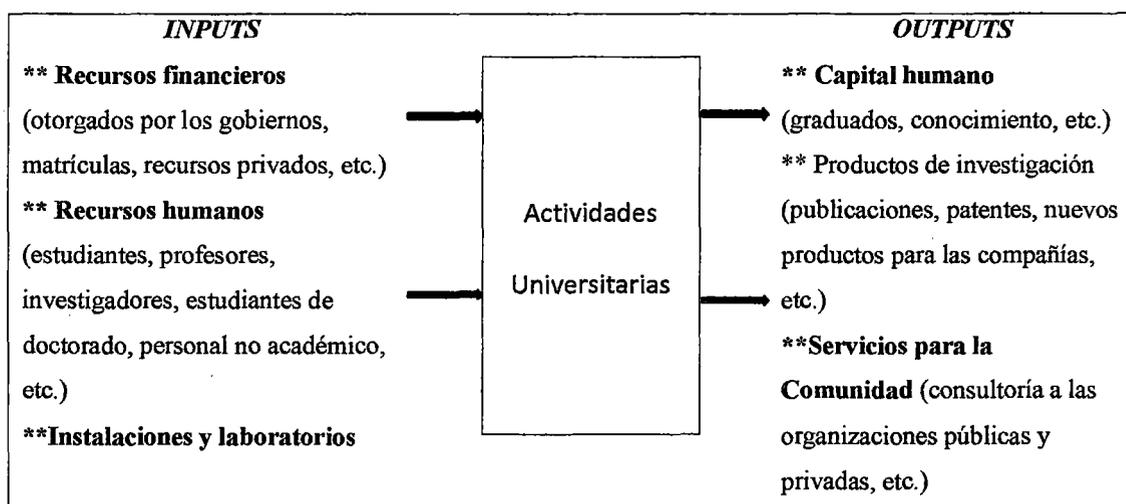
Asimismo, agrupa a las universidades por el número de alumnos y determina que las eficiencias promedio son mayores en las universidades de mayor tamaño, no obstante en los 5 grupos considerados todos presentan unidades eficientes por lo que señala “en los 5 grupos se encuentran instituciones eficientes, no observándose una relación definida entre el tamaño de las instituciones y el nivel de eficiencia.” (Ibídem: 27).

Del mismo modo en otro estudio sobre la eficiencia técnica de las universidades

públicas españolas (Vásquez Rojas, 2010), hace mención al esquema simplificado del proceso productivo en las universidades elaborado por Agasisti y Pérez Esparrells, en el que se observan la relación de los inputs y outputs relevantes de las universidades (véase la tabla 2.8).

Figura N° 2.8

INPUTS Y OUTPUTS DE LAS ACTIVIDADES UNIVERSITARIAS



Fuente: (Vásquez Rojas, 2010: 4) Esquema 1 El proceso productivo un modelo simplificado.

De los inputs y outputs identificados y mencionados anteriormente como recursos y productos en el proceso productivo que realizan las universidades, en el presente trabajo de Vásquez Rojas que mide la eficiencia de las universidades españolas aplicando el modelo DEA -BCC inputs orientado y DEA-BCC output orientado, se consideran los que se observan en la tabla 2.9.

El resultado fue que con el CCR hay menos unidades eficientes técnicamente (46%) que con el modelo BCC (62%) (Pág.7), en tanto que hay más universidades eficientes a escala con el modelo CCR que con el BCC, el

índice de eficiencia no refleja una relación con el tamaño de las universidades, medido en número de estudiantes, porque tanto universidades muy grandes como pequeñas resultan ineficientes. (Pág.12).

Tabla N° 2.9

INPUTS - OUTPUTS COMUNES
ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
- N° Alumnos Matriculados (X ₁)	- N° Graduados (Y ₁)
- N° Docentes e investigadores (X ₂)	- Ayudas a la Inv. Básica (Y ₂)
- Total gastos menos los gastos personal (X ₃)	- Ingresos de Inv. Aplicada (Y ₃)
	- N° Tesis doctorales (Y ₄)

Fuente: Vásquez Rojas, 2010: 6

En el estudio que analiza la eficiencia y productividad de las universidades chilenas mediante análisis y encapsulamiento de datos (González-Araya, Verdugo Vásquez, 2010), se realizó el análisis para evaluar la productividad y la eficiencia Malquist basado en DEA abarcando tanto las universidades públicas como privadas, este análisis busca determinar los cambios en la eficiencia debido al cambio tecnológico como: perfeccionamiento académico, innovación académica, renovación curricular, mejora en los procesos de adquisición de materiales (libros e inmuebles), mejora en los canales de comunicación, entre otros que no es el caso en la universidad nacional del callao, sin embargo la utilidad de este estudio se basa en conocer los inputs y outputs que se utilizan en el modelo DEA y lo efectúa a partir de tres puntos

de vista: perspectiva del gobierno, perspectiva universidad y perspectiva alumnos, teniendo para cada una de ellas diferentes variables en inputs y outputs puesto que a partir de determinados inputs se obtiene diferentes outputs (véase la Tabla 2.10) que sintetiza los recursos y productos según el modelo perspectiva que considera el estudio (ibídem, 250-251):

Tabla N° 2.10
INPUTS – OUTPUTS SEGÚN PERSPECTIVA
UNIVERSIDADES PÚBLICAS CHILENAS

Modelos Perspectiva	Inputs	Outputs
Gobierno	Tipo de Financiamiento a la Universidad -AFD y AFI AFD=Aporte Fiscal Directo	- Ingresos por Investigaciones - N° Docentes (Doctores y no doctores)
Universidad	Ingresos Totales N° de docentes N° de alumnos	Financiamiento de proyectos de investigación. N° Alumnos titulados
Alumnos	N° programas N° vacantes Alumnos por docente Libros por alumnos	N° alumnos matriculados en el 1er. año

Asimismo, en el trabajo sobre la eficiencia técnica en la Universidad “Santiago Antúnez de Mayolo” (Castillo Jorge y otros, 2010: 55), hace referencia a la metodología DEA aplicada a instituciones de educación

superior en distintos países y señala que “Entre los insumos se incluye, en general, los gastos en personal y de funcionamiento, la cantidad de docentes, la relación entre la cantidad de docentes y alumnos, la cantidad de alumnos y la cantidad de investigadores. En cuanto a los productos, los trabajos toman en cuenta, entre otros, a la cantidad de graduados, las publicaciones científicas y los ingresos obtenidos para investigación.”

En la evaluación de la eficiencia técnica realizada para cada facultad se usó el análisis no paramétrico DEA Data Envelopment Analysis (Análisis Envoltente de Datos) con orientación input, y consideró como insumos las variables presupuesto y número de docentes por facultad y como productos el número de bachilleres y titulados. (ibídem: 57)

Como resultado se tuvo que 3 facultades (27%) lograron la eficiencia técnica y que era necesario recomponer la asignación de los recursos para que la universidad en su conjunto obtenga mejores resultados.

De los estudios previos se identifican las variables más comúnmente utilizadas (véase la tabla 2.11) que por lo general relacionan los docentes y los alumnos (inputs) con las investigaciones y, los graduados, egresados o titulados (outputs), así también los gastos de funcionamiento que descuentan los gastos de personal debido a que estos últimos ya están siendo incluidos como elementos físicos (docentes), si bien una de las variables inputs más utilizadas es el financiamiento, esta no es una variable homogénea para el estudio teniendo en cuenta que esta variable depende de la unidad de análisis para ser considerada y, se utiliza por ejemplo el presupuesto, otra utiliza la

ejecución presupuestal, otra los gastos de funcionamiento y también otra utiliza los gastos totales descontado los gastos de personal.

Tabla N° 2.11

VARIABLES COMÚNMENTE UTILIZADAS EN LOS ESTUDIOS PREVIOS

Texto y autor	Año	Inputs				Outputs		
La evaluac. Efic.UEs. José M. GómezSancho	2001	Otros gastos	Post grado	Pfetc	Pcetc	Tesis	I + d	graduados
Efic.Dptos UPol.Cartagena García, López Fernando y, Ruiz M	2003	Presupuesto por Depto	DocEq. TC, profsTP	CargaDocntPot -CDpor Créd.	-	Revista, Libros, Becarios, Convens	Carga real docente	-
EficTéc DEA ULaguna Martín Rivero Raquel	2006	Presupuesto Deptmto.	Catedráticos Autorids	Prof.Asociados	-	N° Publicacns	IngPryts Investigac	Alumns matr.
Efic. Téc. UsPúb Argentina s Catalina Lucía Alberto	2007	Ejec.Presupuestal	DcmtsEq DedExc.	-	-	Produccion investigac.	Egresads	Alumnos
Med.Efic.UEspPúb. Vásquez Cueto, María	2007	-	N° Prof. Doctors investg	Total Alumns matric-	N° Puestos Biblts.	Tesis Leídas	-	N° graduados.
EficTéc Ues Argentina CoriaMaríaMarta	2008	Gastos funcnm	DocnInvstrsTC	Gastos person.	Cargsdocnt	Produc.Científica	-	graduados
Efic. Téc. UPúbEs Vásquez Rojas, AngM.	2010	GastTotalgstPers	DocnInvstrTC	Matriculados	-	Tesis	IngIBásic. Ingr.IAplic	graduados
Efic.Product.UsChilnsDEA GonzálesMarcela y Verdugo	2010	Ingresos totales	N°Doce ntes	Matriculados	-	-	Fondecyt	Alumns titulads
Efic. Téc. UN "SAdeM" CastilloJorge y otros	2010	Gastos funcnm	Docents/ Alumns	Alums/ Invstg.	N° Docents	Publics Cientifs.	Ingresos invstgic.	graduados

Estas variables como Docentes y alumnos (inputs) y graduados, egresados o titulados y la investigación (outputs) y su relación entre ellas se utilizarán en las hipótesis de trabajo para determinar la eficiencia del uso de los recursos de las facultades, teniendo en cuenta además que la eficiencia de una unidad

es relativa dado que se determina en función de la eficiencia de otra unidad.

De los supuestos y resultados de los diferentes estudios relevados por lo general se observa que:

- Las actividades de docencia e investigación se analizan conjuntamente teniendo como inputs comunes los profesores y recursos económicos y materiales.
- Las unidades eficientes son menores cuando se utiliza el modelo de rendimientos constantes a escala que cuando se utiliza el modelo de rendimientos variables a escala
- El número de unidades eficientes también depende del número de variables que se utilizan.
- No hay relación definida entre el tamaño de las unidades y el nivel de eficiencia.

2.2 Bases Teóricas del Estudio

El estudio se realiza para medir la eficiencia con que operan las facultades de la universidad nacional del callao por ello enfocaremos la teoría sobre la que se sustenta el modelo data envelopment analysis (DEA) con el cual se mide la eficiencia de las facultades y la teoría que explica la eficiencia en el proceso productivo.

2.2.1 El modelo DEA (Data Envelopment Analysis)

Data Envelopment Analysis (DEA) o Análisis Envolverte de Datos. Es un

modelo de frontera no paramétrico, determinístico, cuya aplicación con datos observados de inputs y outputs permite estimar las fronteras de producción de diferentes unidades de decisión (DMU's o decision making units) que utilizan los mismos recursos y obtienen los mismos productos y, evaluar la eficiencia de cada una de ellas respecto a las observadas con mejor comportamiento por ello es una medida de eficiencia relativa.

Debido a que es un método no paramétrico, no requiere ninguna hipótesis sobre la frontera de producción dado que éste no requiere la especificación de la forma funcional, siendo la eficiencia relativa dado que es la eficiencia de una unidad "observada" y definida con respecto a las unidades "observadas" con mejor comportamiento.

Entre las ventajas y desventajas de la técnica, Bonilla y otros (1996) mencionan:

Ventajas

- DEA admite modelos con múltiples inputs y outputs.
- DEA no requiere una hipótesis de relación funcional entre los inputs y outputs.
- Las unidades se comparan directamente con otras unidades o una combinación de ellas.
- Los inputs y outputs pueden representar diferentes unidades de medida, por ejemplo una magnitud puede venir medida en unidades físicas

(toneladas), mientras que otra unidad tiene su medida en unidades monetarias (miles de pesos), sin que se requiera una relación a priori entre ellas.

Limitaciones del modelo DEA.

Algunas de las limitaciones que presentan estos tipos de modelos según los mismos autores son:

- Si bien la metodología no paramétrica presenta la ventaja de la gran flexibilidad y ausencia de errores de especificación, al no ser preciso optar por ninguna forma funcional, presenta el inconveniente de ser una técnica determinista, por lo que la presencia de observaciones atípicas puede sesgar las medidas de eficiencia obtenidas, imputando a la ineficiencia cualquier “shock” de carácter aleatorio. Sin embargo, la medición de la eficiencia mediante técnicas estocásticas (aleatorias) permite la existencia de desviaciones de la frontera distintas de la ineficiencia.
- Los métodos no paramétricos ignoran generalmente los precios y miden sólo la ineficiencia técnica cuando se utilizan demasiados inputs o se producen pocos outputs.
- Dado que DEA es una técnica de punto extremo, ruidos (incluso las distorsiones simétricas con media cero), tales como errores de medición, pueden causar problemas significativos.

- DEA converge lentamente a la eficiencia absoluta, es decir, no nos indica cómo se comporta una unidad en relación con un “máximo teórico”.
- Las pruebas de las hipótesis estadísticas son difíciles de aplicar, por ser un método no paramétrico.
- Este tipo de análisis funciona relativamente mal cuando el número de unidades que toman decisiones (DMU por sus siglas en inglés: Decision making unit) es bajo.

Así, DEA es habitualmente utilizado en la evaluación de la eficiencia de un cierto número de productores, comparando cada uno de ellos únicamente con los mejores productores. En DEA nos referiremos a productor como entidad, organización, área, unidad objeto de análisis o DMU. A diferencia de habituales aproximaciones estadísticas, DEA es un método de punto extremo, dado que se construye una frontera de producción en la que se sitúan las unidades eficientes y determinando la ineficiencia de las otras unidades por la posición relativa respecto de esta frontera.

a. Modelos DEA-CCR

Las siglas CCR se deben a que este modelo fue desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes (1978).

Se clasifican por:

- El tipo de medida de eficiencia: Modelos radiales (fraccionales) y no radiales.

- La orientación del modelo: Input orientado, Output orientado o Input – Output orientado¹ y,
- El tipo de rendimiento de escala que caracteriza la producción.

En el gráfico 2.5 (recreación de los gráficos utilizados por Coll y Blasco páginas 10 – 16) se representan la relación insumo-producto de situaciones hipotéticas de una actividad económica en la que podemos observar que dependiendo de la cantidad de input(s) utilizado(s) o de output(s) logrado(s) se determinan distintas medidas de eficiencia, la orientación del modelo y el tipo de rendimientos a escala que en el presente caso son rendimientos a escala constante, así tenemos:

En el gráfico de la izquierda 2.1 a., cada punto nominado como A, B, C o D representa la cantidad de insumo (x) que se utiliza para un nivel de producción (y) donde la pendiente de la línea que parte del origen a un punto es la productividad media lograda siendo la de mayor pendiente la que tiene mayor productividad en este caso el punto C.

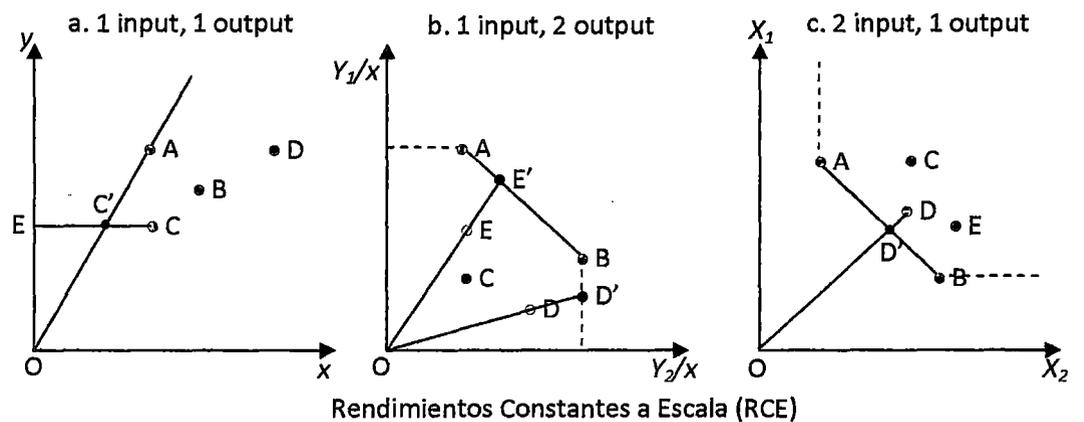
En el gráfico del centro 2.1 b., cada punto A, B, C, D o E representa también una actividad económica que se realiza con 1 insumo (x) y dos productos (y_1, y_2), donde los puntos más alejados del origen son las actividades que tienen mayor productividad y, uniendo los puntos de las actividades más

¹ Input orientado. Busca el mínimo uso de inputs, dado el nivel de outputs
 Output orientado. Busca el máximo outputs dado el nivel de inputs.
 Input-output orientado. Buscan de modo simultáneo la reducción input y expansión output equi-proporcional.

alejadas del origen se forma la frontera de producción eficiente que son las actividades que mayor producción realizan dado los recursos que utilizan que es el modelo output orientado, quedando las demás actividades como ineficientes.

En el gráfico de la derecha 2.1 c. se representan las actividades económicas que se realizan con dos insumos y un producto donde la frontera que se forma es la mínima cantidad de insumos que se utilizan para determinado nivel de producción o input orientado.

Figura Nº 2.1
Fronteras de producción



Los puntos eficientes en cada caso tienen una puntuación de 1 como sigue:

- a. $ET_A = 1$ b. $ET_A = 1; ET_B = 1$ c. $ET_A = 1; ET_B = 1$

La puntuación eficiente de un punto ineficiente se determina como sigue:

- a. $ET_C = EC'/EC$ b. $ET_E = OE/OE'$ c. $ET_D = OD'/OD$

Este método DEA puede modelarse de 3 formas: fraccional, multiplicativa y

envolvente que a continuación se detallan (Coll y Blasco, 2006: 27-41):

- Modelo DEA-CCR Forma Fraccional

Este es un modelo radial, input orientado y con rendimientos constantes a escala. Busca minimizar el uso de los recursos dado un nivel de producto.

La eficiencia técnica (relativa) se mide como el cociente entre la suma ponderada de los Outputs ($\sum u_r Y_{r0}$) y la suma ponderada de inputs ($\sum v_i X_{i0}$):

$$\text{Max}_{u,v} \quad h_0 = \frac{\sum u_r y_{r0}}{\sum v_i x_{i0}}$$

Sujeto a:

$$\frac{\sum u_r y_{rj}}{\sum v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad \text{condición.no.negatividad}$$

Dónde:

n = unidades ($j= 1, 2, \dots, n$) cada una utiliza los mismo inputs (en diferentes cantidades) para obtener los mismos outputs (en diferentes cantidades)

x_{ij} ($x_{ij} \geq 0$) Son la cantidad de inputs i ($i = 1, 2, \dots, m$) de la unidad j .

y_{rj} ($y_{rj} \geq 0$) Son la cantidad de outputs r ($r=1, 2, \dots, s$) producidos por la unidad j .

y_{r0} representa la cantidad de output de la unidad que se evalúa.

u_r ($r=1, 2, \dots, m$) y v_i ($i=1, 2, \dots, m$) son los pesos de los outputs e inputs respectivamente.

Este modelo fue cambiado por los mismos autores para sustituir la condición de no negatividad por la condición de positividad estricta:

$$u_r, v_i \geq \varepsilon = 10^{-6} \text{ Condición de positividad}$$

Para evitar que una unidad $h_0 = 1$, sea incorrectamente caracterizada como eficiente al obtener la solución óptima algún peso input u output el valor cero que daría lugar que dicho input u output sea obviado en la determinación de la eficiencia.

- Modelo DEA-CCR en forma multiplicativa

En este modelo se linealiza el modelo DEA-CCR fraccional input orientado y busca maximizar las ponderaciones de los inputs y outputs y la eficiencia de la unidad evaluada calificándola de eficiente cuando la suma ponderada de la producción es igual a la unidad (se tiene en cuenta que los inputs han sido normalizados a la unidad), por lo que el modelo también es input orientado.

Para expresar el modelo en forma multiplicativa se tiene en consideración las siguientes transformaciones:

$$u_r = t * U_r$$

$$\delta_i = t * v_i \quad \text{para} \quad t > 0 \quad \text{Dónde: } \sum \delta_i x_{i,0} = 1 \text{ Input virtual normalizado a 1.}$$

$$t = \frac{1}{\sum v_i x_{i,0}}$$

Sustituyendo en el modelo anterior fraccional se obtiene el modelo lineal

equivalente conocido como modelo en forma multiplicativa:

$$\text{Max}_{u,\delta} \quad w_0 = \sum u_r y_{r0}$$

Sujeto a:

$$\sum \delta_i x_{i0} = 1$$

$$\sum u_r y_{rj} - \sum \delta_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, \delta_i \geq \varepsilon \quad \text{condición.no.negatividad}$$

El Modelo expresado matricialmente:

$\text{Max}_{u,\delta} \quad w_0 = u^T y_0$	<p>Y es una matriz de outputs de orden (s x n), donde s es la cantidad de outputs y n la cantidad de unidades de decisión.</p>
<p>Sujeto a:</p> $\delta^T x_0 = 1$ $u^T Y - \delta^T X \leq 0$ $u^T, \delta^T \geq I\varepsilon$	<p>y_0 es el vector output de la unidad evaluada</p> <p>X matriz de inputs (m x n)</p> <p>x_0 es el vector input de la unidad evaluada.</p> <p>u vector (s x 1) pesos outputs</p>

- Modelo DEA-CCR en Forma Envolvente.

Es el modelo Dual (Envolvente) del modelo anterior en forma multiplicativa (primal), por tanto aquí se busca minimizar las ponderaciones de los inputs y outputs y la puntuación de eficiencia.

El modelo se elabora teniendo en cuenta que una variable en el dual se corresponde con una restricción en el primal y una restricción en el dual se corresponde con una variable en el primal.

La correspondencia indicada anteriormente se puede observar en la tabla 2.12.

Tabla N° 2.12
Transformación del modelo CCR-Multiplicativa
en CCR-Envolvente

Restricción primal CCR-Multiplicativa	Variable dual CCR-Envolvente	Restricción dual CCR-Envolvente	Variable primal CCR-Multiplicativa
$\delta^T x_0 = 1$	θ	$Y\lambda \geq y_0$	$\delta^T \geq 1$
$u^T Y - \delta^T X \leq 0$	$\lambda \geq 0$	$\theta x_0 - X\lambda \geq 0$	$u^T \geq 0$

Fuente: (Coll y Blasco, 2006:38)

Con lo anterior pasamos del modelo DEA-CCR input orientado en su forma multiplicativa al modelo DEA-CCR input orientado en forma envolvente:

$$\begin{aligned} \text{Min}_{\theta, \lambda} \quad & z_0 = \theta \quad \theta \text{ es la puntuación de eficiencia} \\ \text{Sujeto a:} \quad & \\ & Y\lambda \geq y_0 \\ & \theta x_0 \geq X\lambda \quad \lambda \text{ es el peso o la intensidad de la unidad} \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

Este modelo suele ser preferido para medir la eficiencia dado que trabaja con un número de unidades de decisión (DMU) mayor a la suma de inputs y outputs del modelo. En este modelo la solución óptima es $\theta^* = 1$ que indica que la unidad evaluada es eficiente obteniéndose a su vez las variables de holgura en forma residual.

A este modelo Coll y Blasco (2006) lo denomina modelo DEA-CCR envolvente de una etapa y lo compara con el modelo de dos etapas según la

Eficiencia de Pareto-Koopmas, en la que incorpora las variables de holgura tanto output como input, con lo cual la cantidad observada output aun cuando este en la frontera eficiente puede ser aumentada si hay holgura output o disminuir el uso de los factores si hay holgura input (pág 41 idem).

La 2da etapa estaría dada por (pág. 49 idem):

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{\lambda, s^+, s^-} - (Is^+ + Is^-) \\ & \text{Sujeto a:} \\ & Y\lambda = y_0 + s^+ \\ & X\lambda = \theta^* x_0 - s^- \\ & \lambda, s^+, s^- \geq 0 \end{aligned}$$

Dónde: $Is^+ = \sum s_r^+$, $Is^- = \sum s_i^-$, siendo Is^+ y, Is^- , el vector de holguras outputs y, el inputs.

La primera y segunda etapa, se puede formular en un único modelo, como sigue:

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{\lambda, s^+, s^-} z_0 = \theta - (Is^+ + Is^-) \\ & \text{Sujeto a:} \\ & Y\lambda = y_0 + s^+ \\ & X\lambda = \theta^* x_0 - s^- \\ & \lambda, s^+, s^- \geq 0 \end{aligned}$$

b. Modelo DEA-BCC

En el mismo trabajo (Coll y Blasco, 2006: 87-103) se analiza el modelo desarrollado por Banker, Charnes y Cooper (1984) denominado DEA-BCC que relaja el supuesto de la tecnología de rendimientos constantes a escala

permitiendo la tipología de rendimientos variables a escala, esto es que según la medida de eficiencia de la unidad evaluada puede estar trabajando con rendimientos constantes a escala (el aumento porcentual de la producción es igual al aumento porcentual de los insumos), rendimientos crecientes a escala (el aumento porcentual de la producción es mayor al aumento porcentual de los insumos) o rendimientos decrecientes a escala (el aumento porcentual de la producción es menor al aumento porcentual de los insumos), determinando que el modelo DEA-CCR con rendimientos constantes a escala sea una medida de Eficiencia Técnica Global (ETG) que puede ser descompuesta en eficiencia técnica pura (ETP) determinado por el modelo DEA – BCC y eficiencia escala (EE):

$$ETG (DEA-CCR) = ETP (DEA-BCC) \otimes EE$$

Donde la noción económica de rendimientos a escala se relaciona con la eficiencia escala (EE).

- Modelo DEA-BCC Forma Fraccional

La forma analítica del modelo DEA-BCC es similar al modelo DEA-CCR, siendo diferente únicamente en que al primero se le suma el término k_0 que es el valor del intercepto de la ordenada por lo que en el supuesto de rendimientos constantes a escala tiene el valor de cero. (Pág. 93, *ibídem*), siendo en este caso el resultado del modelo DEA-BCC forma fraccional igual al resultado del modelo DEA-CCR.

En consecuencia el modelo DEA-BCC y suponiendo rendimientos variables a escala, tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{u,v,k} \quad & h_0 = \frac{u^T y_0 + k_0}{v^T X_0} \\ \text{Sujeto a:} \quad & \\ & \frac{u^T Y_j + k_0}{v^T X_j} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \\ & u^T v^T \geq I\epsilon \\ & k_0 \quad \text{no ..restringida} \end{aligned}$$

- Modelo DEA-BCC Forma multiplicativa

Del mismo modo que en el modelo DEA – CCR, se utilizan las variables transformadas y se le adiciona la constante K_0 . que según su valor identifica el tipo de rendimiento de escala, como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{u,\delta} \quad & w_0 = u^T y_0 + k_0 \\ \text{Sujeto a:} \quad & \\ & \delta^T x_0 = 1 \\ & u^T Y + k_0 \leq \delta^T X \\ & u^T, \delta^T \geq I\epsilon \\ & k_0 \quad \text{no restringida} \end{aligned}$$

Como K_0 es no restringida, este mismo modelo mide la eficiencia con el supuesto de rendimientos a escala como sigue:

Si $k_0 \leq 0$ los rendimientos son no crecientes a escala.

Si $k_0 \geq 0$ los rendimientos son no-decrecientes a escala.

- Modelo DEA-BCC Forma envolvente (pág 100, íbidem)

$$\text{Min}_{\theta, \lambda, s^+, s^-} z_0 = \theta - \varepsilon (Is^+ + Is^-)$$

Sujeto a :

$$\lambda Y = y_0 + s^+$$

$$\lambda X = \theta x_0 - s^-$$

$$\bar{I}\lambda = 1$$

$$\lambda, s^+, s^- \geq 0$$

2.2.2 La eficiencia del proceso productivo.

La eficiencia de una asignación de recursos a un nivel agregado la podemos explicar cómo la situación en la que “no es posible aumentar el beneficio de alguien sin perjudicar el beneficio de otro. Eficiencia a lo Pareto”. (Nicholson Walter, 2008:357)

A un nivel microeconómico se especifica como la situación en la que “no es posible obtener más del producto final con la misma cantidad del insumo, o, inversamente, no es posible obtener la misma cantidad del producto final con una menor utilización del insumo”. (Fernández Baca Jorge, 2000:318)

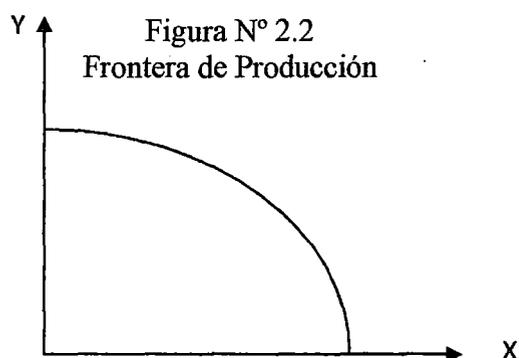
Esta precisión de eficiencia es el que en economía se denomina eficiencia técnica para distinguirlo del concepto de eficiencia precios o asignativa donde intervienen los precios de los factores productivos o el valor en dinero de los factores utilizados en la producción de un bien o servicio, conforme pasamos a detallar:

a. La 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” (Fernández Baca Jorge, 2000:

316), es decir, si aumentamos la producción de un bien entonces se requiere más factores productivos y si se está en una situación eficiente, esos mayores recursos que se requieren saldrán de la producción de otro u otros bienes reduciendo su producción.

La situación expuesta se grafica con la frontera de producción que delimita la máxima producción de bienes que puede realizarse dado el estado de la tecnología, se representa mediante una curva cóncava (Figura 2.2) en la que los ejes representan los bienes y supone un estado de la tecnología, la forma de la curva identifica el costo de oportunidad creciente, es decir, que el aumento de la producción de un bien se realiza cada vez con mayor disminución de la producción del otro bien.



También se explica la eficiencia técnica como la situación en la que no es posible aumentar la producción de un bien dado el nivel de factores utilizados o los mínimos recursos utilizados dado un nivel de producción. Se representa con la frontera de producción de una unidad de producción cuya forma depende de si un recurso es fijo o si todos los recursos son variables.

- Si la tecnología es fija. (Figura N° 2.3)

La frontera delimita la máxima producción de un bien o producto con un nivel de factor variable utilizado dado el estado de la tecnología. (ibídem, 324-325)

Puntos entre la abscisa y la frontera son producciones ineficientes, dado que con el recurso utilizado se puede lograr la producción que indica la frontera.

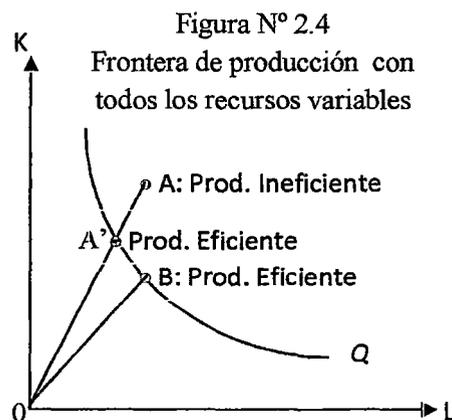
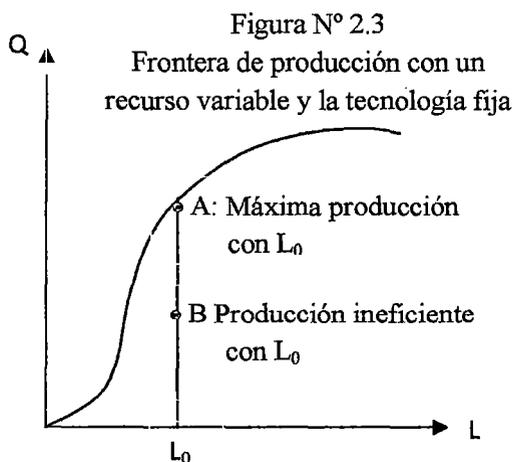
Puntos por encima de la frontera es una imposibilidad, dado que sobrepasa la máxima producción que se puede lograr con el nivel de recurso utilizado.

- Si todos los factores son variables (Figura N° 2.4)

La frontera de la Isocuanta, delimita la misma cantidad de producto en su máxima producción con las distintas combinaciones de recursos utilizados (ibídem, 334)

Puntos por encima de la frontera (Isocuanta) son producciones ineficientes, muchos recursos para el nivel de producción que indica la frontera.

Puntos por debajo de la frontera es imposible que se alcance la producción de la frontera dado la combinación de recursos utilizados.

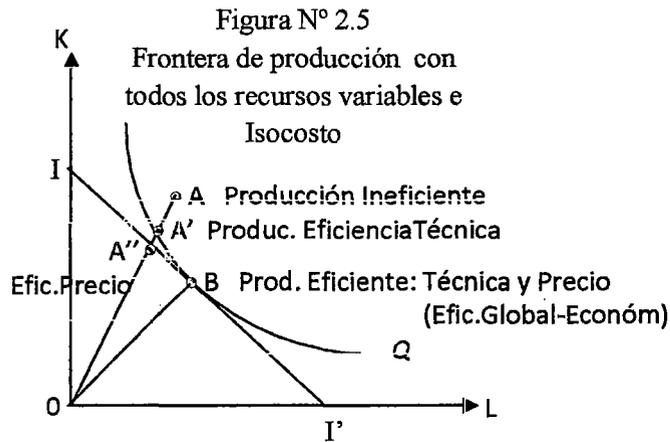


Cuando todos los factores son variables (Figura 3), la eficiencia técnica se mide por la relación de la longitud de la línea que une el origen al punto proyectado sobre la isocuanta A' y la línea que une el origen al punto observado de la producción ineficiente A:

$$ET_A = \frac{OA'}{OA}; \quad ET_B = \frac{OB}{OB} = 1$$

b. La Eficiencia de Precios (o asignativa).

Es la situación en la que para un determinado nivel de producción se utilizan los recursos al menor costo. Incorpora los precios de los factores productivos para medir la eficiencia del uso de los recursos y se define como la combinación de recursos en proporciones óptimas dados sus precios relativos (Coll y Blasco, 2006:4), para ello a la figura 2.4 de la Isocuanta se le adiciona la recta de los precios relativos denominada también Isocosto (I-I' en la Figura 2.5)



La eficiencia precio o asignativa se mide por la relación de la longitud de la línea que une el origen al punto proyectado sobre la isocoste eficiente y la línea que une el origen al punto proyectado sobre la isocuenta eficiente:

$$E.P_A = \frac{OA''}{OA'} \qquad EP_B = \frac{OB}{OB} = 1$$

c. La Eficiencia Global o Eficiencia Económica.

Es la situación en la que se obtiene la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa en la obtención de los productos (Fernández Baca Jorge, 2000: 382-383).

Se obtiene considerando tanto la eficiencia técnica:

$$ET_A = \frac{OA'}{OA}$$

como la eficiencia precio o asignativa:

$$E.P_A = \frac{OA''}{OA'}$$

La eficiencia global o económica (Figura 4) se mide con el producto de ambas eficiencias, implicando que la unidad de decisión es técnica y asignativamente eficiente, es decir, menor cantidad del empleo de recursos y menor coste en una producción determinada.

$$EG_A = ET_A * EP_A$$

$$EG_A = \frac{OA' OA''}{OA OA'} = \frac{OA''}{OA} \quad EG_B = \frac{OB OB}{OB OB} = 1$$

Este análisis y medida de la eficiencia en el aspecto teórico requiere conocer la función de producción de la unidad de análisis la misma que en la práctica no se realiza dado los altos costos que se darían al mover sucesivamente los factores productivos los que además deben estar organizados para ser utilizados de la mejor manera para observar la producción alcanzada que debe ser máxima a ese nivel de recursos utilizados aspectos que si bien pueden ser medidos tienen una alta dosis de subjetividad.

Siendo necesario estimar la función de producción se desarrollaron diferentes métodos y técnicas para determinar la frontera de producción las que están en función que se requiera o no especificar la relación entre inputs u outputs, resultando métodos paramétricos y no paramétricos que a su vez pueden utilizar técnicas estocásticas (aleatorio) y no estocásticas (determinista).

2.2.3 El modelo DEA para medir la eficiencia en el uso de los recursos en las facultades de la Universidad Nacional del Callao.

A continuación se discute el modelo utilizado para medir la eficiencia de las facultades de la Universidad Nacional del Callao, así tenemos que primero se realizaron medidas de eficiencia parcial de 1 input-1 output, 2 inputs y 1 output, 1 inputs y 2 outputs, que orientan el conocimiento de las facultades eficientes en un proceso de producción con rendimientos a escala constante, luego se relacionaron (combinaron) los insumos (2) y los productos (2) para aplicar el modelo DEA-BCC envolvente input-orientado y el modelo DEA-BCC-envolvente output orientado todo ello con la finalidad de observar la coherencia de la medida de eficiencia en las diferentes facultades de la universidad y finalmente para las recomendaciones se ha considerado el modelo DEA-BCC envolvente output-orientado dado que la asignación de los recursos (inputs) son rígidos en una universidad.

2.3 Definición de términos

Eficiencia Asignativa o Eficiencia Precios.- Es la situación en la que se utilizan los recursos al menor costo para lograr un determinado nivel de producción.

Eficiencia Global o Económica.- Es la situación en la que se obtiene la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa en la obtención de los productos.

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.

Isocuanta.- Representación gráfica de procesos de producción en la que

diferentes combinaciones de factores productivos (situación de largo plazo en la producción) dan como resultado un mismo nivel de producción.

Input(s) o Factor(es) productivo(s). Elementos que intervienen en un proceso productivo.

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

Corto plazo en la producción. Se define como la situación en la que al menos un factor productivo es fijo.

Largo Plazo en la producción.- Situación en la que todos los factores productivos son variables.

Rendimientos 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 a escala constante.- Es la situación en la que al alterar en la misma proporción los factores productivos la producción se altera en igual proporción.

Rendimientos a escala creciente.- Es la situación en la que al alterar en la misma proporción los factores productivos la producción se altera en mayor proporción.

Rendimientos a escala decreciente.- Es la situación en la que al alterar en la misma proporción los factores productivos la producción se altera en menor

proporción.

Función de producción.- Es la relación de los inputs o factores utilizados en un proceso productivo para obtener outputs o productos dados el estado de la tecnología.

Output(s) o producto(s).- Es el resultado que se obtiene del uso en el proceso productivo de los inputs o factores productivos.

III. VARIABLES E HIPÓTESIS

El contexto de este trabajo es medir la eficiencia del uso de los recursos en la Universidad Nacional del Callao, debiendo realizarse el análisis con unidades de decisión homogéneas, tanto en el tipo de recursos que utilizan como en el tipo de productos que obtienen, para que se puedan comparar y suficientemente heterogéneas entre ellas para que se pueda extraer alguna información relevante de esa comparación, por lo que en este estudio se consideran como unidades de decisión las facultades de la Universidad Nacional del Callao:

Facultad de Ciencias Administrativas	(FCA)
Facultad de Ciencias Contables	(FCC)
Facultad de Ciencias Económicas	(FCE)
Facultad de Ing. Eléctrica y Electrónica	(FIEE)
Facultad de Ing. Industrial y de Sistemas	(FIIS)
Facultad de Ing. Mecánica-Energía	(FIME)
Facultad de Ing. Pesquera y de Alimentos	(FIPA)
Facultad de Ing. Química	(FIQ)
Facultad de Ciencias de la Salud	(FCS)
Facultad de Ciencias Naturales y Matemática	(FCNM)
Facultad de Ing. Ambiental y de R. N.	(FIARN)

3.1. Definición de las variables.

Las variables de análisis para el presente estudio se determinan teniendo en cuenta las variables que más comúnmente se utilizaron en los estudios comentados en el marco teórico y que se presentan en la Tabla 2.11 del punto 2.2 Antecedentes del estudio (Pág. 42).

Como se puede apreciar en la mencionada Tabla 2.11 los trabajos previos por lo general relacionan los docentes y los alumnos con las investigaciones y los graduados, egresados o titulados, así también consideran los gastos de funcionamiento que descuentan los gastos de personal debido a que estos últimos ya están siendo incluidos como elementos físicos.

También se aprecia en los antecedentes del estudio que se han tomado como mínimo tres (3) variables inputs y dos (2) variables outputs lo cual se debe a que existen suficientes unidades de decisión para realizar el análisis DEA (Data Envelopment Analysis) sobre la eficiencia del uso de recursos lo cual no sucede en nuestra universidad nacional del callao en la que cuenta con 11 facultades como unidades de decisión y a lo más podemos aspirar a cuatro (4) variables para considerarlas como inputs y outputs con lo cual cumpliríamos con la regla de la medida de eficiencia a través del DEA que determina que el N° de unidades de decisión es al menos 3 veces la suma de inputs y outputs considerados: $DMUs = 3 (inputs + outputs)$.

Para la elección de las variables tomamos en cuenta las variables que más se han seleccionado y utilizado en los antecedentes del estudio y considerando que las variables deben ser homogéneas, que tengan las mismas características, tipo, utilidad etc. y sean comparables tomadas en el mismo momento o periodo y relevantes en la relación causa-efecto. Así tenemos:

3.1.1. Las variables outputs

Estas variables deben corresponder con los fines que la Constitución dispone para las Universidades, como son la formación profesional en la que identificamos la variable Egresados, la investigación con la variable investigaciones aprobadas y la proyección social cuyo output puede identificarse por el conjunto de las variables anteriores, así tenemos:

a. Egresados.

Representan el output de la formación profesional que imparte la Universidad y son los estudiantes que han culminado sus estudios de pregrado y por tanto han cumplido con todo el currículo de estudios que exige la Universidad.

Si bien los diversos estudios en investigaciones realizadas sobre la eficiencia en las universidades toman como outputs los graduados, los titulados o los titulados que realizan labores que están directamente ligadas a sus estudios realizados, sin embargo estos outputs presentan las siguientes atingencias en la Universidad Nacional del Callao:

- Los Graduados (Bachilleres en la UNAC).

Es el nivel inmediato superior al egresado, en el presente estudio no se toma en cuenta esta categoría como variable no obstante que en la UNAC el bachillerato es automático y por tanto ambos deberían ser iguales en el momento que egresan, sin embargo la obtención del grado presenta

retrasos respecto al egresado debido a problemas tanto de índole administrativo (retraso en las firmas de documentos) como de índole personal del egresado (Pagos por obtener documentación requerida, deudas, salud) lo cual desvirtúa el output de la labor académica en la formación profesional del estudiante que culmina en el momento que egresa de la universidad.

- Los Titulados.

De lo expresado anteriormente respecto a los graduados que no son ocasionados por la labor académica, menos podemos considerar la categoría Titulado dado que alcanzar este nivel puede obedecer a factores distintos a la labor académica que realizan los docentes tales como inserción en la actividad laboral, entorno familiar, salud del egresado etc., del mismo modo con la medida de los titulados con actividad laboral en la profesión que aún es más restrictivo.

El momento que se toma el dato de esta variable es sin duda el año 2011, del cual se tiene información estadística en la Universidad. Este momento es la base para realizar el estudio y servirá de base para identificar el momento para las demás variables.

b. La investigación

Se consideran las investigaciones aprobadas que representa el output del fin Investigación de la universidad, se tiene en cuenta que en la UNAC las

investigaciones aprobadas reúnen los requisitos exigidos tanto en la aprobación del proyecto como en el informe final, por lo que la consideramos como variable siendo además homogénea para todas las facultades

La variable Investigación ha sido utilizada en todas las investigaciones realizadas, la diferencia que tienen es que según la universidad analizada le dan una ponderación al tipo de investigación de acuerdo a la seriedad de la revista científica donde ha sido recibida, aprobada y publicada la investigación para de algún modo ajustarla y homogenizarla e incorporar la calidad del trabajo realizado, aspecto que no corresponde a la UNAC debido a que las investigaciones muy pocas son publicadas fuera de los ámbitos de la universidad.

Al igual que los datos de la variable anterior, el momento en que se toma los datos es el mismo año 2011.

3.1.2. Las variables inputs

a. Docentes

Esta variable como input ha sido reconocida por todos los trabajos de investigación que se han hecho sobre la eficiencia en una universidad en la que diferencian la categoría, dedicación y condición del profesor, eligiendo una categoría determinada, algún grupo de categorías o el total de los docentes de la facultad con una ponderación por horas dictadas, así tenemos

que consideran como input a: Profesores equivalentes a tiempo completo (Gómez Sancho, 2001); Doctores e investigadores (Vázquez Cueto, 2007: 3); Docentes e investigadores (Vásquez Rojas, 2010:6); Docentes exclusivos equivalentes (María Marta Coria, 2008: 23); Profesores a tiempo parcial, a tiempo completo, equivalentes a tiempo completo etc. (Martín Rivero, 2006: 291); Docentes equivalentes a dedicación exclusiva (Alberto Catalina Lucía, 2007); profesores a tiempo completo (Docencia e investigación), profesores a tiempo parcial (Docencia), Carga docente potencial de 24 créditos (García, López y Ruiz, 2003: 7 al 10) entre otros.

La elección de la variable Docentes como uno de los inputs relevantes que identifica la finalidad de formación profesional e investigación en las universidades, se debe que sin este factor no habría formación profesional de los estudiantes en la universidad ni habría investigación, siendo los docentes los que determinan que estudiantes cumplen con los requerimientos académicos para lograr que egresen o se gradúen en la universidad y, asimismo son los docentes los que realizan investigación en la universidad.

Los servicios del docente en los fines de la universidad de formación profesional e investigación da como output un número de egresados y un número de investigaciones aprobadas en un año determinado que en la presente investigación lo consideramos para el año 2011, sin embargo tenemos en cuenta que los Docentes se deben a todos los estudiantes de la

facultad sean estos ingresantes o de ciclos superiores de un año determinado se relacionan con los alumnos matriculados en dicho año.

Se tiene en cuenta además que existen diferentes categorías de docentes como Principales, asociados y auxiliares, los que a su vez se diferencian por el tiempo que prestan servicios en la universidad como son a dedicación exclusiva, tiempo completo o tiempo parcial; también hay una distinción en su condición de los que son nombrados y de los contratados, todas estas consideraciones se toman en cuenta para decidir que se toma como dato para ser considerado como input docente relevante.

En la presente investigación solo tenemos oportunidad de utilizar un solo input que identifique la variable docente dado que el número máximo de variables para medir la eficiencia en la UNAC lo hemos determinado en cuatro (4) de los cuales se han identificado como outputs dos (2) que son los outputs de Egresados e Investigación y se tiene como otro input los alumnos matriculados que veremos en el siguiente apartado, por lo que podemos considerar como input docente a los docentes equivalentes a un número de horas dictadas, sin embargo se considera que los docentes nombrados (Principales, asociados y auxiliares) tienen como mínimo un número de horas dictadas de diez (10) que es lo que generalmente realizan y, los docentes contratados se les contrata por un número de horas de dictado que por lo general como mínimo es de diez (10) horas dictadas, por lo que

consideramos el input Docentes como variable homogénea para las facultades de la Universidad Nacional del Callao a todos los Docentes sean estos nombrados o contratados, principales, asociados o auxiliares, realicen o no investigación, dado que tampoco se pretende medir la calidad de la formación profesional o de la investigación realizada.

Para determinar el momento que se toma el dato de esta variable se tiene en cuenta la otra variable input que es alumnos matriculados y el momento de la toma de dato de esta variable de modo que sean comparables y homogéneas entre ellas y en su relación con los outputs.

Aun cuando los estudiantes para lograr ser egresados realizan estudios durante 5 años en la universidad por lo que los egresados pueden ser distintos en cada año dependiendo del número de ingresantes y de las vacantes establecidas en la facultad en cada año, además de los retrasos que se dan con los demás estudiantes, hace que el número de docentes puede ser distinto también en cada año, por lo que podría considerarse si se debe tomar como dato el número de docentes que hubieron en el año de los ingresantes o en el año de los egresados o un promedio de los cinco años o solo un promedio de los docentes del año de los ingresantes y el año de los egresados, sin embargo todas estas variaciones que se pueden dar para la toma de datos no serían coherentes con las otras medidas de las variables inputs u outputs a utilizar y si además conocemos que no hay cambios

significativos en el periodo en el número total de docentes de cada facultad, por lo que tomamos el dato en el año de la investigación de la eficiencia de las facultades.

b. Alumnos matriculados.

Inicialmente se pensó en considerar como input los alumnos ingresantes a la universidad dado que ellos son los que finalmente resultan en los egresados de la universidad cumpliéndose de esta manera con el fin de la formación profesional en la universidad.

Sin embargo finalmente se eligió esta variable de alumnos matriculados como input dado que concurre con el anterior input Docente para la obtención del output de egresados prestando los docentes sus servicios al total de los alumnos, en consecuencia para tener variables comparativas y homogéneas se tiene en cuenta que los docentes no solo brindan sus servicios a los ingresantes que resultan en egresados finalmente en un año determinado sino también a todos los alumnos que están realizando su formación profesional en la universidad. Esta categoría de alumnos matriculados concuerda con el uso como input en los diferentes estudios de investigación realizados.

Si bien en el periodo de estudios de 5 años los estudiantes retrasan o abandonan sus estudios por motivos ajenos a los académicos como salud, familia, vocación etc. los que afectan el output de la facultad, esto no se

tomará en cuenta en el supuesto que todas las facultades presentarían estas mismas restricciones en la misma proporción, por lo que se considera como momento de la toma del dato de esta variable el año 2011 y considerando que en el año se realizan dos (2) semestres académicos cada uno con diferentes números de matriculados, se toma como dato el promedio simple de los alumnos matriculados en cada semestre académico.

3.2. Operacionalización de variables

3.2.1. Formulación de la relación inputs - outputs

Por lo anterior optamos por las siguientes relaciones de los inputs y outputs para medir la eficiencia en la Universidad Nacional del Callao.

Inputs:

- N° de docentes.
- N° de Alumnos matriculados.

Outputs:

- N° de egresados.
- N° de Investigaciones aprobadas.

No se consideran los recursos físicos de infraestructura, teniendo en cuenta que para la formación profesional y la investigación las facultades requieren de distinto equipamiento tanto en cantidad, calidad y avance tecnológico, que distorsionaría la homogeneidad de las distintas unidades de decisión (facultades) de la universidad.

En consecuencia tenemos las variables inputs y outputs para aplicar el modelo DEA y medir la eficiencia de las facultades en la universidad Nacional del Callao en el año 2011 (véase la tabla 3.1.)

Tabla N° 3.1
VARIABLES DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN DE LA UNAC

INPUTS	OUTPUTS
N° ALUMNOS MATRICULADOS	N° EGRESADOS
N° DOCENTES	N° INVESTIGACIONES APROBADAS

3.2.2. Relación entre las variables de la investigación.

Por motivos metodológicos las variables independientes están referenciadas con la letra X y las dependientes con la letra Y, para poder determinar en una fórmula la relación causa-efecto de estas.

a. Identificación de las variables

X = Variable independiente: factores productivos en las facultades de la UNAC

Y = Variable dependiente: Productos de las facultades de la UNAC.

b. Definición de las variables independientes:

X = Factores productivos

X_1 = N° de docentes

X_2 = N° de Alumnos matriculados.

c. Definición de las variables dependientes:

$Y =$ Productos.

$Y_1 =$ N° Egresados

$Y_2 =$ N° Investigaciones aprobadas.

3.2.3. La operacionalización de las variables (véase la tabla 3.2)

Tabla 3.2
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES UNAC

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
X = Variable independiente: Factores productivos de las facultades de la UNAC	$X_1 =$ N° Docentes	N° Docentes por facultad
	$X_2 =$ N° Alumnos matriculados.	N° Alumnos matriculados por facultad
Y = Variable dependiente: Productos de las facultades de la UNAC.	$Y_1 =$ N° Egresados	N° Egresados por facultad
	$Y_2 =$ N° Investigaciones aprobadas	N° Investigaciones Aprobadas por facultad

3.3. Hipótesis General e hipótesis específicas

3.3.1 Hipótesis General

Las facultades de la Universidad Nacional del Callao utilizaron los

recursos de manera eficiente en el año 2011.

3.3.2 Hipótesis Específica

- a. Las facultades de la Universidad Nacional del Callao utilizaron los recursos de manera eficiente en la obtención del número de egresados y del número de investigaciones aprobadas en el año 2011.
- b. Las facultades de la Universidad Nacional del Callao utilizaron los recursos de manera eficiente en la obtención del número de egresados en el año 2011.
- c. Las facultades de la Universidad Nacional del Callao utilizaron los recursos de manera eficiente en la obtención del número de investigaciones aprobadas en el año 2011.

IV. METODOLOGÍA

La metodología empleada para conocer si las facultades de la UNAC gestionaron los recursos que se les asignó en el año 2011 de modo eficiente tuvo en cuenta que la actividad de investigación que se realiza en la universidad redundaba en la calidad de la formación profesional y su difusión en la proyección social de la Universidad.

Para determinar la eficiencia del uso de los recursos hemos utilizado el método de análisis DEA que es el que se utiliza para medir la eficiencia en las entidades del sector público y se ha extendido para las entidades del sector privado. Este método DEA es una técnica no paramétrica, determinista que se basa en la programación matemática.

Con la aplicación del método DEA en la medición de la eficiencia entre las facultades de la universidad nacional del callao y según la orientación de las variables (input-orientado, output-orientado) se determinó la eficiencia relativa de una facultad que es la evaluada en relación a la eficiencia de las demás facultades que sirven como referencia de la facultad evaluada.

La investigación de la medida de eficiencia se realizó con variables comunes a todas las facultades y por tanto reunieron el requisito de ser variables homogéneas tanto en los recursos que se utilizaron como en los productos que obtuvieron, de lo contrario se hubiera efectuado con variables que no eran comparables entre las facultades por ejemplo en las facultades de ingeniería las

unidades cuyos laboratorios y uso de materiales son más sofisticados y de mayor envergadura y por tanto más costosos que en los equipos y materiales de las facultades de ciencias sociales y por tanto hubieran habido elementos distorsionadores en la medición de eficiencia.

Por tanto en las variables elegidas que son comunes y globales como inputs (docentes, alumnos matriculados) y outputs (egresados, investigaciones) se evitó el problema de heterogeneidad que pudieron haberse dado con los otros recursos físicos que utilizaron las unidades que se evaluaron como son las facultades de ciencias sociales e ingenierías.

En la aplicación en el modelo DEA se siguieron las siguientes etapas:

- Se establecieron las unidades de decisión para determinar las medidas de eficiencia como son las facultades de la Universidad Nacional del Callao
- Se identificaron las variables de análisis de los factores productivos – productos con las que realizaron actividades las facultades de la Universidad Nacional del Callao.
- Se formuló la relación inputs-outputs relevantes que determinó el nivel de eficiencia con que trabajan las facultades de la Universidad Nacional del Callao.
- Se identificó el modelo DEA (Data Envelopment Analysis) relevante el DEA-BCC multiplicativa input orientado envolvente y el DEA-BCC multiplicativa output-orientado envolvente por ser el más consistente para determinar la medida de eficiencia.
- Se aplicó el método DEA que determinaron los resultados de la eficiencia en el

uso de los recursos de cada una de las facultades evaluadas de la UNAC, identificándose además la tipología de los rendimientos a escala con que realizaron sus actividades.

- Se analizaron los resultados determinándose las facultades relativamente eficientes y las facultades relativamente ineficientes y su conjunto de referencia formado por las facultades eficientes.
- Se elaboró las conclusiones y recomendaciones que se presentan en la presente Tesis de investigación

4.1 Tipo de Investigación

La investigación es EXPLICATIVA de carácter CUANTITATIVO, NO PARAMÉTRICO, DETERMINISTA y se vale de la PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA DE OPTIMIZACIÓN y,

1. El estudio se realiza teniendo como base los datos observados de la realidad.
2. Busca explicar con objetividad las variables de estudio
3. El análisis es de la realidad empírica de un caso de estudio.
4. La medida de eficiencia de la facultad evaluada es relativa en relación a una o un conjunto de facultades que lograron los mejores resultados que las califican de eficientes.
5. Cuantifica la cantidad mínima de recursos que se necesitan para un nivel de producto o la mayor producción que puede realizarse con un nivel de recursos.

4.2 Diseño de la Investigación

El tipo de diseño es Determinista, no experimental y de corte transversal (Sincrónicas)

El método usado en este trabajo es el inductivo de un estudio cuantitativo que se afrontó de la forma siguiente:

- ✓ Se estableció la relación entre los recursos que se utilizan y los “productos” que se obtienen en cada una de las facultades de la universidad nacional del Callao.
- ✓ Se suministra información de acuerdo al marco teórico y conceptual del trabajo, del uso de los recursos de las facultades y el cumplimiento de sus fines.

4.3 Población y Muestra

La Población se determinó por las unidades de decisión que son las 11 facultades de la universidad nacional del Callao, las que se han analizado en el uso eficiente de los recursos correspondiente al año 2011.

Los datos que se consideraron corresponden a los inputs y outputs que utilizan las facultades que son un total de 4 haciendo un total de 44 observaciones para determinar el nivel de eficiencia de las facultades tanto para la actividad en la formación profesional como en la actividad de investigación.

Respecto a la muestra y, dado que es un estudio de la medición de

eficiencia de una población de once (11) facultades de la universidad y cuatro variables el estudio se efectuó con los cuarenta y cuatro (44) datos correspondientes al año 2011, es decir se analizó con los datos de la población.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Dado que la presente investigación se realiza con datos observados del número de alumnos matriculados y egresados, número de docentes y, número de investigaciones aprobadas y esta información se encuentra en el órgano central de estadística y, del vice-rectorado de investigación de la Universidad Nacional del Callao, se trabaja con fuentes secundarias de información.

Fuente de datos:

- ✓ Boletines de Estadística de la Universidad Nacional del Callao.
- ✓ Información por años, facultad e investigación aprobada que obra en el Vice-rectorado de investigación

Técnicas e instrumentos:

- ✓ La técnica utilizada es la observación y selección de los datos referentes al número de alumnos matriculados, egresados y docentes que las facultades remiten por las facultades la unidad de estadística de la Oficina de Planificación de la Universidad y el número de investigaciones aprobadas que obra en el vice-rectorado de

investigación.

- ✓ El instrumento utilizado es el uso del correo electrónico (e-mail) para la transmisión de datos digitalizados.

4.5 Procedimiento de recolección de datos

Los datos del número de docentes, número de alumnos matriculados y número de egresados correspondientes al año 2011 fueron tomados del Boletín “Estadística Semestral 2011” y “Estadística Anual 2011” que publica la Oficina de Planificación – Unidad de Estadística de la UNAC.

Los datos correspondientes al número de investigaciones que se han aprobado en la universidad nacional del callao fueron proporcionados por la Vice-rectoría de Investigación de la universidad.

Estos datos fueron seleccionados, consistenciados y utilizados en la aplicación de la medida de eficiencia.

4.6 Procesamiento Estadístico y análisis de datos

- ✓ Se realizó mediante el software Solver de Excel que permite el análisis vertical (comparación de datos en un mismo periodo) para determinar la eficiencia relativa del uso de los recursos en las facultades de la Universidad Nacional del Callao.
- ✓ Se efectuaron medidas de eficiencia de equilibrio parcial en las situaciones de input – orientado y output orientado y según rendimientos de escala que nos dio una aproximación de las facultades

que relativamente son eficientes en relación a las demás facultades.

- ✓ Finalmente se efectuó el análisis combinado de inputs y outputs con la aplicación del modelo DEA-BCC input orientado mediante el uso del programa solver de excel.
- ✓ Los resultados de eficiencia de las facultades nos demuestran que de las once (11) facultades nueve son relativamente eficientes en el uso de sus recursos (docentes y estudiantes matriculados) equivalentes al 82% de las facultades de la UNAC; en tanto que la facultad de ingeniería eléctrica es relativamente ineficiente respecto a la eficiencia de la facultad de Ciencias Contables y la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas y, la facultad de Ciencias de la Salud es ineficiente respecto a la eficiencia de la Facultad de ciencias contables y la facultad de ingeniería mecánica.

V. RESULTADOS

Los resultados de la presente investigación se determinaron por el nivel de eficiencia relativa que ha logrado en el año 2011 cada facultad de la Universidad Nacional del Callao; no obstante y, como se ha establecido en el planteamiento teórico esta medida de eficiencia no tiene un estándar teórico con el cual se pueda comparar y establecer la eficiencia alcanzada, en consecuencia la medida de eficiencia de una facultad resultó de comparar su desempeño con el desempeño que logran las otras facultades de la universidad con el uso de los recursos similares que requieren para realizar su actividad de modo que es una eficiencia relativa a la eficiencia que logra el conjunto formado por la facultad o facultades que tienen un mejor desempeño en el uso de sus recursos.

La determinación de la eficiencia relativa que presenta una facultad se efectuó utilizando los siguientes métodos que se distinguen por el número de inputs y outputs utilizados, como sigue:

- La medida de eficiencia relativa en un análisis insumo – producto y a lo más 3 variables, como sigue: 1 input - 1 output, 2 inputs -1 output y 1 input – 2 outputs.

En el primer caso (1 input – 1 output) la eficiencia relativa se midió con la productividad media de la facultad y, la que mejor desempeño obtuvo, es decir, la facultad de mayor productividad es la facultad eficiente, pudiendo estas ser más de una, que sirvió de referencia para las demás facultades que se

consideran relativamente ineficientes. En este primer caso el resultado obedeció a una producción que trabaja con rendimientos constantes a escala.

En el segundo caso las facultades que resultaron eficientes son las que menor uso de recursos utilizaron en el logro de sus “productos”, resultando las demás facultades relativamente ineficientes, operan también con rendimientos constantes a escala.

En el tercer caso las facultades eficientes fueron las que más “productos” lograron con los recursos que utilizaron, al igual que las anteriores su producción se realiza con rendimientos constantes a escala.

- La medida de la eficiencia en un análisis de más de 3 variables, se realizó mediante el método DEA BCC-Multiplicativa Envolvente, tanto input orientado como output orientado con la aplicación del programa SOLVER DE EXCEL motor LP simplex.

En este caso se relacionan 2 inputs – 2 outputs.

Los resultados nos han permitido observar la(s) unidad(es) eficiente(s) o ineficiente(s), las mejoras potenciales, las unidades de referencia y el tipo de rendimiento con el que opera la facultad, rendimiento constante, creciente o decreciente a escala.

5.1 Medidas de eficiencia de las facultades en un análisis insumo – producto con rendimientos constantes a escala y a lo más 3 variables.

5.1.1. 1 input (Docentes) – 1 output (Egresados)

Relacionando el N° de Docentes (input) y el N° de egresados (output), ceteris paribus, podemos establecer si la cantidad de egresados de una facultad es la óptima dado el número de docentes que han intervenido en su formación profesional teniendo como referencia el resultado de las otras facultades para que comparativamente se identifique la facultad o facultades eficientes y las menos eficientes.

En el cuadro N° 5.1 observamos el nivel de eficiencia de las diferentes facultades de la universidad nacional del callao, en una producción de rendimientos constantes a escala, y según los modelos que utiliza input orientado u output orientado, como sigue:

Modelo input-orientado, que responde a la pregunta ¿dado el número de egresados obtenidos cuántos docentes debieron utilizarse?

La facultad que obtiene mayor productividad media y por tanto la más eficiente es la facultad de ciencias contables (FCC) con 5.2 egresados por docente, esta mayor productividad media la define como la facultad que relativamente mejores resultados obtuvo en el número de egresados (266) dado el número de docentes (51) que intervinieron en la formación profesional, considerándose a esta facultad como la unidad eficiente con un indicador de 1.0 y por tanto como la unidad referente para las demás facultades que resultaron con una productividad media menor y por tanto

con una puntuación de eficiencia relativa menor a 1 medida como la productividad media de la facultad evaluada dividida entre la productividad media de la facultad eficiente.

El nivel de eficiencia relativa logrado por la facultad de ciencias contables (FCC) resultó muy superior a las otras facultades, así tenemos que la segunda facultad más eficiente dista de manera significativa con la eficiencia de la FCC, resultando la facultad de ciencias administrativas (FCA) que tuvo una productividad media de 3.6 egresados por docente (5.2 FCC) y una puntuación de eficiencia de 0.6950 es decir que para ser eficiente, en un modelo input orientado, debió disminuir el número de docentes en 30.5% ($1 - 0.695$) o lo que es lo mismo dado los 203 alumnos que egresaron, la FCA con 39 docentes (59 realizaron actividades) pudo haber obtenido un nivel de eficiencia como el de la facultad de ciencias contables (FCC), que representa una reducción de 17 (0.305×56) docentes en un movimiento radial.

También podemos observar que la facultad de ciencias naturales y matemáticas (FCNM) es la menos eficiente (más ineficiente) de todas las facultades con una productividad media de 0.7193 y una puntuación de eficiencia de 0.1379 con lo que pudo haber obtenido su nivel de egresados con una menor planta de docentes en 86% o 49 docentes, o lo que es lo mismo, que pudo haber obtenido los 41 egresados con los servicios de solo 8 docentes y no los 57 que realizaron actividades en el 2011.

Cuadro N° 5.1

EFICIENCIA CON RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA UNAC
1 INPUT (DOCENTES) – 1 OUTPUT (EGRESADOS)

Fa Cul tad	IN PUT	OUT PUT	Productiv Media = Pendte Y/X	Efic. Téc. Relativa 0-Fr/0-Dt	INPUT ORIENTADO			OUTPUT ORIENTADO		
	X =	Y =			Min. input X'	Reducción Input		Max Outp Y'	Aumento Output	
	Doc	Egrs				N°	%		N°	%
FCA	56	203	3.6250	0.6950	39	17	30%	292	89	44%
FCC	51	266	5.2157	1.0000	51	0	0%	266	0	0%
FCE	59	152	2.5763	0.4939	29	30	51%	308	156	102%
FIEE	76	222	2.9211	0.5601	43	33	44%	396	174	79%
FIIS	55	199	3.6182	0.6937	38	17	31%	287	88	44%
FIME	47	129	2.7447	0.5262	25	22	47%	245	116	90%
FIPA	54	131	2.4259	0.4651	25	29	53%	282	151	115%
FIQ	53	104	1.9623	0.3762	20	33	62%	276	172	166%
FCS	48	146	3.0417	0.5832	28	20	42%	250	104	71%
FCNM	57	41	0.7193	0.1379	8	49	86%	297	256	625%
FIARN	37	74	2.000	0.3835	14	23	62%	193	119	161%

Modelo output orientado que responde a la pregunta ¿cuántos egresados pudieron obtenerse dado el número de docentes que utiliza la facultad?

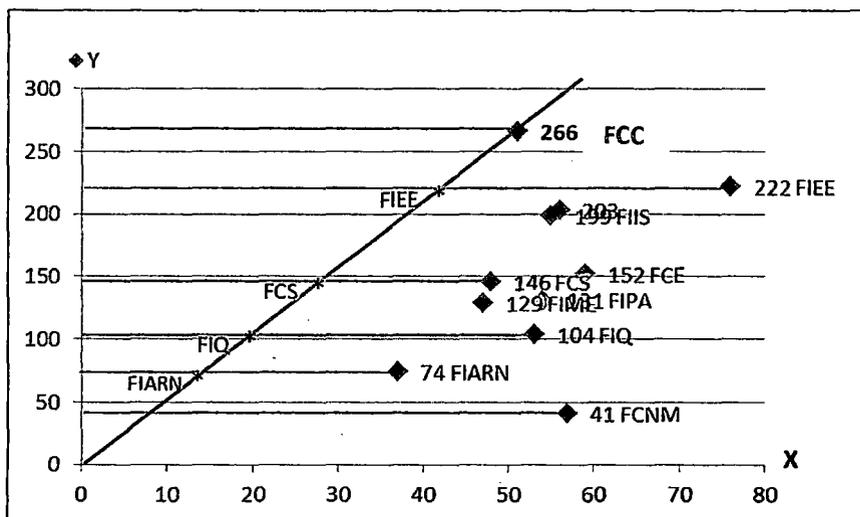
Para responder la pregunta consideramos nuevamente la medida de eficiencia por la productividad media y en una producción de rendimientos constantes a escala por lo que también resulta que la FCC es la facultad eficiente, así tenemos:

La FCA para llegar al nivel de eficiencia de la FCC y dado el número de docentes que utiliza, tendría que haber obtenido 292 egresados (solo obtuvo 203), equivalente a un aumento de 89 el número de egresados (44%).

Asimismo, sobre el resultado de la facultad menos eficiente (más ineficiente) que es la FCNM dado el número de docentes que utilizó (57) pudo haber obtenido 297 egresados (solo obtuvo 41 egresados), es decir, aumentando en 256 el número de egresados (86% de aumento en un movimiento radial).

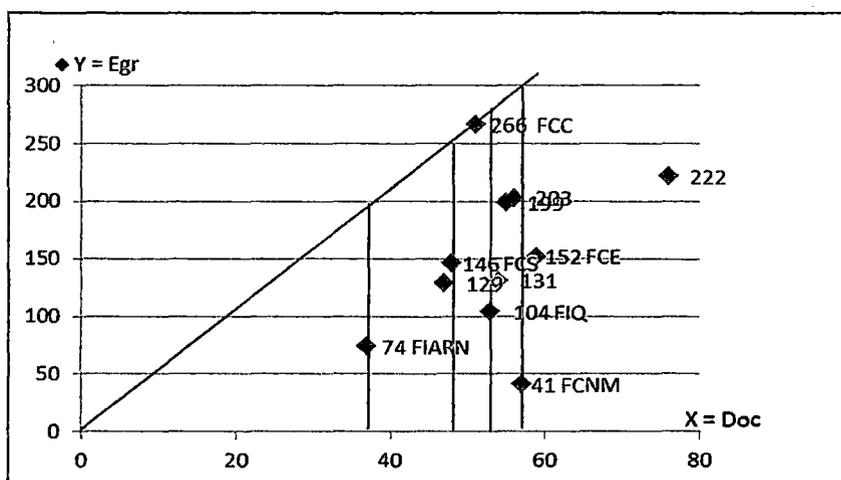
En el gráfico 5.1 se observa el movimiento radial de disminución de recursos dado el número de outputs (input orientado), la FCC se ubica en la frontera eficiente en tanto que las demás facultades son ineficientes y la que a mayor distancia está de la frontera es la más ineficiente, la medida de eficiencia se da con la distancia horizontal del eje de egresados a la frontera de producción que significa cuántos docentes se tienen que reducir para que la facultad sea eficiente.

Gráfico N° 5.1
 EFICIENCIA CON RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA UNAC
 1 INPUT (DOCENTES) – 1 OUTPUT (EGRESADOS)
 MODELO INPUT-ORIENTADO



En el gráfico 5.2 . se observa el movimiento radial de aumento del output dado el número de inputs (output orientado), la FCC se ubica en la frontera eficiente en tanto que las demás facultades son ineficientes y la que a mayor distancia está de la frontera es la más ineficiente, en este caso la medida es la distancia vertical del eje docentes a la frontera de producción que significa cuantos egresados deben aumentar para que haya eficiencia en las facultades.

Gráfico N° 5.2
 EFICIENCIA CON RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA UNAC
 1 INPUT (DOCENTES) – 1 OUTPUT (EGRESADOS)
 MODELO OUTPUT-ORIENTADO



5.1.2. 1 input (Matriculados) - 1 output (Egresados)

En este caso relacionamos el número de alumnos matriculados con el de los egresados y siempre con el modelo de rendimientos constantes a escala, tenemos que la mayor productividad media y por tanto el nivel de eficiencia en este caso lo obtiene la facultad de Ingeniería Industrial y de sistemas

(FIIS) que con 1,145 matriculados obtiene 199 egresados en tanto que las demás facultades se consideran ineficientes en relación a la FIIS (véase el cuadro N° 5.2).

Así tenemos que en un modelo input orientado, se demostró que la FCA es la menos ineficiente con un nivel de 0.9114 de eficiencia, esta facultad que cuenta con 1,282 matriculados para lograr el nivel de eficiencia de la FIIS requiere reducirlos en 113 (9%) dada la cantidad de 203 egresados que obtuvo, es decir, que pudo haber obtenido los 203 egresados y lograr el nivel de eficiencia solo con 1,168 matriculados (utilizó 1,282 matriculados). Al mismo tiempo, si analizamos la eficiencia en un modelo output orientado dado el número de estudiantes matriculados tenemos que la FCA debería haber obtenido 223 egresados (solo obtuvo 203), es decir, que para ser eficiente en el nivel de la FIIS debió haber aumentado el nivel de egresados en un número de 20 (10% de aumento).

Asimismo, la facultad de ciencias naturales y matemáticas (FCNM) es la más ineficiente con 0.3542 de eficiencia, la misma que para tener el nivel de eficiencia de la FIIS requiere reducir en 430 el número de matriculados que representa el 65% de reducción que requiere realizar la facultad dado la cantidad de 41 egresados que obtiene, es decir que solo requería 236 estudiantes matriculados y no los 666 que realizaron estudios ese año. Aquí también dado el número de 666 de matriculados en la facultad para ser

relativamente eficiente debería haber obtenido 116 egresados (solo obtuvo 41), es decir, debió haber aumentado en 75 el número de egresados (un aumento de 183%).

Cuadro N° 5.2

EFICIENCIA CON RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA UNAC
1 INPUT (MATRICULADOS) – 1 OUTPUT (EGRESADOS)
MODELO INPUT-ORIENTADO Y OUTPUT-ORIENTADO

Fa Cul tad	Input	Out put	Productiv. Media = Pendent $m_i = Y/X$	E.T.R. m_i/m^* = $0-Fr_t/0-Dt$	INPUT ORIENTADO			OUTPUT ORIENTADO		
	X = Matr	Y = Egr			Valor objetivo X'	Reduc. Input		Valor objetivo Y'	Aum. output	
						N°	%		N°	%
FCA	1,282	203	0.1584	0.9114	1,168	113	9%	223	20	10%
FCC	1,984	266	0.1341	0.7716	1531	453	23%	345	79	30%
FCE	1,484	152	0.1024	0.5893	875	609	41%	258	106	70%
FIEE	1,535	222	0.1447	0.8324	1277	257	17%	267	45	20%
FIIS	1,145	199	0.1738	1.0000	1145	0	0%	199	0	0%
FIME	818	129	0.1577	0.9074	742	76	9%	142	13	10%
FIPA	1,054	131	0.1243	0.7155	754	300	28%	183	52	40%
FIQ	1,013	104	0.1027	0.5910	598	414	41%	176	72	89%
FCS	1,054	146	0.1385	0.7970	840	214	20%	183	37	25%
FCNM	666	41	0.0616	0.3542	236	430	65%	116	75	183%
FIARN	872	74	0.0849	0.4883	426	446	51%	152	78	105%

5.1.3. 1 input (Docentes) – 1 output– (Investigación)

Respecto a la eficiencia de las facultades relacionadas con el número de docentes y el número de investigaciones obtenidas, tenemos lo siguiente:

La facultad de Ciencias Económicas FCE se constituye en la facultad más eficiente y por tanto sirve como referencia para medir la eficiencia de las

otras facultades las que resultan relativamente ineficientes.

Así tenemos que la segunda facultad más eficiente (menos ineficiente) es la FIQ con 0.9680 de puntuación de eficiencia con lo que para ser eficiente al nivel de la FCE debió utilizar 2 docente menos (3% de disminución) o aumentar el número de investigaciones en 1 unidad (3% de aumento).

De otro lado, la facultad más ineficiente es la FIARN con 0.3467 de puntuación de eficiencia por lo que para ser eficiente en términos de la FCE en un movimiento input – orientado y dado el número de egresados que obtuvo solo requería de 13 docentes y no de los 37 que realizaron actividades en dicha facultad, es decir, la eficiencia se daría con una disminución de 24 docentes (65% de disminución).

En el mismo cuadro podemos observar la eficiencia (ineficiencia) de las facultades medidos en un movimiento output – orientado así tenemos que la facultad de ingeniería de alimentos y recursos naturales (FIARN) dado el número de 37 docentes que laboran en esta facultad se necesitaría aumentar en 9 el número de investigaciones, es decir que en vez de 5 investigaciones sean 14 las realizadas que representaría un 188% de aumento con lo cual se lograría obtener el nivel de eficiencia similar al de la FCE.

La FCA en cambio para ser eficiente al nivel de la FCE requeriría aumentar el número de investigaciones solamente en 5 unidades es decir un 28% de aumento.

Cuadro N° 5.3

EFICIENCIA CON RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA UNAC

1 INPUT (DOCENTES) – 1 OUTPUT (INVESTIGACIÓN)

MODELO INPUT-ORIENTADO Y OUTPUT-ORIENTADO

Facultad	In Put X = Doc	Out Put Y = Inv	Pendiente = Productiv. Media $m_i = Y/X$	Efic. Téc. . Relativa $m_i/m^* =$ (0-Frt)/ (0-Dt)	INPUT ORIENTADO			OUTPUT ORIENTADO		
					Valor Objetivo X'	Reduc. Input		Valor Objetivo Y'	Aumento Output	
						Nº	%		Nº	%
FCA	56	17	0.3036	0.7787	44	12	22%	22	5	28%
FCC	51	9	0.1765	0.4527	23	28	55%	20	11	121%
FCE	59	23	0.3898	1.0000	59	0	0%	23	0	0%
FIEE	76	14	0.1842	0.4725	36	40	53%	30	16	112%
FIIS	55	17	0.3091	0.7929	44	11	21%	21	4	26%
FIME	47	11	0.2340	0.6004	28	19	40%	18	7	67%
FIPA	54	20	0.3704	0.9501	51	3	5%	21	1	5%
FIQ	53	20	0.3774	0.9680	51	2	3%	21	1	3%
FCS	48	8	0.1667	0.4275	21	27	57%	19	11	134%
FCNM	57	14	0.2456	0.6301	36	21	37%	22	8	59%
FIARN	37	5	0.1351	0.3467	13	24	65%	14	9	188%

5.1.4. 2 inputs (matriculados y docentes) y 1 output (egresados)

En este caso el modelo es input-orientado, hay dos (2) facultades eficientes y son la FIIS que presenta el menor número de matriculados por egresado y la FCC que presenta el menor número de docentes por egresado en la universidad nacional del callao. Estas facultades conforman la frontera eficiente de las relaciones $X = \text{Matriculados/egresados}$ e $Y = \text{Docentes/egresados}$ y la frontera de producción es determinada además con las prolongaciones paralelas a los ejes, por lo que las demás facultades que

están por encima de la frontera se consideran ineficientes en el uso de los recursos docentes y matriculados para lograr el nivel de egresados

Para que las unidades ineficientes lleguen a ser eficientes al nivel de las facultades FIIS y FCC, deberían reducir el número de docentes y matriculados en un porcentaje igual a uno menos el nivel de eficiencia alcanzado (movimiento radial).

La facultad de Ciencias Administrativas (FCA) que es la menos ineficiente con una puntuación de eficiencia relativa de 0.9538, para lograr la eficiencia y dado el número de 203 egresados que obtiene debió haber reducido sus inputs en 4.62% ($1 - 0.9538$) en un movimiento radial, que significa una reducción en un número de tres (3) docentes y cincuentinueve (59) matriculados es decir, debió haber utilizado solo 53 docentes y 1,222 matriculados (utilizó 56 docentes y 1,281 matriculados).

Asimismo la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas (FCNM) que es la más ineficiente debió reducir el recurso docente en 64.58% en un movimiento radial y además disminuir en 2 el recurso docente en un movimiento de holgura, con lo que la reducción es en número de 18 docentes y 420 matriculados que le permitiría alcanzar una eficiencia al nivel de la FCC utilizando solo 19 docentes y 452 docentes.

En el cuadro N° 5.4 se puede observar para cada facultad el nivel de eficiencia relativa alcanzado, el número de reducciones que corresponden a

cada recurso (matriculado y docente) para lograr el nivel de eficiencia y los valores objetivos que son la cantidad de recursos que debería haber utilizado dado el número de egresados obtenidos.

Cuadro N° 5.4

EFICIENCIA CON RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA UNAC
2 INPUTS (MATRICULADOS Y DOCENTES) – 1 OUTPUT (EGRESADOS)
MODELO INPUT-ORIENTADO

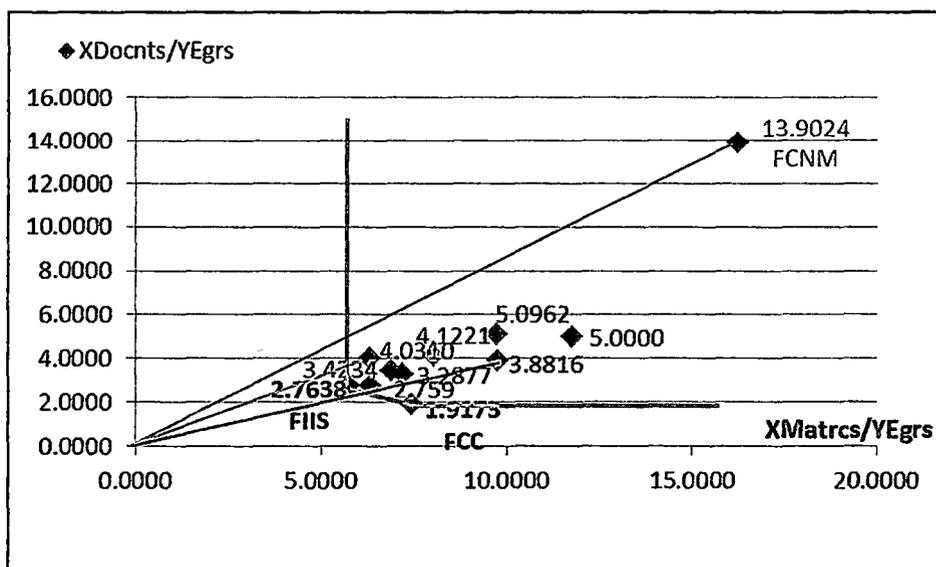
FACUL TAD	X	Y	Eficie ncia	Mov. Holgura (menos docents)	Reducciones		Valores Objetivos	
	$X_{matrcs}/$ Y_{Egrs}	$X_{Doents}/$ Y_{Egrs}			Matri cu lados	Docen tes	Matri cu lados	Docen tes
FCA	6.3128	2.7586	0.9538	0	59	3	1222	53
FCC	7.4568	1.9173	1.0000	0	0	0	1984	51
FCE	9.7632	3.8816	0.6439	0	529	21	955	38
FIEE	6.9122	3.4234	0.8199	0	276	14	1258	62
FIIS	5.7538	2.7638	1.0000	0	0	0	1145	55
FIME	6.3411	4.0310	0.9074	0.8938	77	5	741	47
FIPA	8.0420	4.1221	0.6926	0	324	17	730	37
FIQ	9.7356	5.0962	0.5660	0	439	23	573	30
FCS	7.2192	3.2877	0.8179	0	192	9	862	39
FCNM	16.2439	13.9024	0.3542	2.1606	432	37	234	20
FIARN	11.7838	5.0000	0.5180	0	420	18	452	19

X = N° de matriculados por egresado

Y = N° de docentes por egresado

En el gráfico 5.3 se observa la frontera de producción eficiente y las facultades eficientes como las ineficientes donde las facultades que están en la frontera son las eficientes en tanto la que se encuentra más alejada de la frontera es la menos eficiente (más ineficiente).

Gráfico N° 5.3
 EFICIENCIA CON RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA UNAC
 2 INPUTS (MATRICULADOS Y DOCENTES) – 1 OUTPUT (EGRESADOS)
 MODELO INPUT-ORIENTADO



5.1.5. 1 input (docentes) y 2 outputs (egresados e investigaciones)

Este caso que es de un modelo output-orientado y de rendimientos constantes a escala determina, que las facultades FIIS, FCE y FCC son las facultades eficientes al tener una puntuación de 1.0 (véase el cuadro N° 5.5), en tanto que las otras facultades con una puntuación menor a 1.0 se consideran comparativamente ineficientes en el uso de los recursos.

Así tenemos que la facultad relativamente menos ineficiente la FCA para obtener el nivel de eficiencia del conjunto de facultades de referencia tendría que haber aumentado en 2 el número de egresados, en consecuencia

haber obtenido 205 egresados (solo obtuvo 203) en tanto que las 17 investigaciones obtenidas si son óptimas en esta facultad.

También, resultó que la facultad relativamente más ineficiente (menos eficiente) es la Facultad de Ingeniería de Alimentos y Recursos Naturales (FIARN) requiere haber aumentado en 37 el número de egresados y en 3 el número de investigaciones debiendo haber obtenido 111 egresados y 8 investigaciones, cantidad mayor a la realmente obtenida de 74 egresados y 5 investigaciones.

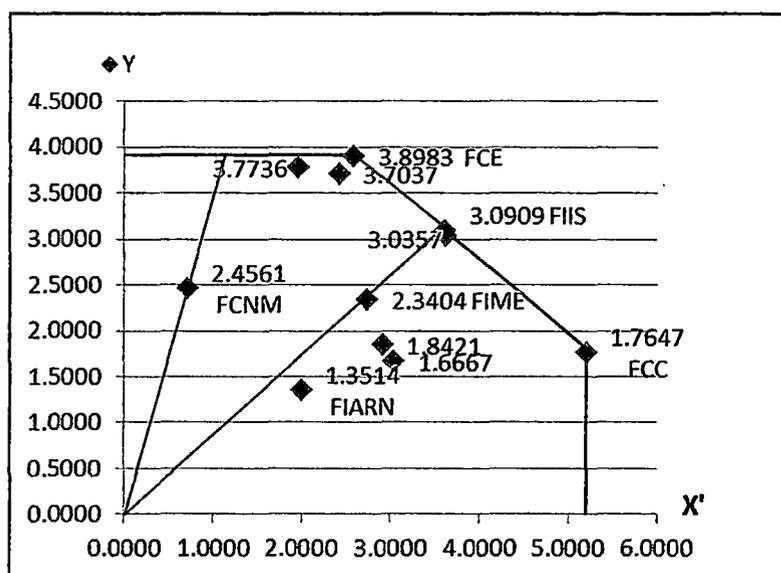
Cuadro N° 5.5

EFICIENCIA CON RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA UNAC
1 INPUT (DOCENTES) – 2 OUTPUTS (EGRESADOS E INVESTIGACIONES)
MODELO OUTPUT-ORIENTADO

FACUL TAD	X	Y	Efi- cencia	Mov. Holgura (menos docents)	Aumen- tos		Valores objetivos	
	$\frac{Y_{Egrs}}{X_{Docents}}$	$\frac{Y_{Inests}}{X_{Docents}}$			Egre- sados	Inves- tigacs	Egre- sados	Inves- tigacs
FCA	3.6250	3.0357	0.9919	0.0	2	0	205	17
FCC	5.2157	1.7647	1.0000	0.0	0	0	266	9
FCE	2.5763	3.8983	1.0000	0.0	0	0	152	23
FIEE	2.9211	1.8421	0.7001	0.0	67	4	289	18
FIIS	3.6182	3.0909	1.0000	0.0	0	0	199	17
FIME	2.7447	2.3404	0.7579	0.0	31	3	160	14
FIPA	2.4259	3.7037	0.9501	0.0	7	1	138	21
FIQ	1.9623	3.7736	0.9680	0.5	4	1	108	21
FCS	3.0417	1.6667	0.6878	0.0	46	2	192	10
FCNM	0.7193	2.4561	0.6301	1.4	17	7	58	21
FIARN	2.0000	1.3514	0.4942	0.0	37	3	111	8

Las facultades eficientes se ubican en la línea de la frontera eficiente que representa la puntuación 1.0 y las ineficientes debajo de la frontera con una puntuación de eficiencia menor a 1.0 que se mide por la distancia de la recta que parte del origen al dato observado dividida por la distancia de la misma recta prolongada hasta la frontera eficiente en una medida de movimiento radial, asimismo si la recta prolongada llega solo a la línea auxiliar (paralela a X o paralela a Y) habría que agregarle un movimiento de holgura.

Gráfico N° 5.4
 EFICIENCIA CON RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA UNAC
 1 INPUT (DOCENTES) – 2 OUTPUT (EGRESADOS, INVESTIGACIONES)
 MODELO OUTPUT-ORIENTADO



5.2 Modelo DEA BCC - Envolvente

5.2.1. Modelo DEA BCC – Multiplicativa Input-Orientado 2 Inputs (Docentes, Matriculados) – 2 Outputs (Egresados, Investigaciones)

Este modelo mide la eficiencia técnica pura que es la eficiencia técnica neta de cualquier efecto a escala. En la medida de eficiencia con este modelo tenemos que en la universidad nacional del Callao nueve facultades presentan eficiencia en el uso de los recursos (matriculados y docentes) y dos facultades son ineficientes (véase el cuadro N° 5.6 y gráfico 5.5).

Las facultades relativamente eficientes son aquellas que presentan una puntuación de eficiencia igual a uno (1) y las intensidades que proporcionan las otras facultades (λ_i) así como las holguras son nulas, dichas facultades eficientes son FCA, FCC, FCE, FIIS, FIME, FIPA, FIQ, FCNM y FIARN.

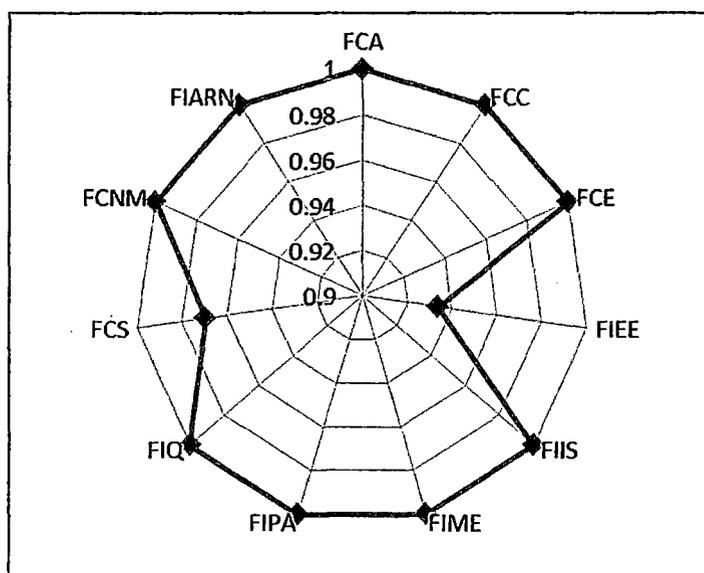
Las facultades relativamente ineficientes son aquellas que presentan una puntuación menor a uno (1) como la FIEE que tiene una puntuación de eficiencia de 0.933753 y su conjunto de referencia está formado por las facultades que presentan intensidades no nulas (mayor a cero) como son la FCC y FIIS y con valor de holgura en el output 2 que sin embargo al ser de 0.2 es desestimable y valor de holgura en el input 1 con 17 unidades; asimismo, presenta una ineficiencia relativa la FCS con una puntuación de 0.969619 en un movimiento radial teniendo como conjunto de referencia las FCC, FIME y FIARN y movimiento de holgura solo en el output 2 con un valor de dos (2) unidades.

También apreciamos que en cada facultad evaluada la suma de los λ es igual a 1 por tanto operan localmente con rendimientos constantes a escala.

Cuadro N° 5.6
 MODELO DEA – BCC INPUT ORIENTADO ENVOLVENTE UNAC
 FACULTADES EFICIENTES E INEFICIENTES

	FCA	FCC	FCE	FIEE	FIIS	FIME	FIPA	FIQ	FCS	FCNM	FIARN
Thita	1	1	1	0.933753	1	1	1	1	0.969619	1	1
λ_{FCA}	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FCC}	1.53E-16	1	2.22E-16	0.343284	0	0	0	0	0.169744	0	0
λ_{FCE}	8.33E-17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FIEE}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FIIS}	1.22E-15	0	0	0.656716	1	0	0	0	0	0	0
λ_{FIME}	0	0	0	3.47E-18	0	1	0	0	0.716529	0	0
λ_{FIPA}	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
λ_{FIQ}	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1.11E-16
λ_{FCS}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ_{FCNM}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.39E-17
λ_{FIARN}	0	0	1.11E-16	0	0	0	0	0	0.113727	0	1
Sy1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sy2	0	0	0	0.253731	0	0	0	0	1.97815	0	0
Sx1	0	0	1.78E-15	17.33833	0	0	0	1.3E-15	1.78E-15	0	8.88E-16
Sx2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Suma λ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Gráfico N° 5.5
 MODELO DEA-BCC
 INPUT ORIENTADO
 ENVOLVENTE UNAC.



a. Los valores objetivos de las facultades relativamente ineficientes.

En la corrida de Solver de Excel para determinar la eficiencia relativa de cada Facultad en comparación con los recursos y resultados de las otras facultades (véase el Cuadro N° 5.7), se identifica que la FIEE para lograr el nivel de eficiencia del conjunto de referencia como son las facultades FCC y la FIIS y dado el resultado obtenido de 222 egresados y 14 investigaciones que además es su valor objetivo debió haber utilizado menor cantidad de inputs de sólo 54 docentes (76 utilizados) y 1433 matriculados (1535 utilizados), sinembargo utilizó más inputs en 12 docentes y 102 matriculados en tanto que la FCS debe utilizar menos recursos de solo 47 docentes y 1022 matriculados (utilizó 48 docentes y 1054 matriculados).

Cuadro N° 5.7

VALORES OBJETIVO DE LAS FACULTADES
RELATIVAMENTE INEFICIENTES UNAC

Facultad	Valores Objetivos				Valores Observados			
	Input		Output		Input		Output	
	X1	X2	Y1	Y2	X1	X2	Y1	Y2
FIEE	53.63	1432.84	222	14.25	76	1535	222	14
FCS	46.54	1021.98	146	9.98	48	1054	146	8

b. La mejora potencial de las facultades relativamente ineficientes

Los valores objetivos de las facultades relativamente ineficientes se lograron mediante un movimiento radial y un movimiento de holgura que sumados determinan la mejora potencial que se debió darse en los inputs y outputs

para lograr el nivel de eficiencia de las facultades que conforman su conjunto de referencia.

El movimiento radial que debieron realizar las facultades relativamente ineficientes determinaron el nivel de reducción de la cantidad de inputs utilizados dado un nivel de outputs y un movimiento de holgura que determinaron la cantidad de reducción de los inputs observados y el aumento de la cantidad de los outputs observados para lograr el nivel de eficiencia del conjunto de referencia formados por las facultades relativamente eficientes (véase el cuadro N° 5.8).

Así tenemos que la FIEE pudo haber sido eficiente utilizando menos recursos, el input 1 (docentes) en 5 unidades y el input 2 (matriculados) en 101 unidades en un movimiento radial y además por movimiento de holgura reduciendo el input 1 en 17 docentes haciendo un total de reducción del input 1 de 22 docentes que es el 29.44% de reducción, asimismo por movimiento radial reduciría el input 2 en 101 matriculados equivalente al 6.62% de reducción en este caso el movimiento de holgura es nulo siendo la reducción total de este input igual al movimiento radial y, un aumento por movimiento de holgura del output 2 de 0.25 que es desestimable dado que no llega a la unidad, de este modo las reducciones de los inputs tanto por un movimiento radial sumado al movimiento de holgura constituyen la mejora potencial para que la FIEE hubiera logrado la eficiencia al nivel de su

conjunto de referencia dado el número de egresados y de investigaciones obtenidas en el 2011.

Del mismo modo la FCS, para obtener el nivel de eficiencia relativo a su conjunto de referencia y dado los resultados obtenidos debió haber utilizado menos recursos en el input 1 (docentes) en 2 unidades y en el input 2 (matriculados) en 32 unidades por un movimiento radial y, además por un movimiento de holgura debe aumentar el output 2 (investigaciones) en 2 unidades, lo cual hace que la mejora potencial sea de una reducción de 2 docentes que representa el 3.04% de reducción y 32 matriculados que también representa el 3.04% de reducción y un aumento de 2 investigaciones equivalente al 24.73% de aumento.

Cuadro N° 5.8

MEJORAS EN LAS UNIDADES INEFICIENTES (CANTIDADES) UNAC

Facultad	ETP (θ^*)	Mejora Potencial				Movimiento Radial		Movimiento de holgura			
		Input		Output		Input		Input		Output	
		X1	X2	Y1	Y2	X1	X2	X1	X2	Y1	Y2
FIEE	0.93	-22.37	-101.66	0	0.25	-5.03	-101.66	-17.3	0	0	0.25
FCS	0.97	-1.46	-32.02	0	1.98	-1.46	-32.02	-1.8E-15	0	0	1.98

5.2.2. Modelo DEA BCC – Multiplicativa Output-Orientado 2 Inputs – 2 outputs (Docentes, Matriculados – Egresados, Investigaciones).

Este modelo mide la eficiencia relativa de las facultades buscando conocer el mejor logro que puede obtener dado los recursos que dispone, la eficiencia

también se mide con una puntuación de 1 y con los valores de intensidades y de holguras igual a 0, en tanto que la ineficiencia se mide con una puntuación menor a 1 y con valores de intensidades mayores a cero en su conjunto de referencia y además pueden haber valores de holgura para cada input y para cada outputs (véase cuadro N° 5.9 y Gráfico 5.6), la suma de los movimientos radiales y el movimiento de holgura resulta en el valor objetivo que debe obtener la facultad para que sea eficiente.

Con la corrida de este modelo output-orientado envolvente se repiten las nueve facultades eficientes con una puntuación de 1.0 son FCA, FCC, FCE, FIIS, FIME, FIPA, FIQ, FCNM y FIARN operando con rendimientos constantes a escala al igual que el resultado del modelo input-orientado envolvente.

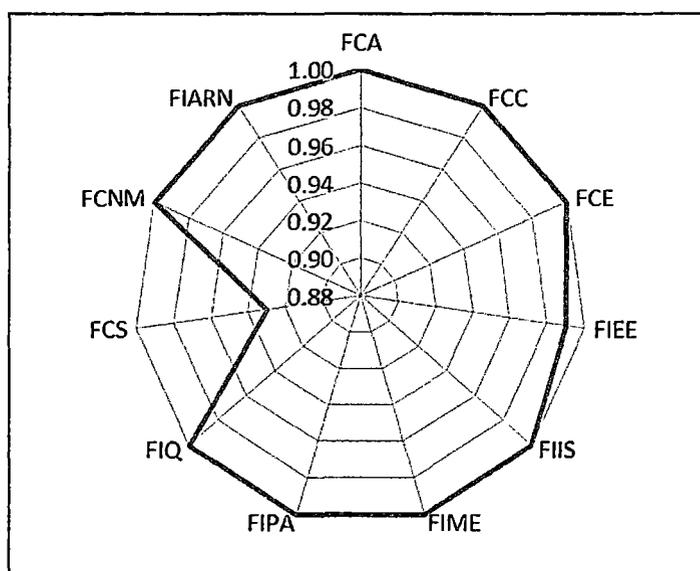
Las facultades relativamente ineficientes son dos la FIEE y FCS, y tienen una puntuación menor a 1.0.

La FIEE tiene una puntuación de eficiencia de 0.986270872 (0.933753 en el modelo input orientado envolvente) esta puntuación de eficiencia representa el movimiento radial que debió realizar la facultad para reducir sus inputs, además se observa su conjunto de referencia que está formado por las facultades que presentan intensidades no nulas o mayor a cero (0) como son la FCC y FCA (FCC y FIIS en el modelo anterior).

Cuadro N° 5.9
 MODELO DEA – BCC OUTPUT ORIENTADO ENVOLVENTE
 FACULTADES EFICIENTES E INEFICIENTES UNAC

	FCA	FCC	FCE	FIEE	FIIS	FIME	FIPA	FIQ	FCS	FCNM	FIARN
Fi	1	1	1	1.01	1	1	1	1	1.08	1	1
ETP = 1/fi	1	1	1	0.9863	1	1	1	1	0.926	1	1
LFCA	1	0	0	0.65	0	0	0	0	0	0	0
LFCC	0	1	1.1E-16	0.35	0	0	1.5E-16	0	0.19	0	2.8E-17
LFCE	0	0	1	0	2.8E-17	0	0	0	1.3E-16	0	0
LFIEE	0	0	0	1.1E-16	2.5E-16	2.8E-16	0	0	0	0	1.1E-16
LFIS	0	0	0	0	1	0	0	0	0.03	0	0
LFIME	0	0	0	0	2.2E-16	1	0	0	0.78	0	0
LFIPA	0	0	0	0	0	0	1	0	2.5E-17	0	0
LFIQ	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
LFCS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LCNM	0	0	5.6E-17	0	0	1.4E-16	4.4E-16	0	0	1	0
LFIARN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Sy1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sy2	0	0	0	0	0	0	0	0	2.14	0	0
Sx1	0	0	0	21.75	0	0	0	0	0	0	0
Sx2	0	0	0	6.85	0	0	0	0	0	0	0
$\Sigma \lambda$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Gráfico N° 5.6
 MODELO DEA – BCC
 OUTPUT ORIENTADO
 ENVOLVENTE UNAC.
 EFICIENCIA DE
 FACULTADES



Finalmente la FIEE presenta sus valores de holgura en el input 1 con 22 unidades (docentes) y de 7 unidades en el input 2 (matriculados); asimismo, presenta una ineficiencia relativa la FCS con una puntuación de eficiencia de 0.926 (0.969619 en input orientado envolvente) en un movimiento radial teniendo como conjunto de referencia las FCC, FIIS y FIME (FCC, FIME y FIIS en el modelo anterior) y movimiento de holgura solo en el output 2 con un valor de dos (2) unidades (investigaciones)

a. Los valores objetivos de las facultades relativamente ineficientes.

Los valores objetivos determinados con el programa Solver de Excel para la unidad evaluada y en lo relacionado a las facultades ineficientes (véase el Cuadro N° 5.10), se identifica que la FIEE para lograr el nivel de eficiencia del conjunto de referencia la FCC y la FCA y debería haber obtenido 225 egresados y 14 investigaciones superior en 3 egresados a los que obtuvo en el año 2011 y además haber utilizado solo 54 docentes y 1528 matriculados inferior a los 76 docentes y 1535 matriculados utilizados.

Asimismo, la FCS para ser eficiente al nivel de la FCC, FIIS y FIME que es su conjunto de referencia dado los recursos utilizados de 48 docentes y 1054 matriculados debió haber obtenido 158 egresados y 11 investigaciones superior en 12 egresados a los 146 egresados obtenidos y en 3 investigaciones a las 8 investigaciones obtenidas.

Cuadro N° 5.10
**VALORES OBJETIVO DE LAS FACULTADES
 RELATIVAMENTE INEFICIENTES – OUTPUT
 ORIENTADO ENVOLVENTE UNAC**

Facultad	Valores Objetivos				Valores Observados			
	Input		Output		Input		Output	
	X1	X2	Y1	Y2	X1	X2	Y1	Y2
FIEE	54.25	1527.65	225.09	14.19	76	1535	222	14
FCS	48	1054	157.61	10.78	48	1054	146	8

b. La mejora potencial de las facultades relativamente ineficientes

La mejora potencial es la diferencia de los valores objetivos y los valores observados de la facultad relativamente ineficiente se logra mediante un movimiento radial y un movimiento de holgura que se daría en los inputs y outputs para lograr el nivel de eficiencia de las facultades que conforman su conjunto de referencia.

Así tenemos que la FIEE (véase el cuadro N° 5.11) por movimiento radial aumentaría el output 1 en 3 egresados siendo irrelevante el aumento del output 2 que son las investigaciones y además por movimiento de holgura reducir el input 1 en 22 docentes y una reducción del input 2 de 7 matriculados, con lo que la mejora potencial es aumentar los outputs en 3 egresados y reducir los inputs en 22 docentes y 7 matriculados. Este resultado nos demuestra que el número de docentes y el número de matriculados no guarda relación como para que su combinación se traduzca en una mejora en los outputs de egresados y de investigaciones,

evidenciándose un número importante de docentes para tan pocos matriculados.

Del mismo modo la FCS, para obtener el nivel de eficiencia relativo debería aumentar por un movimiento radial el output 1 en 12 docentes y el output 2 en 1 investigación que además debe aumentar por un movimiento de holgura el output 2 en 2 investigaciones, lo cual hace que la mejora potencial sea de un aumento de 12 docentes y 3 investigaciones.

Cuadro N° 5.11

MEJORAS EN LAS UNIDADES INEFICIENTES
(CANTIDADES) OUTPUT ORIENTADO ENVOLVENTE UNAC

Facultad	ETP (θ^*)	Mejora Potencial				Movimiento Radial		Movimiento de holgura			
		Input		Output		Output		Input		Output	
		X1	X2	Y1	Y2	Y1	Y2	X1	X2	Y1	Y2
FIEE	1.01	-21.75	-6.85	3.09	0.19	3.09	0.19	-21.75	-6.85	0	0
FCS	1.08	0	0	11.61	2.78	11.61	0.64	0	0	0	2.14

En términos porcentuales el aumento en los outputs egresados e investigaciones es de 1.39% y la reducción del input docente es 28.6% en la FIEE (véase cuadro 5.12).

En el mismo cuadro se observa que en términos porcentuales la FCS para lograr la eficiencia debió tener un mayor número en el output egresado del 7.95% y en el output investigaciones del 34.7% en la FCS (véase cuadro 5.12) no requiriendo reducir algún input.

Cuadro N° 5.12

Mejora potencial de unidades ineficientes.
OUTPUT ORIENTADO ENVOLVENTE UNAC
(%)

Facultad	Input		Output	
	X1 (Docn)	X2 (Almn)	Y1 (Egres)	Y2 (invst)
FIEE	-28.62%	-0.45%	1.39%	1.39%
FCS	0.00%	0.00%	7.95%	34.70%

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contratación de hipótesis con los resultados

- Contratación de las hipótesis específicas con los resultados.
 - Frente a la hipótesis “c. Las facultades de la Universidad Nacional del Callao utilizaron los recursos de manera eficiente en la obtención del número de investigaciones aprobadas en el año 2011”

La evidencia nos muestra que la eficiencia relativa medida con la productividad media (número de investigaciones por un docente) presenta una puntuación eficiente de 1, solo para la facultad de ciencias económicas FCE (véase cuadro 6.1) que resulta eficiente en el uso de los recursos por la mejor productividad media que tiene de 0.39 investigaciones por docente.

Las demás facultades son ineficientes en relación a la facultad eficiente FCE donde la facultad menos ineficiente o la segunda más eficiente es la facultad de Ingeniería química con una puntuación de eficiencia relativa de 0.97 y la más ineficiente es la facultad de ingeniería ambiental y de recursos naturales FIARN con una puntuación de 0.35.

En este caso no se ha considerado realizar una medida de eficiencia en una relación input – output de los alumnos matriculados y la producción de investigaciones teniendo en cuenta que en la universidad nacional del callao los estudiantes no hacen investigación.

Cuadro N° 6.1
**EFICIENCIA RELATIVA EN EL LOGRO DE
 INVESTIGACIONES UNAC
 RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA**

Facultad	investigaciones/Docentes	
	Productividad media	Eficiencia
FCA	0.3036	0.7787
FCC	0.1765	0.4527
FCE	0.3898	1
FIEE	0.1842	0.4725
FIIS	0.3091	0.7929
FIME	0.234	0.6004
FIPA	0.3704	0.9501
FIQ	0.3774	0.968
FCS	0.1667	0.4275
FCNM	0.2456	0.6301
FIARN	0.1351	0.3467

- Frente a la hipótesis específica “b. Las facultades de la Universidad Nacional del Callao utilizaron los recursos de manera eficiente en la obtención del número de egresados en el año 2011”, de los resultados obtenidos y de acuerdo a las medidas de eficiencia relativa utilizadas en una producción de rendimientos constantes a escala y según la productividad media de las facultades solo las Facultades de Ciencias Contables (FCC) y la Facultad de Ingeniería de Informática y de Sistemas (FIIS) son las que mejor utilizan el recurso docente en la obtención del número de egresados, la puntuación de eficiencia relativa de estas

facultades es igual a 1 (véase el cuadro 6.2), en tanto que las demás facultades se consideran ineficientes relativamente a las facultades FCC y FIIS, siendo la menos ineficiente la facultad de ciencias administrativas FCA con una puntuación de 0.9539 y la más ineficiente la facultad de ciencias naturales y matemáticas FCNM con una puntuación de eficiencia relativa de 0.3542.

También podemos observar que la FCC tiene mejor productividad media en la obtención de egresados con el uso del recurso docente siendo la relación de 5.2 egresados por docente, asimismo, la FIIS es la que mejor productividad media tiene de 0.17 egresados por alumno matriculado.

Cuadro N° 6.2
EFICIENCIA RELATIVA EN LA OBTENCIÓN DE EGRESADOS UNAC
RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA

Facultad	Egresados/Dcentes		Egresados/Matriculados		Uso medio del recurso		
	Productiv. media	Eficiencia	Productiv. Media	Eficiencia	Docnts x egres	Matrs x egres	Eficiencia
FCA	3.625	0.695	0.1584	0.9114	0.27586	6.3128	0.9538
FCC	5.2157	1.0000	0.1341	0.7716	0.19173	7.4568	1.0000
FCE	2.5763	0.4939	0.1024	0.5893	0.38816	9.7632	0.6439
FIEE	2.9211	0.5601	0.1447	0.8324	0.34234	6.9122	0.8199
FIIS	3.6182	0.6937	0.1738	1.0000	0.27638	5.7538	1.0000
FIME	2.7447	0.5262	0.1577	0.9074	0.4031	6.3411	0.9074
FIPA	2.4259	0.4651	0.1243	0.7155	0.41221	8.042	0.6926
FIQ	1.9623	0.3762	0.1027	0.5910	0.50962	9.7356	0.5660
FCS	3.0417	0.5832	0.1385	0.7970	0.32877	7.2192	0.8179
FCNM	0.7193	0.1379	0.0616	0.3542	1.39024	16.2439	0.3542
FIARN	2	0.3835	0.0849	0.4883	0.5	11.7838	0.5180

- Frente a la hipótesis específica “a. las facultades de la Universidad Nacional del Callao utilizaron los recursos de manera eficiente en la obtención del número de egresados y del número de investigaciones aprobadas en el año 2011.” los resultados se han determinado mediante dos modelos:

1er. modelo. 1 input (docentes) y 2 outputs (egresados e investigación) que determinaron 3 facultades eficientes como son la FCC, FIIS y FCE con una puntuación de 1 siendo las demás relativamente ineficientes dentro de ellas la más ineficiente la FIARN con una puntuación de eficiencia de 0.4942.

2do. modelo 2 inputs (docentes y matriculados) y 2 outputs (egresados e investigación), este modelo requirió la aplicación del modelo DEA - BCC input-orientado envolvente que nos muestra que las facultades de Ingeniería Eléctrica y Electrónica y la Facultad de Ciencias de la Salud presentan ineficiencia con una puntuación de 0.934 y 0.969 respectivamente en relación a su conjunto de referencia que para la FIEE son la FCC y la FIIS en tanto que para la FCS es la FCC, la FIME y la FIARN.

Asimismo en la aplicación del modelo BCC-DEA output-orientado envolvente los resultados evidencian que también son ineficientes las mismas facultades FIEE con una puntuación de 0.986 y FCS con una

puntuación de 0.926, donde la FIEE tiene como conjunto de referencia a las facultades FCC y la FCA, en tanto que la FCS tiene como conjunto de referencia a las facultades FCC, FIIS y FIME (véase el cuadro N° 6.3).

Cuadro N° 6.3
RESULTADOS DE DEA-BCC ENVOLVENTE UNAC
EFICIENCIA, INTENSIDADES, HOLGURAS

Modelo	Ouput-orientado		Input-orientado	
	FIEE	FCS	FIEE	FCS
ETP	0.9863	0.926	0.9337	0.9696
λ FCA	0.65	0	0	0
λ FCC	0.35	0.19	0.3432	0.1697
λ FCE	0	1.3E-16	0	0
λ FIEE	1E-16	0	0	0
λ FIIS	0	0.03	0.6567	0
λ FIME	0	0.78	3E-18	0.7165
λ FIPA	0	2.5E-17	0	0
λ FIQ	0	0	0	0
λ FCS	0	0	0	0
λ FCNM	0	0	0	0
λ FIARN	0	0	0	0.1137
Sy1	0	0	0	0
Sy2	0	2.14	0.25	1.978
Sx1	21.75	0	17.34	1.78E-15
Sx2	6.85	0	0	0
Suma λ	1	1	1	1

- Contrastación de la hipótesis general con el resultado
 - Frente a la hipótesis general “Las facultades de la Universidad Nacional del Callao utilizaron los recursos de manera eficiente en el año

2011.”

De acuerdo a los resultados parciales y al modelo de análisis DEA-BCC input orientado y DEA – BCC output orientado podemos establecer que la Universidad Nacional del Callao presenta un nivel de eficiencia en el uso de sus recursos en el 82% de sus facultades y un nivel de ineficiencia en el 18% de sus facultades siendo éstas la Facultad de Ciencias de la Salud y la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

6.2 Contratación de resultados con otros estudios similares

Trabajos similares al presente estudio en el que se miden las eficiencias de las facultades dentro de una universidad no se tienen en nuestro país.

A nivel internacional se cuenta con un sinnúmero de trabajos a nivel de departamentos o escuelas entre universidades o dentro de una universidad como son los estudios realizados con la aplicación del método DEA en las universidades españolas, argentinas, colombianas y chilenas.

Los trabajos mencionados, cuyo resumen de inputs y outputs se observan en la tabla 2.12 de la presente investigación (pág. 44), y que se relacionan con la presente investigación difieren en el número de inputs tanto (3 y 4 inputs) como en el tipo de inputs en el que consideran como inputs a los docentes con algunas características diferenciadoras como su dedicación, nivel de titulación o cargo que ocupan; en los alumnos matriculados algunos los consideran otros no; además la mayoría consideran gastos por

funcionamiento, otros gastos de personal, o el presupuesto por departamentos o los ingresos totales; consideran también el número de puestos de biblioteca. De otro lado difiere en los outputs también en el número (2 y 3 outputs) y en el tipo en el que consideran como outputs a los graduados o alumnos matriculados, titulados, trabajando en la profesión etc.; también consideran las investigaciones, tesis, publicaciones científicas, N° de publicaciones o Revistas, libros, becarios o convenciones; además Investigación y desarrollo, Ingresos por Investigaciones. Como se aprecia no existe un patrón de análisis común.

Los inputs y los outputs difieren de los considerados en la presente investigación:

- Por el número de inputs y outputs y cuya suma está en un rango de 5 a 7 con lo que el número de unidades de decisión deben ser como mínimo entre 15 a 21 departamentos o escuelas según la universidad evaluada.
- Por el tipo, dado que los inputs y outputs son elegidos por el investigador según su percepción, la información que dispone y el análisis de los procesos en las unidades de decisión y por tanto los resultados están en función de las variables elegidas.

En los resultados del análisis de la eficiencia realizada según el modelo DEA-BCC input orientado envolvente y DEA-BCC output orientado envolvente y por sus propias características de ser un modelo con datos

observados, siempre se obtienen unidades decisión eficientes (departamentos o escuelas) con una puntuación de 1 y, unidades ineficientes con una puntuación mayor a cero y menor a 1, además para las unidades ineficientes se indican las variaciones que deben tener los inputs y outputs para que logre la eficiencia y, el conjunto de unidades de referencia que pueden ser consideradas como modelo para mejorar la unidad ineficiente.

6.3 Relación de los resultados en unidades físicas y los recursos financieros.

Las medidas de eficiencia determinan para las unidades ineficientes que:

- a. con los mismos inputs puedan lograr un mayor número de outputs lo que implica un mayor ingreso o lo que es lo mismo un mayor beneficio y, de modo similar.
- b. Dado los outputs obtenidos éstos puedan lograrse con menores recursos lo que implica un ahorro en unidades monetarias y por tanto una mejora en el beneficio que se obtiene.

VII. CONCLUSIONES

7.1 De la eficiencia medida con la productividad media.

1. El análisis de eficiencia medida por la productividad media y con rendimientos constantes a escala en el modelo 1 input – 1 output.

Determinó que la FCE es eficiente en el resultado del número de investigaciones por docente; asimismo se ha demostrado que la FCC es eficiente en el resultado del número de egresados por docente; finalmente, la FIIS es eficiente en el resultado del número de egresados por alumno matriculado, habiéndose demostrado que las demás facultades son ineficientes relativamente en cada una de estas medidas.

2. La eficiencia medida con la productividad media y con rendimientos constantes a escala en el modelo de 2 inputs – 1 output.

Este modelo es el de menor uso de recursos dado el nivel de output alcanzado donde se relacionan el número de docentes y el número de matriculados con el número de egresados se demostró que las facultades eficientes son la FCC y FIIS siendo las demás facultades relativamente ineficientes.

3. La eficiencia medida con la productividad media y con rendimientos constantes a escala en el modelo de 2 outputs – 1 input.

Este modelo es el de mayor logro de output dado el nivel de recursos utilizados y se relacionan el número de egresados y el número de

investigaciones con el número de docentes se demostró que las facultades eficientes son la FCC, FIIS y FCE, siendo las demás facultades relativamente ineficientes.

Como se aprecia la eficiencia medida por la productividad media y en una producción con rendimientos constantes a escala se tiene que la FCC y la FIIS son las facultades eficientes en el logro del número de egresados y la FCC, FIIS y FCE son eficientes en el logro combinado del número de egresados y el número de investigaciones, siendo las demás facultades ineficientes en relación a estas facultades.

7.2 De la eficiencia medida con el modelo DEA-BCC envolvente

En este modelo la eficiencia se mide por la combinación de los dos (2) inputs para obtener los dos (2) outputs también de manera combinada determinándose la eficiencia mediante los siguientes modelos: 1. Input orientado y 2. Output orientado.

1. El análisis de eficiencia mediante el modelo DEA – BCC input orientado envolvente. Determinó que las facultades operan con rendimientos constantes a escala, siendo eficientes nueve (9) de ellas que son la FCA, FCC, FCE, FIIS, FIME, FIPA, FIQ, FCNM y FIARN, en tanto que las facultades relativamente ineficientes son dos (2), la FIIE que tiene como conjunto de referencia a la FCA, FCC y, la FCS con su conjunto de referencia FCC, FIIS y FIME.

2. El análisis de eficiencia mediante el modelo DEA – BCC output orientado envolvente. También determinó que las facultades operan con rendimientos constantes a escala, siendo eficientes nueve (9) de ellas que son la FCA, FCC, FCE, FIIS, FIME, FIPA, FIQ, FCNM y FIARN, en tanto que las facultades relativamente ineficientes son dos (2) la FIEE con su conjunto de referencia FCC y FIIS y, la FCS con su conjunto de referencia la FCC, FIME y FIARN.

7.3 El modelo DEA-BCC envolvente y los valores objetivos de las facultades ineficientes.

El análisis de eficiencia con el modelo DEA-BCC envolvente, determinó la ineficiencia en el uso de los recursos de las facultades FIEE y FCS, asimismo determinó los valores objetivos que debieron tener los inputs y outputs de las facultades ineficientes para que estas tengan una puntuación eficiente, éstos valores objetivos en comparación con los datos observados han determinado cuánto debieron reducirse los inputs o aumentarse los outputs de las facultades ineficientes para que tengan una puntuación eficiente, así tenemos:

1. El modelo DEA - BCC input orientado envolvente.

La FIEE para que tenga una puntuación eficiente debió reducir en 22 el número de docentes que utilizó y 102 el número de matriculados que admitió dado el nivel de outputs que obtuvo de 222 egresados y 14

investigaciones;

La FCS para que tenga una puntuación eficiente debió disminuir en 1 el número de docentes que utilizó y en 32 el número de matriculados que admitió y además aumentar en 2 el número de investigaciones que ejecutó.

2. El modelo DEA-BCC output orientado envolvente.

La FIEE para que tenga una puntuación eficiente debió haber reducido en 22 el número de docentes y en 7 el número de matriculados y, aumentar en 3 el número de egresados y,

La FCS debió haber aumentado en 12 el número de egresados y en 3 el número de egresados dado los inputs utilizados.

7.4 La disminución del número de docentes implica un ahorro en los recursos financieros que se orientan al pago de docentes y la disminución del número de matriculados requiere un menor número de docentes por lo que implícitamente también se daría un ahorro de recursos monetarios, y el aumento del número de egresados y de investigaciones determinaría un mayor beneficio para la sociedad en su conjunto, por el lado de los egresados al incrementar el capital humano y por el lado de las investigaciones por la mejora en el conocimiento social del tema tratado y su uso para aumentar el bienestar social.

7.5 RECOMENDACIONES.

7.6 De los resultados del modelo DEA-BCC envolvente

Para precisar las recomendaciones debemos dilucidar lo siguiente:

En el input orientado se prioriza la reducción de los docentes y alumnos matriculados y pretende fijar el número de egresados y de investigaciones realizadas en tanto que en el output orientado se prioriza el aumento del número de egresados y de investigaciones y pretende fijar el número de docentes y alumnos matriculados.

En la universidad reducir el número de docentes y el de alumnos matriculados presenta dificultades por el derecho que les asiste por lo que las recomendaciones se realizan a partir del resultado de la aplicación del modelo DEA-BCC output orientado envolvente que sin embargo determinó:

Para que la FIEE sea eficiente debió reducir en 22 el número de docentes (al igual que el modelo input orientado) y en 7 el número de matriculados y aumentar en 3 el número de egresados

Para que la FCS sea eficiente debió haber aumentado en 12 el número de egresados y en 3 el número de investigaciones con los mismos inputs que utilizó

1. Reducción en 22 el número de docentes (FIEE)

Debemos tener en cuenta que la medida de eficiencia supone que todos

los docentes, tanto de las facultades que forman el conjunto de referencia como de la propia facultad ineficiente, en promedio dedican la misma cantidad de horas a la labor docente (no considera el aspecto cualitativo de la labor pedagógica) y por tanto si esta facultad tiene una puntuación de ineficiente (menor a 1) también supone que presenta una relativa asignación promedio de pocas horas de labor académica por cada docente.

R.1 Reducir el número de docentes, de modo que las horas de labor académica que quedarían descubiertas por esta reducción se redistribuirían entre los docentes que continúan en la facultad y de esta manera la asignación de carga académica por horas mejore y permita a la facultad ser eficiente.

Para aplicar esta recomendación se tiene que fijar el periodo en años en que se cumpliría la reducción que va depender de los otros factores que a continuación se indican: N° de docentes contratados, Periodo de contrato, distribución actual de la carga académica por profesor, potenciales cursos que puede dictar un profesor, N° de docentes funcionarios, etc.

2. Reducción en 7 el número de alumnos matriculados (FIEE)

En este caso la medida de eficiencia supone que todos los alumnos matriculados, tanto de las facultades que forman el conjunto de

referencia y la propia facultad ineficiente, tienen una distribución de alumnos matriculados igual en cada ciclo de estudios o un promedio por ciclo y por tanto si esta facultad tiene una puntuación de ineficiente (menor a 1) también supone que reducir 7 alumnos matriculados implicaría reducir 1 alumno por ciclo de estudio hasta 7 ciclos, no obstante debe considerarse el derecho que le asiste a los alumnos de matricularse en curso hasta un máximo de créditos por lo que se tendría que realizar un análisis alumnos-créditos-cursos para determinar la reducción correspondiente.

R.2 Reducir en siete (7) el número de alumnos matriculados siendo una de las medidas de no aperturar cursos que tengan pocos matriculados hasta que estos sean como mínimo un número equivalente a los ocho (8) alumnos si hay más de un grupo decidir.

3. Aumento en 3 el número de egresados en la FIEE y 12 en la FCS.

Esta variable supone que el número de egresados por año es una proporción de los matriculados y además que las facultades en promedio tienen el mismo número de estudiantes retrasados en sus estudios por ciclo debido a diferentes motivos (enfermedad, trabajo, personales etc.). Asimismo supone que las facultades cuentan con docentes con un similar nivel de exigencia en los estudios y también cuentan con alumnos de similar capacidad intelectual (contenido de conocimientos,

razonamiento crítico, horas de estudio etc.) por lo que se hace necesario se motive a los alumnos para que se refuerce el interés en los cursos de su carrera y que la capacitación del docente sea permanente en la universidad.

R.3 Implementar el periodo introductorio para dotar a los estudiantes de las herramientas básicas necesarias a su carrera, hacerles conocer el diseño y la estructura curricular de su carrera, asimismo las bondades, necesidades, alcances, importancia de su carrera elegida, y motivarlos para ser un profesional sobresaliente.

R.4 Realizar seminarios dirigidos a los docentes que refresquen y actualicen los conocimientos e indiquen las tendencias de la pedagogía con énfasis en la participación activa, orientadora y motivadora del docente en la trasmisión y profundización del conocimiento al estudiante y su correspondiente evaluación.

4. Aumento en 3 el número de investigaciones en la FCS

Para aumentar el número de investigaciones y teniendo en cuenta que éstas son realizadas por los docentes con lo que se determina que es una investigación por docente por lo que se requiere que se incorporen más docentes a realizar investigaciones.

R.5 Capacitar o actualizar a los docentes en cursos de metodología de investigación.

R.6 Otorgar un mayor incentivo a los docentes para efectuar esta labor en beneficio de la facultad y de la sociedad en su conjunto.

R.7 Delimitar las líneas de investigación priorizando la región callao.

R.8 Incentivar la investigación en equipo de modo que se produzcan sinergias y las investigaciones tengan mayores niveles de calidad.

7.7 De los factores de medición en la eficiencia.

Como se indicó en los supuestos que presentan los inputs y outputs utilizados para mejorar la medida de eficiencia es necesario contar con data estadística con mayor detalle y con características comunes de los docentes, estudiantes e investigaciones.

1. De los docentes.

R.9 Elaborar estadística por facultades, escuelas y por ciclos de horas de asignatura y número de horas de labor académica de los docentes, tipo de dedicación (D.E, T.C. y T.P), condición (Ordinario o nombrado, contratado), nivel de titulación (Titulado, Magister, Doctor), N° créditos por curso que imparte; para las reducciones: número de profesores funcionarios y autoridades, año sabático, capacitación oficializada, etc.

2. De los estudiantes

R.10 Elaborar estadística por facultades, escuelas y ciclos de alumnos aprobados, desaprobados y no presentados, asimismo, alumnos

que trabajan a tiempo completo, a tiempo parcial, alumnos con problemas de salud, Créditos y cursos matriculados por ciclos de estudios, etc.

3. De las investigaciones

R.11 Elaborar estadística por facultades y escuelas del número de investigaciones aprobadas, trascendencia y/o originalidad de la investigación, publicaciones en revistas académicas.

4. De las variables de medida de eficiencia

Se han considerado 4 variables (2 inputs y 2 outputs) sin embargo es posible incorporar una variable inputs adicional y para que mantenga la consistencia de la medida de eficiencia (3 veces la suma de variables inputs y outputs es igual al número de unidades de estudio) considerar como unidades de decisión las escuelas.

R.12 Elaborar estadística por facultad y escuela de los gastos que se realizan en los fines académicos y de investigación (laboratorio, biblioteca, salón de clases, útiles de enseñanza etc.)

VIII. REFERENCIALES

1. ALBERTO CATALINA LUCÍA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA. ARGENTINA **Comparación de la eficiencia técnica de las universidades públicas en argentina 2007.**

Disponible en:

www.saece.org.ar/docs/congreso2/alberto_de_azcona.pdf artículo web.

Consultado el 28 de Octubre del 2012.

2. CASTILLO P. JORGE, RODRÍGUEZ H. JOSÉ, HINOSTROZA JUAN, AYVAR C. DOMINGA. UNIVERSIDAD NACIONAL “SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO **La eficiencia técnica, del gasto público en la formación de bachilleres y titulados en la universidad “Santiago Antúnez de Mayolo” periodo 2006 – 2008.** Abril del 2010.

Disponible en:

revistas.concytec.gob.pe/pdf/as/v3n1/a08v3n1.pdf artículo web. Consultado el 05 de Noviembre del 2012.

3. COLL SERRANO, VICENTE Y BLASCO BLASCO, OLGA M, setiembre 2006, **Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos.**

Disponible en:

www.eumed.net/libros/2006c/197/ artículo web consultado el 20 Octubre del 2012.

4. CORIA MARÍA MARTA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA **Eficiencia técnica de las universidades de gestión estatal en Argentina,**

Disponible en:

<http://www.uca.edu.ar/uca/common/grupo83/files/27-Coria.pdf> artículo web consultado el 03 de Noviembre del 2012.

5. FERNANDEZ BACA, JORGE **Microeconomía Teoría y Aplicaciones Tomo I**, Lima, Centro de Investigación Universidad del Pacífico, 2000.
6. GARCÍA CÓRDOBA JOSÉ ANTONIO LÓPEZ HERNÁNDEZ FERNANDO ANTONIO, RUIZ MARÍN MANUEL UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA **Un análisis de la eficiencia de los departamentos de la universidad politécnica de cartagena**,

Disponible en:

www.asepelt.org/ficheros/File/Anales/2003%20-%20Almeria/asepeltPDF/70.PDF artículo web consultado el 12 Noviembre del 2012

7. GÓMEZ SANCHO JOSÉ MARÍA, UNIVERSITAT DE LLEIDA **La evaluación de la eficiencia en las universidades públicas españolas., 2001**

Disponible en:

<http://www.economicsofeducation.com/wp-content/uploads/murcia2001/E01.pdf> artículo web consultado el 3 de diciembre del 2012.

8. GONZALES ARAYA, MARCELA y VERDUGO VÁSQUEZ, GUSTAVO, **Análisis de eficiencia y productividad de las universidades chilenas mediante análisis y encapsulamiento de datos**, 2010.

Disponible en:

<http://www.scielo.org.pe/pdf/as/v3n2/a14v3n2.pdf>

9. MARTÍN RIVERO RAQUEL UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA **La evaluación de la eficiencia técnica. una aplicación del DEA a la Universidad de La Laguna**, (2006)

Disponible en:

<http://www.economicsofeducation.com/wp-content/uploads/granada2006/18.La%20evaluacion%20de%20la%20eficiencia.pdf> artículo web consultado el 11 de diciembre del 2012.

10. Charnes, Cooper y Rhodes (1978): **Medida de la eficiencia de las unidades de decisión**. Revista Europea de Investigación Operativa.
11. NICHOLSON WALTER, **Teoría Microeconómica. Principios básicos y Aplicaciones**, México, Cengage Learning Editores, S.A., Novena Edición, 2006
12. VÁZQUEZ CUETO, MARÍA JOSÉ UNIVERSIDAD DE SEVILLA **Medición de la eficiencia de las universidades públicas españolas: Combinación de la metodología DEA con PCA**.

Disponible en:

www.uv.es/asepuma/XV/comunica/704.pdf artículo web consultado el 13 de diciembre del 2012.

13. VÁZQUEZ ROJAS ANGÉLICA MARÍA, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID **Estudio sobre la Eficiencia técnica de las universidades públicas presenciales españolas**, Junio 2010.

Disponible en:

www.doredin.mec.es/documentos/01520113000098.pdf artículo consultado el

12 Diciembre del 2012

Disposiciones Legales

14. Constitución Política del Perú
15. Ley 28411 del Sistema Nacional de Presupuesto Público (Diciembre 2004)
16. Ley 28427 de presupuesto público del año 2005
17. Ley 28652 de presupuesto público del año 2006
18. Ley 28927 de presupuesto público del año 2007
19. Ley 29142 de presupuesto público del año 2008
20. Ley 29289 de presupuesto público del año 2009
21. Ley 29465 de presupuesto público del año 2010

IX. ANEXOS

- MATRIZ DE CONSISTENCIA

Anexo N° 1

“Eficiencia del uso de los recursos en las facultades de la Universidad Nacional del Callao Año 2011”

Planteamiento del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Métodos, técnicas e instrumentos
<p>Problema General</p> <p>¿Se utilizaron de manera eficiente los recursos en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en el año 2011?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar si se utilizaron los recursos de manera eficiente en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en el año 2011.</p>	<p>Hipótesis Principal</p> <p>Los recursos en las facultades de la Universidad Nacional del Callao se utilizaron de manera eficiente en el año 2011.</p>	<p>Variable Dependiente</p> <p>Y = Productos de las facultades de la UNAC.</p> <p>Y₁ = N° de Egresados</p> <p>Y₂ = N° de Investigaciones aprobadas.</p>	<p>Indicadores de los resultados de las actividades de la Formación profesional y la Investigación</p> <p>N° Total de Egresados por facultad, Año 2011</p> <p>N° de Investigaciones Aprobadas de cada facultad 2011.</p>	<p>Los datos seleccionados se modelarán aplicando el modelo Data Envelopment Analysis (DEA) para medir la eficiencia relativa de las facultades de la Universidad Nacional del Callao.</p> <p>Se utilizará el software SOLVER de Excel para determinar las facultades que relativamente usan de modo eficiente los recursos y aquella que en relación a las primeras son ineficientes.</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Se utilizaron de manera</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>Determinar si se utilizaron de</p>	<p>Hipótesis Secundarias</p> <p>Los recursos en las facultades</p>	<p>Variable independiente</p>	<p>Indicadores de los factores de las actividades de formación profesional e</p>	

<p>eficiente los recursos en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en la obtención del número de egresados en el año 2011? y también,</p>	<p>manera eficiente los recursos en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en la obtención del número de egresados en el año 2011?</p>	<p>de la Universidad Nacional del Callao se utilizaron de manera eficiente en la obtención del número de egresados en el año 2011.</p>	<p>X = Factores productivos</p> <p>X_1 = N° de docentes</p> <p>X_2 = N° de Alumnos Matriculados</p>	<p>investigación</p> <p>N° Total de Docentes de cada facultad año 2011.</p> <p>N° Total de Alumnos matriculados por facultad año 2011</p>	
<p>¿Se utilizaron de manera eficiente los recursos en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en la obtención del número de investigaciones aprobadas en el año 2011?</p>	<p>Determinar si se utilizaron de manera eficiente los recursos en las facultades de la Universidad Nacional del Callao en la obtención del número de investigaciones aprobadas en el año 2011?</p>	<p>Los recursos en las facultades de la Universidad Nacional del Callao se utilizaron de manera eficiente en la obtención del número de investigaciones aprobadas en el año 2011.</p>			

- Otros anexos para respaldo de la investigación

Anexo Nº 2

DETERMINACIÓN DE EFICIENCIA DE FACULTADES

1 INPUT - 2 OUTPUT

DOCENTES – EGRESADOS E INVESTIGACIONES

Modelo: Output-Orientado

Rendimientos Constantes a Escala

Facultad	Docentes	Egresados	Investigaciones	Y_1/X_1	Y_2/X_1	Distancia recta O-dato	Pendiente $m = Y/X$
	X_1	Y_1	Y_2	X	Y	$Z=(X^2+Y^2)^{0.5}$	
FCA	56	203	17	3,6250	3,0357	4,7282	0,8374
FCC	51	266	9	5,2157	1,7647	5,5061	0,3383
FCE	59	152	23	2,5763	3,8983	4,6727	1,5132
FIEE	76	222	14	2,9211	1,8421	3,4534	0,6306
FIIS	55	199	17	3,6182	3,0909	4,7587	0,8543
FIME	47	129	11	2,7447	2,3404	3,6071	0,8527
FIPA	54	131	20	2,4259	3,7037	4,4275	1,5267
FIQ	53	104	20	1,9623	3,7736	4,2533	1,9231
FCS	48	146	8	3,0417	1,6667	3,4684	0,5479
FCNM	57	41	14	0,7193	2,4561	2,5593	3,4146
FIARN	37	74	5	2,0000	1,3514	2,4137	0,6757

Continúa... Cuadro Anexo Nº 2

Facultad	Recta Frontera eficiente			Distancia $Z=(X'^2+Y'^2)^{0.5}$	Eficiencia
	Pendiente m'	O - Frontera			
		X'	$Y'=mX$		
FCA	-0,83017	3,6547	3,0606	4,7670	0,9919
FCC	-0,83017	5,2157	1,7647	5,5061	1,0000
FCE	-0,77492	2,5763	3,8983	4,6727	1,0000
FIEE	-0,83017	4,1721	2,6311	4,9324	0,7001
FIIS	-0,83017	3,6182	3,0909	4,7587	1,0000
FIME	-0,77492	3,6216	3,0882	4,7596	0,7579
FIPA	0,00000	2,5534	3,8983	4,6601	0,9501
FIQ	0,00000	2,0271	3,8983	4,3939	0,9680
FCS	-0,83017	4,4224	2,4232	5,0428	0,6878
FCNM	0,00000	1,1416	3,8983	4,0620	0,6301
FIARN	-0,83017	4,0473	2,7347	4,8846	0,4942

DETERMINACIÓN DE EFICIENCIA DE FACULTADES

2 INPUT – 1 OUTPUT

Matriculados/Egresados – Docentes/Egresados

Modelo: Input-Orientado

Rendimientos Constantes a Escala

Facultad	Inputs		Outputs		X	Y	m=Y/X	O-Dato	Frnt.Efic.
	X _{Matrclds}	X _{Docnts}	Y _{Egrsds}	Y _{Invstgcs}	X _{matrcs} /Y _{Egr}	X _{Docnts} /Y _{Egr}	Pendiente	Distancia	Pendiente
FCA	1.282	56	203	17	6,3128	2,7586	0,4370	6,8892	-0,4971
FCC	1.984	51	266	9	7,4568	1,9173	0,2571	7,6993	-0,4971
FCE	1.484	59	152	23	9,7632	3,8816	0,3976	10,5065	-0,4971
FIEE	1.535	76	222	14	6,9122	3,4234	0,4953	7,7135	-0,4971
FIIS	1.145	55	199	17	5,7538	2,7638	0,4803	6,3831	-0,4971
FIME	818	52	129	11	6,3411	4,0310	0,6357	7,5139	-
FIPA	1.054	54	131	20	8,0420	4,1221	0,5126	9,0369	-0,4971
FIQ	1.013	53	104	20	9,7356	5,0962	0,5235	10,9887	-0,4971
FCS	1.054	48	146	8	7,2192	3,2877	0,4554	7,9325	-0,4971
FCNM	666	57	41	14	16,2439	13,9024	0,8559	21,3809	-
FIARN	872	37	74	5	11,7838	5,0000	0,4243	12,8007	-0,4971
TOTAL	12.905	598	1.667	158					

Continúa... Anexo Nº 3

FACULTAD	Recta 0- Frontera		Distancia	
	X	Y	0 - Frntera	Eficiencia
FCA	6,0209	2,6310	6,5706	0,9538
FCC	7,4568	1,9173	7,6993	1,0000
FCE	6,2861	2,4992	6,7647	0,6439
FIEE	5,6672	2,8068	6,3242	0,8199
FIIS	5,7538	2,7638	6,3831	1,0000
FIME	5,7538	3,6577	6,8179	0,9074
FIPA	5,5701	2,8551	6,2592	0,6926
FIQ	5,5107	2,8846	6,2201	0,5660
FCS	5,9044	2,6889	6,4879	0,8179
FCNM	5,7538	4,9244	7,5733	0,3542
FIARN	6,1037	2,5899	6,6304	0,5180

MODELO BCC - INPUT ORIENTADO ENVOLVENTE

Anexo N° 4

APLICACIÓN DE SOLVER –EXCEL. RESULTADO: EFICIENTE

FACULTAD DE CIENCIA ECONÓMICAS (FCE)

	X1	X2	Y1	Y2
FCA	56	1282	203	17
FCC	51	1984	266	9
FCE	59	1484	152	23
FIEE	76	1535	222	14
FIIS	55	1145	199	17
FIME	47	818	129	11
FIPA	54	1054	131	20
FIQ	53	1013	104	20
FCS	48	1054	146	8
FCNM	57	666	41	14
FIARN	37	872	74	5

Modelo tomado página 121 del texto de Coll y Blasco.

FCE

Función Objetivo	1			Minimizar
Restricciones	152	=	152	
	23	=	23	
	59	=	59	
	1484	=	1484	
	1	=	1	(convexidad)
No negatividad				
Thita	1	≥	0	
LFCA	0	≥	0	
LFCC	2.2204E-16	≥	0	
LFCE	1	≥	0	
LFIEE	0	≥	0	
LFIS	0	≥	0	
LFIME	0	≥	0	
LFIPA	0	≥	0	
LFIQ	0	≥	0	
LFCS	0	≥	0	
LFCNM	0	≥	0	
LFIARN	1.1102E-16	≥	0	
Sy1	0	≥	0	
Sy2	0	≥	0	
Sx1	1.7764E-15	≥	0	
Sx2	0	≥	0	

MODELO BCC - INPUT ORIENTADO ENVOLVENTE

Anexo N° 4.1

APLICACIÓN DE SOLVER –EXCEL. RESULTADO: INEFICIENTE

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA (FIEE)

	X1	X2	Y1	Y2
FCA	56	1282	203	17
FCC	51	1984	266	9
FCE	59	1484	152	23
FIEE	76	1535	222	14
FIIS	55	1145	199	17
FIME	47	818	129	11
FIPA	54	1054	131	20
FIQ	53	1013	104	20
FCS	48	1054	146	8
FCNM	57	666	41	14
FIARN	37	872	74	5

FIEE

Función Objetivo	0.93373496		Minimizar
Restricciones	222	=	222
	14.2537313	=	14.2537313
	53.6268657	=	53.6268657
	1432.84	=	1432.84328
	1	=	1 (convexidad)
No negatividad			
Thita	0.93375255	≥	0
LFCA	0	≥	0
LFCC	0.34328358	≥	0
LFCE	0	≥	0
LFIEE	0	≥	0
LFIS	0.65671642	≥	0
LFIME	3.4694E-18	≥	0
LFIPA	0	≥	0
LFIQ	0	≥	0
LFCS	0	≥	0
LFNM	0	≥	0
LFARN	0	≥	0
Sy1	0	≥	0
Sy2	0.25373134	≥	0
Sx1	17.3383279	≥	0
Sx2	0	≥	0

MODELO BCC - INPUT ORIENTADO ENVOLVENTE

Anexo N° 4.2

APLICACIÓN DE SOLVER –EXCEL. RESULTADO: INEFICIENTE

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD (FCS)

	X1	X2	Y1	Y2
FCA	56	1282	203	17
FCC	51	1984	266	9
FCE	59	1484	152	23
FIEE	76	1535	222	14
FIIS	55	1145	199	17
FIME	47	818	129	11
FIPA	54	1054	131	20
FIQ	53	1013	104	20
FCS	48	1054	146	8
FCNM	57	666	41	14
FIARN	37	872	74	5

FCS

Función Objetivo	0.96961694			Minimizar
Restricciones	146	=	146	
	9.97814959	=	9.9781496	
	46.5417082	=	46.5417082	
	1022	=	1022	
	1	=	1	(convexidad)
No negatividad				
Thita	0.96961892	>=	0	
LFCA	0	>=	0	
LFCC	0.16974439	>=	0	
LFCE	0	>=	0	
LFIEE	0	>=	0	
LFIS	0	>=	0	
LFIME	0.71652867	>=	0	
LFIPA	0	>=	0	
LFIQ	0	>=	0	
LFCS	0	>=	0	
LFNM	0	>=	0	
LFIARN	0.11372694	>=	0	
Sy1	0	>=	0	
Sy2	1.97814959	>=	0	
Sx1	1.7764E-15	>=	0	
Sx2	0	>=	0	

MODELO BCC-OUTPUT ORIENTADO ENVOLVENTE

Anexo N° 5

APLICACIÓN DE SOLVER –EXCEL. RESULTADO EFICIENTE

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS (FCE)

	X1	X2	Y1	Y2
FCA	56	1282	203	17
FCC	51	1984	266	9
FCE	59	1484	152	23
FIEE	76	1535	222	14
FIIS	55	1145	199	17
FIME	47	818	129	11
FIPA	54	1054	131	20
FIQ	53	1013	104	20
FCS	48	1054	146	8
FCNM	57	666	41	14
FIARN	37	872	74	5

FCE

Función Objetivo	1			Maximizar
Restricciones	152	=	152	
	23	=	23	
	59	=	59	
	1484	=	1484	
	1	=	1	(convexidad)
No negatividad				
Fi	1	≥	1	
LFCA	0	≥	0	
LFCC	1.1102E-16	≥	0	
LFCE	1	≥	0	
LFIEE	0	≥	0	
LFIS	0	≥	0	
LFIME	0	≥	0	
LFIPA	0	≥	0	
LFIQ	0	≥	0	
LFCS	0	≥	0	
LFCNM	5.5511E-17	≥	0	
LFIARN	0	≥	0	
Sy1	0	≥	0	
Sy2	0	≥	0	
Sx1	0	≥	0	
Sx2	0	≥	0	

MODELO BCC-OUTPUT ORIENTADO ENVOLVENTE

Anexo N° 5.1

APLICACIÓN DE SOLVER –EXCEL. RESULTADO: INEFICIENTE

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA (FIEE)

	X1	X2	Y1	Y2
FCA	56	1282	203	17
FCC	51	1984	266	9
FCE	59	1484	152	23
FIEE	76	1535	222	14
FIIS	55	1145	199	17
FIME	47	818	129	11
FIPA	54	1054	131	20
FIQ	53	1013	104	20
FCS	48	1054	146	8
FCNM	57	666	41	14
FIARN	37	872	74	5

FIEE

Función Objetivo	1.01394884		Maximizar
Restricciones	225.090293	=	225.090293
	14.1948834	=	14.1948834
	54.2468021	=	54.2468021
	1528	=	1528
	1	=	1 (convexidad)
No negatividad			
Fi	1.01392024	>=	1
LFCA	0.64936042	>=	0
LFCC	0.35063958	>=	0
LFCE	0	>=	0
LFIEE	1.1102E-16	>=	0
LFIS	0	>=	0
LFIME	0	>=	0
LFIPA	0	>=	0
LFIQ	0	>=	0
LFCS	0	>=	0
LFCNM	0	>=	0
LFIARN	0	>=	0
Sy1	0	>=	0
Sy2	0	>=	0
Sx1	21.7531979	>=	0
Sx2	6.8510158	>=	0

MODELO BCC-OUTPUT ORIENTADO ENVOLVENTE

Anexo N° 5.2

APLICACIÓN DE SOLVER –EXCEL. RESULTADO INEFICIENTE

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD (FCS)

	X1	X2	Y1	Y2
FCA	56	1282	203	17
FCC	51	1984	266	9
FCE	59	1484	152	23
FIEE	76	1535	222	14
FIIS	55	1145	199	17
FIME	47	818	129	11
FIPA	54	1054	131	20
FIQ	53	1013	104	20
FCS	48	1054	146	8
FCNM	57	666	41	14
FIARN	37	872	74	5

FCS

Función Objetivo	1.0795434			Maximizar
Restricciones	157.613024	=	157.613024	
	10.7763224	=	10.7763224	
	48	=	48	
	1054	=	1054	
	1	=	1	(convexidad)
No negatividad				
Fi	1.07954126	≥	1	
LFCA	0	≥	0	
LFCC	0.19473553	≥	0	
LFCE	1.2511E-16	≥	0	
LFIEE	0	≥	0	
LFIS	0.02763224	≥	0	
LFIME	0.77763224	≥	0	
LFIPA	2.4542E-17	≥	0	
LFIQ	0	≥	0	
LFCS	0	≥	0	
LFCNM	0	≥	0	
LFIARN	0	≥	0	
Sy1	0	≥	0	
Sy2	2.13999228	≥	0	
Sx1	0	≥	0	
Sx2	0	≥	0	