

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN ECONOMÍA Y POLÍTICAS PÚBLICAS



TESIS

**MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DE LAS ESCUELAS
PROFESIONALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO:
UNA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS (DEA),
PERIODO 2014-2018**

PRESENTADA POR:

RONALD RAUL ARCE COAQUIRA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTORIS SCIENTIAE EN ECONOMÍA Y POLÍTICAS PÚBLICAS

PUNO, PERÚ

2020

DEDICATORIA

El estudio de investigación va dedicado en agradecimiento infinito a mi familia y amistades que siempre me apoyaron, también a la virgen María de la Candelaria patrona de Puno, quien protege a nosotros sus hijos y que siempre nos brinde salud y fuerzas ante las desavenencias que tengamos que pasar.

AGRADECIMIENTOS

- Es preciso agradecer y reconocer a la Universidad Nacional del Altiplano, primera casa de estudios, al programa de doctorado en economía y políticas públicas, que me formo a ella mi gratitud especial, a mis docentes que fuera de su tiempo de labores o de su responsabilidad funcionaria, me brindaron las facilidades otorgadas me dieron su ayuda a través de asesorías, para el desarrollo del trabajo de investigación, puesto que no es tarea fácil por el limitado tiempo y las condiciones de laborales.
- Reconocimiento especial a mi asesor, quien, con su paciencia, con su experiencia profesional y con sus recomendaciones logré concluir el trabajo de investigación, de igual manera, a mis jurados de tesis, con sus observaciones y recomendaciones se pudo mejorar y concluir el trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I**REVISIÓN DE LITERATURA**

1.1 Marco teórico	4
1.1.1 Sistema universitario peruano	4
1.1.2 Modelo de Calidad para la acreditación de carreras profesionales.	7
1.1.3 Eficiencia y calidad educativa	14
1.1.4 Economía de la educación, teoría de la producción y la eficiencia en el proceso productivo	18
1.1.5 Medición de la eficiencia en el sector educativo	28
1.1.6 Determinantes de la eficiencia en el sector educativo	40
1.2 Antecedentes	43

CAPÍTULO II**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

2.1 Identificación del problema	54
2.2 Enunciados del problema	56
2.2.1 Problema general	56
2.2.2 Problemas específicos	57
2.3 Justificación	57
2.4 Objetivos	58
2.4.1 Objetivo general	58
2.4.2 Objetivos específicos	59
2.5 Hipótesis	59

2.5.1	Hipótesis general	59
2.5.2	Hipótesis específicas	59
CAPÍTULO III		
MATERIALES Y MÉTODOS		
3.1	Lugar de estudio	60
3.2	Población	64
3.3	Muestra	64
3.4	Método de investigación	64
3.4.1	Tipo y diseño de investigación	64
3.4.2	Operacionalización de variables	65
3.4.3	Técnicas de recolección de datos	66
3.4.4	Tratamiento de los datos	67
3.4.5	Análisis e interpretación de los datos	74
3.5	Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	75
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1	Resultados	78
4.1.1	Medición de la eficiencia técnica DEA en las escuelas profesionales	78
4.1.2	Análisis descriptivo de la eficiencia técnica DEA	86
4.1.3	Estimación de los determinantes de la eficiencia técnica	100
4.2	Discusión	109
	CONCLUSIONES	112
	RECOMENDACIONES	113
	BIBLIOGRAFÍA	114
	ANEXOS	120

Puno, 14 de agosto de 2020.

ÁREA: Economía y Políticas Públicas.

TEMA: Medición de la eficiencia técnica de las escuelas profesionales de la Universidad Nacional del Altiplano, una aplicación del DEA, periodo 2014-2018.

LÍNEA: Políticas Públicas.

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Modelo de calidad para la acreditación de carreras profesionales universitarias	10
2. Modelo de calidad para la acreditación de carreras de educación	11
3. Agrupación de estándares del modelo de calidad para la acreditación de carreras de educación según su alcance de evaluación	12
4. Inputs y outputs de la actividad universitaria	20
5. Formulación básica del DEA: modelo CCR	31
6. Transformación del modelo CCR - Multiplicativa en CCR – Envolvente	37
7. Escuelas profesionales de la UNAP	61
8. Escuelas Profesionales Acreditadas por SINEACE de la Universidad Nacional del Altiplano	63
9. Operacionalización de variables para el cálculo de la eficiencia educativa DEA	65
10. Operacionalización de variables para el modelo Tobit de eficiencia educativa	66
11. Recolección de datos para la investigación	67
12. Modelos DEA para medir la eficiencia técnica	68
13. Eficiencia DEA – CRS orientado a input según escuela profesional UNAP periodo 2014 – 2018	79
14. Eficiencia DEA – CRS orientado a output según escuela profesional UNAP periodo 2014 – 2018	81
15. Eficiencia DEA – VRS orientado a input según escuela profesional UNAP periodo 2014 – 2018	83
16. Eficiencia DEA – VRS orientado a output según escuela profesional UNAP periodo 2014 – 2018	85
17. Eficiencia técnica de la Universidad Nacional del Altiplano según modelo DEA periodo 2014 – 2018	92
18. Ranking de eficiencia en las escuelas profesionales	94
19. Mejora de la eficiencia técnica	97
20. Producción educativa eficiente en las escuelas profesionales UNAP periodo 2014 – 2018	99
21. Estimaciones del modelo Tobit eficiencia DEA periodo muestral: 2014-2018	102
22. Comparación de resultados sobre la medición de la eficiencia técnica	110

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Proceso de Formación Profesional	8
2. Modelo de Calidad para la Acreditación de Carreras Universitarias	9
3. Calidad Educativa Universitaria	14
4. Frontera de Posibilidades de Producción	22
5. Frontera de Producción con Recursos Variables	23
6. Frontera de Producción con todos los Recursos Variables e Isocosto	24
7. Frontera de Producción y los Rendimientos a Escala Constante	34
8. Promedio de la eficiencia DEA – VRS orientado a output según escuela profesional del área académica de ingeniería UNAP periodo 2014 – 2018	86
9. Variabilidad de la eficiencia DEA – VRS orientado a output según escuela profesional del área académica de ingeniería UNAP periodo 2014 – 2018 (%)	87
10. Promedio de la eficiencia DEA – VRS orientado a output según escuela profesional del área académica de biomédicas UNAP periodo 2014 – 2018	88
11. Variabilidad de la eficiencia DEA – VRS orientado a output según escuela profesional del área académica de biomédicas UNAP periodo 2014 – 2018 (%)	89
12. Promedio de la eficiencia DEA – VRS orientado a output según escuela profesional del área académica de sociales UNAP periodo 2014 – 2018	90
13. Variabilidad de la eficiencia DEA – VRS orientado a output según escuela profesional del área académica de sociales UNAP periodo 2014 – 2018 (%)	91
14. Eficiencia técnica DEA VRS – output	93
15. Ranking de eficiencia en las escuelas profesionales	95
16. Mejora de la eficiencia técnica	98

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Estadística descriptiva de las variables	121
2. Correlación entre variables	121
3. Estimaciones del modelo Tobit eficiencia DEA	122
4. Efectos marginales	124
5. Batería de estimaciones del modelo Tobit	126
6. Base de datos	128

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar el nivel de eficiencia técnica de los recursos públicos en la Universidad Nacional del Altiplano en el periodo 2014-2018, para tal fin se realiza un análisis en dos etapas sobre un total de 350 observaciones, correspondientes a las escuelas profesionales. En la primera etapa, se evalúa el nivel de eficiencia técnica de cada escuela profesional, utilizando la metodología no paramétrica Análisis Envolvente de Datos (DEA-CRS input, DEA-CRS output, DEA-VRS input, DEA-VRS output) propuesto inicialmente por Charnes et al. (1978). Por otra parte, en la segunda etapa, se analizan los determinantes de la eficiencia a través de un análisis de regresión truncada Tobit. Los principales resultados muestran que el grado de ineficiencia promedio mide en 0.65; sin embargo, algunas escuelas profesionales registran eficiencia técnica durante un periodo determinado, las cuales son: odontología, enfermería, ciencias contables, educación secundaria, educación física, educación primaria, educación inicial, trabajo social, sociología, antropología, arte y ciencias físico matemática. Por lo tanto, en su mayoría, las escuelas profesionales de ingeniería y biomédicas son ineficientes. La ineficiencia está determinada por el número de aulas, laboratorios, bibliotecas, número de alumnos matriculados, ratio número de estudiantes por docente, número de docentes, número de docentes nombrados, ratio de docentes varones con respecto a docentes mujeres y el número de personal administrativo. El recurso humano docente nombrado y el número de estudiantes por docente están relacionado positivamente con la eficiencia al nivel de significación del 1%.

Palabras clave: DEA, eficiencia técnica, input, output, regresión truncada Tobit, rendimientos a escala.

ABSTRACT

The present research work aims to determine the level of technical efficiency of public resources at the National University of the Altiplano in the period 2014-2018, for this end a two-stage analysis is carried out on a total of 350 observations, corresponding to professional schools. In the first stage, the level of technical efficiency of each professional school is evaluated, using the non-parametric methodology Data Envelope Analysis (DEA-CRS input, DEA-CRS output, DEA-VRS input, DEA-VRS output) initially proposed by Charnes et al. (1978). On the other hand, in the second stage, the determinants of efficiency are analyzed through a truncated Tobit regression analysis. The main results show that the average degree of inefficiency measures 0.65; however, some professional schools register technical efficiency during a given period, which are: Dentistry, nursing, accounting sciences, secondary education, physical education, primary education, initial education, social work, sociology, anthropology, art and mathematical physical sciences. Therefore, for the most part, engineering and biomedical professional schools are inefficient. Inefficiency is determined by the number of classrooms, laboratories, libraries, number of students enrolled, ratio number of students per teacher, number of teachers, number of teachers appointed, ratio of male teachers to female teachers and the number of administrative staff. The named human resource teacher and the number of students per teacher are positively related to efficiency at the 1% level of significance.

Keywords: DEA, input, output, returns to scale, technical efficiency, truncated regression Tobit.

INTRODUCCIÓN

La producción educativa eficiente es uno de los objetivos actuales del Perú. Por un lado, los gobiernos están interesados en conocer cuál es el máximo output educativo que puede ser alcanzado a partir de los inputs educativos invertidos. Por otro lado, en el caso de que se detecten comportamientos ineficientes, es necesario indagar acerca de las posibles causas explicativas de la ineficiencia para llevar a cabo una mejor gestión de los recursos públicos.

En el presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar el nivel de eficiencia técnica de los recursos públicos en la Universidad Nacional del Altiplano en el periodo 2014-2018, de igual forma, identificar sus determinantes. Se presenta un análisis del grado de eficiencia técnica con que actúan las 35 escuelas profesionales que conforman la Universidad Nacional del Altiplano. La metodología utilizada es el Análisis Envolvente de Datos (DEA), se centra en las cantidades y no en los precios, siendo una técnica fundamental para medir la eficiencia dentro del enfoque no paramétrico, análisis que permite conocer mejor cómo funcionan los Escuelas Profesionales. Además, la metodología suministra información para mejorar la eficiencia y facilitar la gestión universitaria. Lo que se busca comprobar con el presente estudio es que la asignación de los insumos y recursos destinados a la educación superior universitaria, es susceptible de ser corregida y mejorada en los aspectos concernientes a la eficiencia en el uso de los insumos y recursos.

La presente investigación determina la eficiencia técnica que en los años 2014-2018 alcanzo la Universidad Nacional del Altiplano y por ende las 35 escuelas profesionales en el uso de sus recursos (docentes universitarios, estudiantes matriculados y aulas académicas) y en los logros obtenidos (estudiantes invictos y titulados mediante la modalidad de sustentación de tesis). El estudio se realizó utilizando la técnica de Análisis Envolvente de Datos (DEA - Data Envelopment Analysis) siendo un método no paramétrico mediante los paquetes Excel y el Stata, y los modelos DEA - BCC input y, output orientado envolvente que miden la eficiencia con una puntuación igual a 1 y la ineficiencia con una puntuación menor a 1.

El *Análisis Envolvente de Datos* (DEA, por sus siglas en inglés) es una herramienta útil para la medición de la eficiencia relativa en instituciones educativas, y así cabe señalar que la primera aplicación del método fue en la evaluación de Colegios (tesis doctoral Rhodes, 1978). Su bondad radica en una correcta definición de la unidad evaluada (DMU en el contexto de DEA) y de las entradas y salidas de la misma, de modo que tras su aplicación es posible establecer clasificaciones entre unidades eficientes e ineficientes, y asignar pares de referencia para el mejoramiento de las unidades ineficientes y crear metas para la utilización de recursos.

La hipótesis de partida en esta investigación ha sido que la asignación de los recursos destinados a la educación superior universitaria, es susceptible de ser mejorada en los aspectos concernientes a la eficiencia en el uso de los mismos. Situados en este contexto, la presente investigación se ha centrado en la determinación de la eficiencia con la que actúan las instituciones universitarias, como paso previo para la mejora en la asignación de recursos, y por tanto, de la gestión. En el caso de la Universidad Nacional del Altiplano, se han tomado como unidades de análisis sus Escuelas Profesionales.

Se tiene la preocupación por el uso eficiente de los insumos y recursos (inputs) y maximizar la obtención de resultados y productos (Outputs) como contribución a la sociedad, es un tema presente en las agendas de las universidades, por ende, de la Universidad Nacional del Altiplano. Importantes avances se han mostrado en los últimos años en el desarrollo y aplicación de técnicas para medir la eficiencia en la Educación Superior Universitaria, siendo el Análisis Envolvente de Datos (DEA) una de las metodologías ampliamente utilizada a nivel internacional. Se realizó una revisión sobre las particularidades de la medición y evaluación de la eficiencia en las universidades, se analizaron las bases teóricas, metodológicas que sustentan el DEA, y los resultados de la aplicación de esta metodología en el ámbito universitario internacional y nacional. Como resultado quedó demostrada la viabilidad y pertinencia del uso de esta técnica para medir y evaluar el grado de eficiencia con que las universidades emplean sus recursos, convirtiéndose en una herramienta de las Universidades Públicas tan urgidas de métodos y técnicas que contribuyan a la mejora de la gestión universitaria.

La medición de la eficiencia en las escuelas profesionales es importante para optimizar la utilización de los recursos, lo que además pretende contribuir a la materialización del ideal de una educación de calidad libre de barreras para el acceso con cobertura total. Los resultados podrían tener claras implicaciones políticas, pudiendo ser utilizados como guías para los gestores de las escuelas profesionales de las universidades con el fin de adoptar medidas orientadas al logro de metas concretas en relación con las variables que presentan influencia positiva o negativa en la eficiencia de las universidades.

Para alcanzar el objetivo, en el primer capítulo del trabajo de investigación se desarrolla el marco teórico referente al análisis envolvente de datos, se presenta los antecedentes de investigación. En el segundo capítulo se plantea el problema, se presentan los objetivos que han sido propuestos en esta investigación y se presenta las hipótesis propuestas para ser demostradas afirmativa o negativamente. En el capítulo tercero se presenta la metodología de investigación en donde se presenta la identificación de variables, se determina la muestra, las técnicas de recolección de datos, el tratamiento de los datos o información obtenida, y se presenta las técnicas estadísticas y econométricas de análisis e interpretación de datos. En el capítulo cuarto, se presentan los resultados de la investigación, en donde se muestran el grado de eficiencia técnica y sus determinantes en las escuelas profesionales de la Universidad Nacional del Altiplano. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la presente tesis.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico

1.1.1 Sistema universitario peruano

1.1.1.1 Situación antes de la reforma universitaria

En la última década, el Perú experimentó importantes cambios demográficos y económicos que impulsaron la demanda por educación superior. El aumento de la demanda se reflejó en el número de postulantes a las universidades, que creció casi 60% en la última década. La demanda por universidades públicas continuó siendo mayoritaria, pero el crecimiento fue mayor en el número de postulantes a universidades privadas. La oferta educativa, por su parte, respondió a la creciente demanda, pero principalmente por la expansión de la oferta privada, dado que la oferta pública prácticamente no aumentó. Esto generó un incremento en la variedad de alternativas educativas, tanto en términos de costos del servicio como en términos de salarios esperados luego del egreso. Como resultado, el acceso a la educación superior en el Perú aumentó en la última década. Entre 2004 y el 2014, el número de ingresantes a las universidades se duplicó, al pasar de 130 mil a casi 270 mil. Este aumento fue posible por la mayor absorción de los postulantes por parte de las universidades privadas, principalmente las relativamente nuevas y de precios menores

al promedio. A medida que aumentó la cobertura y la diversidad del sistema universitario, también lo hizo la preocupación por la calidad del servicio. Diversos indicadores internos a las universidades (como el nivel de capacitación de los docentes, el estado de la infraestructura, y el nivel de producción científica), y externos (como la empleabilidad de los egresados y la dispersión salarial) dieron cuenta de la necesidad de mejorar la calidad promedio de los servicios educativos universitarios. El marco institucional vigente previo a la reforma no contribuyó a generar mecanismos efectivos para monitorear ni asegurar la calidad del servicio. La regulación de la calidad se apoyaba en la auto regulación de las universidades y la labor de los organismos encargados de asegurar la calidad estuvo reducida a la exigencia de condiciones básicas, no conducentes a asegurar ni mejorar la calidad en el tiempo. Además, los participantes del sistema no contaban con información para discriminar entre buenos o malos programas.

1.1.1.2 Reforma universitaria: Ley universitaria 30220

Dada esta problemática, en el 2014 el Estado peruano inició la Reforma Universitaria, con la aprobación de la nueva Ley Universitaria (Ley N° 30220). En el 2015 el Ministerio de Educación, le dio contenido a la reforma a través de la Política de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior Universitaria. La reforma cuenta principalmente con dos ejes: (I) un nuevo arreglo institucional y (II) la creación de un Sistema de Aseguramiento de Calidad (SAC). En el nuevo arreglo institucional destacan tres cambios principales: i) se definió al Ministerio de Educación como el órgano rector del aseguramiento de la calidad de la educación superior, ii) se creó la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU) para supervisar la calidad del servicio

brindado por las universidades, y iii) se declaró en proceso de reorganización al organismo encargado de acreditar la calidad (SINEACE). Por su parte, el SAC se creó con el objetivo de lograr que las universidades cumplan con condiciones básicas de calidad, y que puedan superarlas continuamente. Este sistema se basa en cuatro pilares: i) licenciamiento como garantía de condiciones básicas de calidad, ii) acreditación para la mejora continua, iii) información confiable y oportuna, y iv) fomento para mejorar el desempeño. La reforma también se caracterizó porque ha definido un tipo particular de “universidad modelo”, la cual está orientada principalmente a la producción científica y a la investigación. Así, la reforma ha definido estándares de calidad pensando en este tipo de “universidad modelo”, lo que puede ser restrictivo para las universidades más orientadas a la formación de profesionales con altos niveles de inserción laboral, pero no necesariamente científicos o investigadores. Otros cambios adicionales introducidos a través de la ley y la política de aseguramiento de la calidad incluyen: (i) cambios en la elección de autoridades administrativas y académicas en la universidad, la cual debe hacerse a través del voto universal, es decir, a través del voto de los docentes ordinarios y estudiantes matriculados con una distribución determinada; (ii) cambios en la plana docente, la cual debe estar constituida como mínimo por 25% de docentes a tiempo completo, y tener grado de Maestro o Doctor; (iii) modificaciones en el crédito tributario, el cual ahora se otorga siempre que se haya generado utilidades y que la reinversión haya sido en la misma universidad, entre otros.

Un aspecto importante que aún está pendiente de definición es el rol de la internacionalización de la educación superior como parte del proceso de mejora de la calidad del sistema universitario peruano. Los intercambios académicos, los programas de doble grado y la internacionalización de la

acreditación están siendo cada vez más usados por las universidades latinoamericanas y algunas peruanas para generar y mostrar mejoras en la calidad de sus programas. Pero estos esfuerzos son generalmente descoordinados y diferenciados, en lugar de ser parte de una política pública. Más aún, destacan algunas limitaciones que tienen que resolverse para generar un entorno propicio para la internacionalización de la educación, como el limitado porcentaje de alumnos y profesores que dominan el inglés o como el poco desarrollo de los sistemas de reconocimiento de grados y títulos.

1.1.2 Modelo de Calidad para la acreditación de carreras profesionales.

Construyamos juntos una educación de calidad. Bajo este enfoque el Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa (SINEACE) y su órgano operador CONEAU buscan, lograr que más instituciones asuman el compromiso de acreditar la calidad educativa que brindan. La acreditación es una herramienta para la mejora continua que asegura la calidad, lo que puede verificarse de forma eficiente y eficaz por el Estado y la sociedad. Además, constituye una fuente de información para la toma de decisiones de los padres, postulantes y sociedad en su conjunto.

El Modelo de calidad para la acreditación de carreras profesionales universitarias del Perú se basa en el enfoque sistémico, aplicando en cada uno de los procesos evaluados, la metodología conocida "planificar-hacer-verificar-actuar".

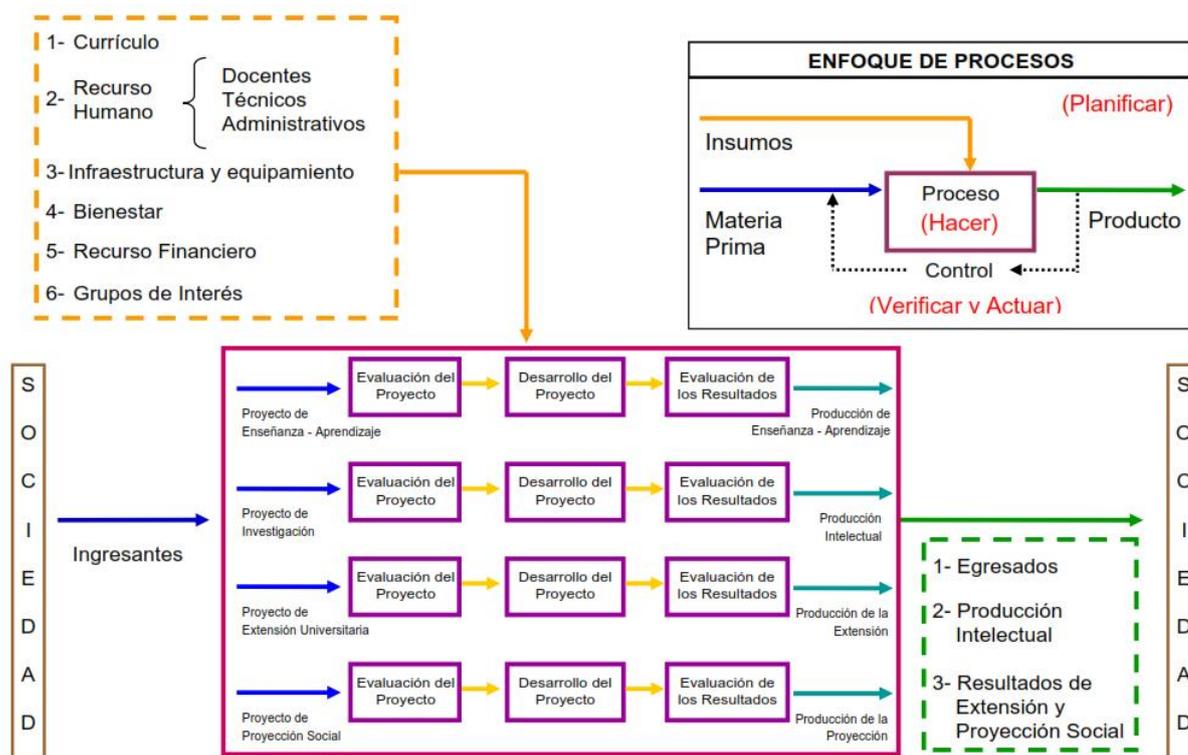


Figura 1. Proceso de Formación Profesional

Fuente: SINEACE.

El modelo cuenta con tres dimensiones: Gestión de la carrera, formación profesional y apoyo para la formación profesional, que permite diferenciar los niveles de actuación y facilita su aplicación.

La gestión de la carrera está orientada a evaluar la eficacia de la gestión institucional y administrativa, incluyendo mecanismos para medir el grado de coherencia y cumplimiento de su misión y objetivos, así como también el desarrollo de aquellos que promuevan la mejora continua.

La formación profesional, que materializa las funciones de la universidad, está orientada a evaluar la actividad formativa del estudiante en los procesos de enseñanza-aprendizaje, investigación, extensión universitaria y proyección social, así como sus resultados que están reflejados a través de su inserción laboral y su desempeño.

La tercera dimensión, referida al apoyo para la formación profesional, constata la capacidad de gestión y participación de los recursos humanos y materiales como parte del desarrollo del proceso enseñanza-aprendizaje.



Figura 2. Modelo de Calidad para la Acreditación de Carreras Universitarias

Fuente: SINEACE.

Cada uno de los factores, criterios e indicadores, se establecieron tomando en cuenta los lineamientos del Proyecto Educativo Nacional, así como otros documentos relacionados con la realidad nacional, evolución de los estudios superiores en el país y el mundo, competitividad y responsabilidad social. En tal sentido, se espera que la evaluación de la calidad tenga en los procesos de enseñanza-aprendizaje, investigación, extensión universitaria y proyección social, gestión administrativa, financiera y de recursos, y los resultados obtenidos a partir de ellos, el sustento para la mejora continua de la formación profesional del individuo, que lo lleve a convertirse en actor principal del desarrollo sostenible de la sociedad.

La estructura del modelo para carreras profesionales universitarias se presenta en la Tabla 1, que consta de 3 dimensiones, 9 factores, 16 criterios y 84 indicadores.

Tabla 1

Modelo de calidad para la acreditación de carreras profesionales universitarias

3 Dimensiones	9 Factores	16 Criterios	84 Indicadores	
Gestión de la Carrera.	Planificación, organización, dirección y control.	Planificación estratégica.	5	
		Organización, dirección y control.	9	
Formación Profesional.	Enseñanza – aprendizaje.	Proyecto educativo – currículo.	13	
		Estrategias de enseñanza – aprendizaje.	2	
		Desarrollo de las actividades de enseñanza – aprendizaje.	4	
		Evaluación del aprendizaje y acciones de mejora.	1	
		Estudiantes y egresados.	8	
	Investigación.	Generación y evaluación de proyectos de investigación.	7	
		Extensión universitaria y proyección social.	8	
	Servicios de apoyo para la Formación Profesional.	Docentes.	Labor de enseñanza y tutoría.	9
			Labor de investigación.	5
			Labor de extensión universitaria y de proyección social.	3
Infraestructura y equipamiento.		Ambientes y equipamiento para la enseñanza – aprendizaje, investigación, extensión universitaria y proyección social, administración y bienestar.	2	
		Bienestar.	Implementación de programas de bienestar.	3
Recursos financieros.		Financiamiento de la implementación de la carrera.	3	
Grupos de interés.		Vinculación con los grupos de interés.	2	

Fuente: CONEAU – 2008, modelo de calidad para la acreditación de carreras universitarias y estándares para la carrera de educación.

Según la Tabla 2, se presenta el modelo de calidad para la acreditación de carreras de educación; asimismo, señala la dimensión, factores, criterio, los estándares y fuentes de verificación referenciales.

Tabla 2

Modelo de calidad para la acreditación de carreras de educación

Dimensión	Factores	Criterio	Nº de Estándares	Nº de Fuentes de Verificación Referenciales	
Gestión de la Carrera.	Planificación, organización, dirección y control.	Planificación estratégica.	5	12	
		Organización, dirección y control.	9	30	
Formación Profesional.	Enseñanza – Aprendizaje.	Proyecto educativo – currículo.	13	21	
		Estrategias de enseñanza – aprendizaje.	2	7	
		Desarrollo de las actividades de enseñanza – aprendizaje.	4	13	
		Evaluación del aprendizaje y acciones de mejora.	1	8	
		Estudiantes y egresados.	8	36	
	Investigación.	Extensión universitaria y proyección social.	Generación y evaluación de proyectos de investigación.	7	25
			Generación y evaluación de proyectos de extensión universitaria y proyección social.	8	16
			Labor de enseñanza y tutoría.	9	28
	Servicios de apoyo para la Formación Profesional.	Docentes.	Labor de investigación.	5	17
			Labor de extensión universitaria y de proyección social.	3	11
Ambientes y equipamiento para la enseñanza – aprendizaje, investigación, extensión universitaria y proyección social, administración y bienestar.			2	13	
Bienestar.		Recursos financieros.	Implementación de programas de bienestar.	3	31
			Financiamiento de la implementación de la carrera.	3	10
		Grupos de interés.	Vinculación con los grupos de interés.	2	7

Fuente: CONEAU – 2008, modelo de calidad para la acreditación de carreras universitarias y estándares para la carrera de educación.

En la Tabla 3, se presenta la agrupación de los estándares del modelo de calidad para la acreditación de carreras de educación según su alcance de evaluación.

Tabla 3

Agrupación de estándares del modelo de calidad para la acreditación de carreras de educación según su alcance de evaluación

Dimensión	Factor	Criterio	Estándares básicos	Estándares del modelo de calidad				
				Enseñanza - aprendizaje	Investigación.	Extensión y proyección social		
Gestión de la Carrera.	Planificación, organización, dirección y control.	Planificación estratégica.	1,2,5	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5		
		Organización, dirección y control.	6,7,8,9,10,14	7,8,9,10,11,12,13,14	7,8,9,10,14	7,8,9,10,14		
Formación Profesional.	Enseñanza – Aprendizaje.	Proyecto educativo – currículo.	15,16,19,22,23	16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28	20,21,22,24,25,27	20,21,22,25,26		
		Estrategias de enseñanza – aprendizaje.			29			
		Desarrollo de las actividades de enseñanza – aprendizaje.			30,31,32,33			
		Evaluación del aprendizaje y acciones de mejora.	34		34,35			
		Estudiantes y egresados.	37,45		36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46			
		Investigación.	Generación y evaluación de proyectos de investigación.	47,50,51		25	47,48,49,50,51,52,53,54,55	
		Extensión universitaria y proyección social.	Generación y evaluación de proyectos de extensión universitaria y proyección social.	56,58,62,63			56,57,58,59,60,61,62,63,64,65	
		Servicios de apoyo para la formación profesional	Docentes.	Labor de enseñanza y tutoría.	66,67,69,70,71,72,73,74,75	66,67,68,69,70,71,72,73,74,75		
				Labor de investigación.	76,77,78	76	76,77,78,79,80	
				Labor de extensión universitaria y de proyección social.	81			81,82,83
Infraestructura y equipamiento.	Ambientes y equipamiento para la enseñanza – aprendizaje, investigación, extensión universitaria y proyección social, administración y bienestar.			84,85	84,85	84,85		
Bienestar.	Recursos financieros.	Implementación de programas de bienestar.	86,89,91	86,87,88,89,90,91	89,90,91			
		Financiamiento de la implementación de la carrera.	92,93	92,93,94	92,93,94	92,93,94		
		Grupos de interés.	Vinculación con los grupos de interés.	95	95,96,97	95,96,97	95,96,97	
3	9	16	45	68	42	34		

Fuente: CONEAU – 2008, modelo de calidad para la acreditación de carreras universitarias y estándares para la carrera de educación.

Condiciones básicas de calidad

Las condiciones básicas de calidad son las siguientes:

- Condición I: existencia de objetivos académicos, grados y títulos a otorgar, y planes de estudios correspondientes.
- Condición II: oferta educativa a crearse compatible con los fines propuestos en los instrumentos de planeamiento.
- Condición III: infraestructura y equipamiento adecuado al cumplimiento de sus funciones (aulas, bibliotecas, laboratorios, entre otros).
- Condición IV: líneas de investigación a ser desarrollados.
- Condición V: verificación de la disponibilidad de personal docente calificado con no menos de 25% de docentes a tiempo completo.
- Condición VI: verificación de los servicios educacionales complementarios básicos (servicio médico, social, psicopedagógico, deportivo, entre otros).
- Condición VII: existencia de mecanismos de mediación e inserción laboral.
- Condición VIII: CBC complementaria: transparencia de Universidades.

Proceso de acreditación

La acreditación peruana es un proceso innovador al tener en su modelo aspectos de cultura organizacional, sistematización de los procesos académicos y administrativos para una mejora continua y mejor control. Exige a su vez un sistema de gestión de la calidad, del perfil del ingresante, así como la incorporación de los grupos de interés (empresarios, colegios profesionales, etc.) al proceso de formación y no como en otros modelos donde los tienen fuera del mismo.

El proceso de acreditación que lleva a cabo el Consejo de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad de la Educación Superior Universitaria (CONEAU) es objetivo y transparente y se inicia con la auto-evaluación, acreditación y evaluación externa.

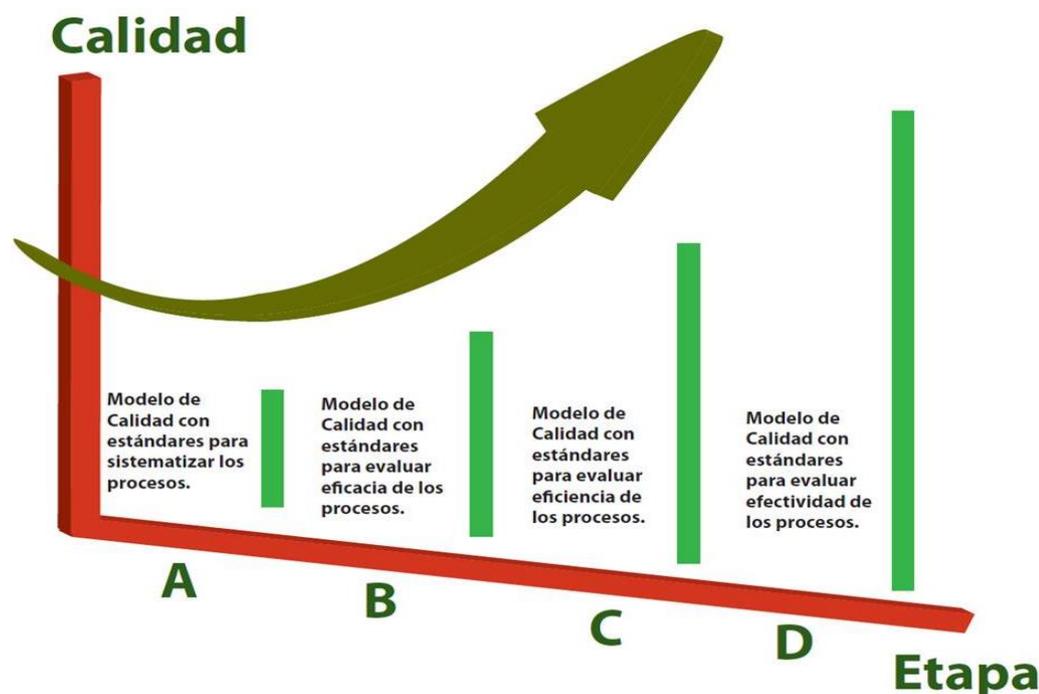


Figura 3. Calidad Educativa Universitaria

Fuente: CONEAU.

1.1.3 Eficiencia y calidad educativa

El concepto de calidad de educación, es relativamente nuevo, y aún no hay consenso sobre una definición única, que incorpore todas las dimensiones desde las cuales se puede abordar el concepto. La 'calidad de la educación' puede ser abordada desde un punto de vista ideológico, económico, técnico pedagógico, curricular, de política pública, entre otras (Holz, 2016).

La calidad aplicada a la educación, se presenta en la actualidad, como un aspecto esencial que requiere de atención en el contexto nacional e internacional y centro de las políticas educativas establecidas por organismos internacionales (OCDE, 2010; 2011; UNESCO, 2008).

De acuerdo con Martínez (2010) Los indicadores como herramientas para la evaluación de la calidad de los sistemas educativos, establecen que Un buen sistema educativo es aquel que reúne las siguientes cualidades, que definen dimensiones abstractas de la noción de calidad: Establece un currículo adecuado a

las necesidades individuales de los alumnos (pertinencia) y a las de la sociedad (relevancia). Logra que la más alta proporción posible de destinatarios acceda a la escuela, permanezca en ella y egrese alcanzando los objetivos de aprendizaje (eficacia interna y externa). Consigue que los aprendizajes se asimilen duraderamente y den lugar a comportamientos sociales fructíferos para la sociedad y los individuos (impacto). Cuenta con recursos suficientes (suficiencia) y los aprovecha bien (eficiencia). Tiene en cuenta la desigualdad de situaciones y apoya a quienes lo requieran, para que los objetivos sean alcanzados por el mayor número posible (equidad).

En el marco de la II Reunión Intergubernamental del Proyecto Regional de Educación para América Latina y el Caribe (EPT/PRELAC) la Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe de la UNESCO (OREALC) publicó el informe, “Una Educación de Calidad para Todos: un asunto de derechos humanos”. En este informe, la OREALC definió la calidad de la educación a partir de 5 dimensiones que deberían estar presentes en los sistemas educativos de calidad: Eficiencia, Eficacia, Relevancia, Pertinencia y la Equidad. (UNESCO, 2006).

Eficacia y Eficiencia: son dos atributos básicos de la educación de calidad para todos, que han de representar las preocupaciones centrales de la acción pública en el terreno de la educación. Es preciso identificar entonces, en qué medida se es eficaz en el logro de aspectos que traducen en términos concretos, en el derecho a una educación de calidad para toda la población. Es necesario analizar en qué medida la operación pública es eficiente, respetando el derecho ciudadano a que su esfuerzo material sea adecuadamente reconocido y retribuido. La eficiencia no es un imperativo economicista, sino una obligación derivada del respeto a la condición y derechos ciudadanos de todas las personas.

Pertinencia: La pertinencia de la educación, alude a la necesidad de que ésta sea significativa para personas de distintos estratos sociales y culturas, y con diferentes capacidades e intereses, de forma que puedan apropiarse de los contenidos de la cultura, mundial y local, y constituirse como sujetos, desarrollando su autonomía, autogobierno y su propia identidad. Para que haya

pertinencia, la educación tiene que ser flexible y adaptarse a las necesidades y características de los estudiantes y de los diversos contextos sociales y culturales. Esto exige transitar desde una pedagogía de la homogeneidad hacia una pedagogía de la diversidad, aprovechando ésta como una oportunidad para enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje, y optimizar el desarrollo personal y social.

Relevancia: La relevancia responde al qué y para qué de la educación. Desde un enfoque de derechos, además de enfrentar la exclusión, hay que preguntarse cuáles son las finalidades de la educación y si éstas representan las aspiraciones del conjunto de la sociedad y no sólo de determinados grupos de poder. Una educación es de calidad si promueve el desarrollo de las competencias necesarias para participar en las diferentes áreas de la vida humana, afrontar los desafíos de la sociedad actual y desarrollar el proyecto de vida en relación con los otros. El desarrollo integral de la personalidad humana es una de las finalidades que se le asignan a la educación, en todos los instrumentos de carácter internacional y en las legislaciones de los países de la región. La educación también es relevante si está orientada hacia las finalidades que son fundamentales en un momento y contexto dados, en tanto proyecto político y social.

Equidad: Finalmente, una educación es de calidad si ofrece los recursos y ayudas necesarias para que todos los estudiantes alcancen los máximos niveles de desarrollo y aprendizaje, de acuerdo con sus capacidades. Es decir, cuando todos los estudiantes, y no sólo aquellos que pertenecen a las clases y culturas dominantes, desarrollen las competencias necesarias para ejercer la ciudadanía, insertarse en la actual sociedad del conocimiento, acceder a un empleo digno y ejercer su libertad. Desde esta perspectiva, la equidad se convierte en una dimensión esencial para evaluar la calidad de la educación.

El enfoque de Política Pública: concepto de escuela eficaz como medida de calidad

El enfoque de calidad de Política Pública establece que los resultados esperados del proceso educativo dependen de la interacción de tres factores: el contexto socioeconómico de los alumnos y del establecimiento, los insumos con los que

cuenta el establecimiento para impartir enseñanza, y los procesos educativos que se dan al interior del establecimiento escolar. El factor ‘Contexto socioeconómico’ está referido a variables como el capital cultural de los hogares, el nivel educativo de los padres, el nivel socioeconómico del hogar, la pertenencia del alumno a una etnia, y el clima social del entorno en el cual está inserta la escuela. El factor ‘Insumos’ está referido a los recursos financieros, materiales y humanos, que dispone el establecimiento educacional para proveer educación. Entre las variables que se asocian a esta dimensión se encuentra, la infraestructura del establecimiento, la disponibilidad de computadores, la calidad de los docentes y el acceso a servicios básicos. El factor ‘Procesos educativos’ se refiere a las interacciones entre los distintos miembros de la comunidad educativa, de manera tal, que se construya un clima adecuado y relaciones positivas y fructíferas para mejorar el aprendizaje.

Una escuela “efectiva” es aquella en la que el factor Contexto Socioeconómico de los alumnos y de la escuela, no incide mayormente sobre los resultados educativos de los alumnos, sino que son los procesos dentro de la escuela y la manera en que se utilizan los insumos, los que tienen un mayor impacto sobre los resultados educativos.

Por otra parte, la eficiencia se pregunta por el costo con que los objetivos son alcanzados. Por lo tanto, es definida con relación al financiamiento destinado a la educación, la responsabilidad en el uso de éste, los modelos de gestión institucional y de uso de los recursos. En la gestión pública aparece actualmente como objetivo central la eficiencia en los servicios públicos, entre ellos el sistema educativo, lo que implica la necesidad de conseguir mejoras en la gestión de los recursos, y optimizar la relación entre productividad, equidad y calidad en la prestación de servicios.

La eficiencia se refiere a la relación entre los objetivos educativos esperados y los aprendizajes logrados, mediante la utilización óptima de los recursos destinados para ello. En el sistema educativo nacional se asocia a la eficiencia con los niveles de logro de indicadores que se alcanzan en un periodo determinado. (UNESCO, 2008). Cuenta con recursos suficientes y los aprovecha bien. (Martínez, 2010). Un

sistema será de mayor calidad en la medida en que, comparado con otro, logra resultados similares con menores recursos (Schmelkes, 2013).

1.1.4 Economía de la educación, teoría de la producción y la eficiencia en el proceso productivo

Economía de la educación

Establecer criterios sobre la asignación eficiente de los recursos y en el uso intensivo de los factores para generar competitividad en el sistema es tarea central de los aspectos económicos Cardona et al. (2007). El punto de partida formal lo dieron los estudios e investigaciones de Schultz (1961), Denison (1962) y Becker (1962) en sus teorías del capital humano y la función de producción en educación.

La investigación en esta área ha tomado fuerza en los últimos años, ya que la educación ha pasado a ocupar un lugar destacado en la discusión pública en la mayoría de los países, y especialmente, debido a la potencial vinculación entre educación y desarrollo económico. Entre los temas más estudiados figuran la teoría del capital humano; la relación entre insumos y resultados educacionales a través de una función de producción; y la relación entre educación, ingresos y crecimiento económico. Como también así, el uso de mecanismos de mercados para financiar sistemas de provisión de servicios educativos ha sido objeto de estudio y una importante contribución a la Economía de la Educación a países desarrollados.

Teoría de la producción

La esencia de una economía es la producción. Todas ellas utilizan cantidades de diferentes factores de producción para producir bienes y servicios: materias primas, insumos, materiales, bienes intermedios, mano de obra con distintas calificaciones y capacidades, y bienes de capital, entre otros. Para producir una determinada cantidad, los factores de producción pueden combinarse de diversas maneras. Para maximizar los beneficios, las empresas deben elegir el método o proceso de producción que minimice los costos de producir el nivel de producción

que seleccionen. El proceso tiene su descripción en razón de *inputs* y *outputs* (Siems & Barr, 1998; Sufian, 2009).

Función de producción

La función de producción muestra las distintas combinaciones de factores productivos que lograrán obtener la máxima cantidad de producto. Cuando hay avance tecnológico, las empresas cambian sus métodos productivos, por lo tanto, varían las funciones de producción y se vuelven más eficientes, es decir, se puede producir más bienes y/o servicios con la misma cantidad de factores productivos que se estaban utilizando o, dicho de otra manera, con un menor costo de producción.

La función de producción muestra la cantidad máxima de *output* que se puede lograr mediante la combinación de diversas cantidades de *input*. Este concepto es la base para la creación de la relación insumo-producto. Una función de producción implica la estimación entre la relación de las entradas (usualmente acciones o flujos de capital y trabajo) con las medidas de salida, como ventas y valor agregado. En otras palabras, la función relaciona la variación del producto final en relación con la variación de la aplicación de un factor de producción específico, o la variación de todos los factores simultáneamente.

La teoría de la producción es utilizada para evaluar la productividad de diferentes *outputs* empresariales como: capital, trabajo, gastos con investigación y desarrollo (Berndt, 1991). En el abordaje que realiza esta teoría, una organización, para ser económicamente eficiente, debe alcanzar algunos objetivos económicos, tales como minimizar costos y optimizar sus beneficios (Cummis et al., 2010). De acuerdo con Mittal y Nault (2009), una función de producción es una relación matemática entre las cantidades de *inputs* y *outputs*.

Función de producción universitaria

Antes de conocer la función de producción que caracteriza su proceso productivo, se hace necesario identificar la relación existente entre los *inputs* y los *outputs* de

la actividad universitaria. Por tanto, para tratar de encontrar la función de producción hay que comenzar con la identificación de las variables implicadas y posteriormente, tratar de observar el tipo de relación que pueda existir entre ellas. Es decir, es necesario identificar que recursos humanos, materiales y financieros a partir de los cuales las universidades desarrollan sus funciones docentes e investigadoras.

Los inputs y outputs de la actividad universitaria

A continuación, se presenta los inputs y outputs de la actividad universitaria

Tabla 4

Inputs y outputs de la actividad universitaria

Recursos	Inputs	Actividad	Outputs
Humanos	<ul style="list-style-type: none"> - N° de profesores TP. - N° de profesores TC. - N° de profesores ETC. - N° de profesores nombrados. - N° de profesores no nombrados. - 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 o físicos	<ul style="list-style-type: none"> - Infraestructuras (ubicaciones). - N° de ordenadores. - Inversión física. 	Investigación	<ul style="list-style-type: none"> - N° publicaciones (libros, revistas, etc.). - Ayudas externas a la investigación.
Financieros	<ul style="list-style-type: none"> - Presupuesto. - Ayudas externas a la investigación. - Gastos en libros y revistas 		<ul style="list-style-type: none"> - N° de tesis. - N° de citas

Fuente: Recuperado de Martin (2007). La Eficiencia Productiva en el Ámbito Universitario: Aspectos Claves para su Evaluación.

La eficiencia del proceso productivo

La decisión del empresario es producir eficientemente. El concepto de eficiencia, en economía, se asocia con el hecho de utilizar la menor cantidad de recursos posible para obtener una determinada cantidad de producto. Eso implica que la empresa puede escoger entre varios métodos de producción alternativos. Sin embargo, seleccionará aquél que sea consistente con su objetivo de maximización de beneficios. Para comprender mejor cómo lo hace, conviene distinguir entre eficiencia técnica y eficiencia económica.

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, 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" (Femández, 2000).

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

Aunque el estado de la tecnología es un dato para el empresario, éste tratará, sin embargo, de actuar racionalmente a la hora de elegir la combinación de factores que le permita obtener la cantidad de producto que él desee, minimizando el uso de los recursos. Entonces, con el conocimiento de la tecnología, la empresa buscará la eficiencia técnica y descartará aquellas combinaciones de factores que, para obtener una misma cantidad de producto, exijan el uso de mayores cantidades de dichos factores. Un método de producción es técnicamente eficiente

si la producción que se obtiene es la máxima posible con la cantidad de factores especificada. La eficiencia técnica implica que, para producir mayores cantidades de un bien, dado que se están utilizando todos los recursos que existen (pleno empleo), deberá renunciarse a otros bienes que se estén produciendo (Costo de oportunidad).

Es la situación en la que "no es posible aumentar la producción neta de un bien sin reducir la producción de otro bien" (Femández, 2000), 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 mencionada 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 4) 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.

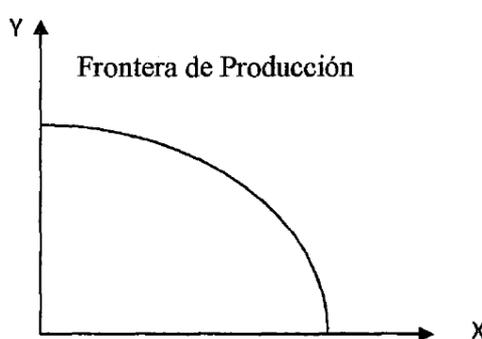


Figura 4. Frontera de Posibilidades de Producción

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**

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

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

Puntos por encima de la frontera de producción es imposible, dado que sobrepasa la máxima producción que se puede lograr con el nivel de recursos utilizados.

➤ **Si todos los factores son variables**

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

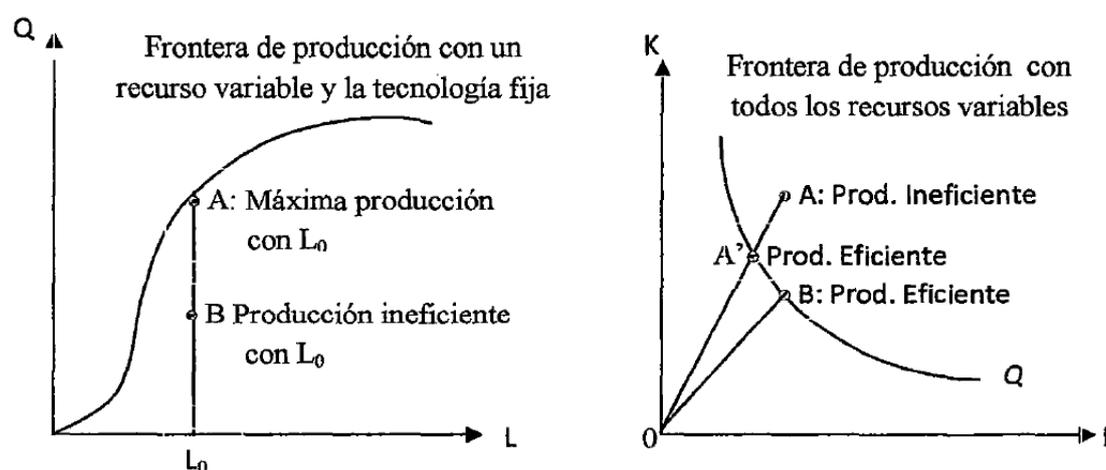


Figura 5. Frontera de Producción con Recursos Variables

Cuando todos los factores son variables, 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:

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

Para elegir, deberá considerar no sólo aquel método que utilice menor cantidad de recursos sino también el que tenga menor costo posible, por lo tanto, tendrá en cuenta los precios de los factores productivos y éste es el concepto de eficiencia económica.

b. La Eficiencia de Precios (o asignativa)

Teniendo en cuenta la eficiencia técnica y para un determinado conjunto de precios de los factores, la eficiencia económica nos permite elegir el mejor método de producción, al menor costo posible. Un método es económicamente eficiente si es el método más barato de producir para un conjunto de precios de los factores.

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 de la Isocuanta se le adiciona la recta de los precios relativos denominada también Isocosto (Figura 4)

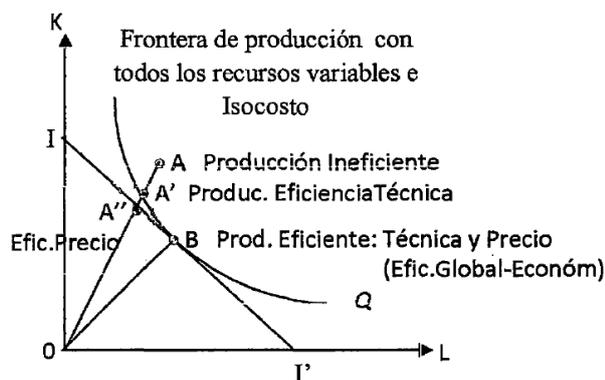


Figura 6. Frontera de Producción con todos los Recursos Variables e Isocosto

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 isocuantas eficiente:

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

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, 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 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.

$$EG_A = ET_A * EP_A$$

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

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).

El producto marginal (PMg)

El producto marginal (PMg) de un factor variable (como el trabajo) es la producción adicional que se obtiene utilizando de ese factor. En otras palabras, es el aumento en el producto total que se obtiene al utilizar una unidad adicional del factor variable, manteniendo constante el resto de los factores productivos.

Los rendimientos marginales son crecientes dado que el producto marginal de un trabajador adicional es mayor que el correspondiente al trabajador anterior. Los rendimientos marginales son decrecientes ya que el producto marginal de un trabajador adicional es menor que el correspondiente al trabajador anterior.

Ley de los rendimientos decrecientes

La Ley de la productividad marginal decreciente o Ley de los rendimientos decrecientes afirma que, si se mantienen constantes la tecnología y las cantidades de todos los otros factores, al seguir incrementando la cantidad del factor variable (por ejemplo, el trabajo), llegará un momento en donde los aumentos en la producción serán cada vez menores e, incluso, eventualmente puede declinar. Cabe aclarar que la ley de los rendimientos decrecientes tiene lugar en el corto plazo debido a la presencia de factores fijos en la producción.

Economía de escala

En el largo plazo la empresa puede modificar la escala. El concepto de escala se refiere al tamaño de la empresa medido por su nivel de producción. Las propiedades técnicas de la producción a largo plazo se establecen en torno al concepto de rendimientos de escala, que se aplica sólo cuando todos los factores varíen simultáneamente y en la misma proporción (Eatwell, 1987).

Existen rendimientos crecientes de escala o economías de escala cuando al variar simultáneamente la cantidad utilizada de todos los factores, en una determinada proporción, la cantidad de producto varía en una proporción mayor (Vassilakis, 1987). Se dice que existen rendimientos constantes de escala cuando la cantidad utilizada de todos los factores y la cantidad obtenida de producto varían en la misma proporción. Por último, existen rendimientos de escala decrecientes o deseconomías de escala cuando al variar simultáneamente la cantidad utilizada de todos los factores en una proporción determinada, la cantidad obtenida de producto varía en una proporción menor (Basu, 2008).

Eficiencia técnica orientada al Input

Koopmans (1951), definió la eficiencia técnica como la combinación insumo/producto factible, en el que es imposible reducir uno de los insumos sin que simultáneamente no se requiera incrementar por lo menos alguno de los otros. En otras palabras, se dice que una Unidad de Decisión produce sobre la Frontera de Posibilidades de Producción si para disminuir uno de sus insumos necesita incrementar al menos uno del resto que utiliza, dado que el nivel de producción se mantiene constante (Fried et al., 1993) y (Ruggiero, 1996). Asimismo, Debreu (1951) y posteriormente Farrell (1957) desarrollaron un índice de eficiencia técnica que equivalía a 1 menos la reducción equiproporcional en todos los inputs que permiten seguir manteniendo el mismo nivel de producción (Fried et al., 1993) y (Ruggiero, 1996). Si este valor es igual a 1, entonces se dice que la Unidad Tomadora de Decisión es eficiente, pues no es posible reducir los insumos utilizados sin afectar el nivel de producción.

Eficiencia técnica orientada al output

La definición de eficiencia técnica según Koopmans (1951) refiere a la combinación insumo/producto factible, en la que es imposible incrementar uno de los productos sin que a la vez no se necesite reducir por lo menos alguno de los otros. En otros términos, una Unidad de Decisión produce sobre la Frontera de Posibilidades de Producción si para incrementar uno de sus productos requiere reducir al menos uno del resto que produce, dado que la cantidad de insumos se mantiene constante (Fried et al., 1993) y (Ruggiero, 1996). De otro lado, Debreu (1951) y luego Farrell (1957) crearon índices de eficiencia técnica que equivalen al máximo incremento equiproporcional en los productos sin alterar la cantidad de insumos inicial (Fried et al., 1993) y (Ruggiero, 1996). De ser factible este incremento equiproporcional en los productos, entonces el valor de la medida de eficiencia calculada será mayor que 1, y, por tanto, la Unidad Tomadora de Decisión, ineficiente técnicamente.

1.1.5 Medición de la eficiencia en el sector educativo

A pesar de la abundante literatura sobre la evaluación de la eficiencia en educación aún siguen vigentes muchos interrogantes sobre la función de producción en este sector (Engert, 1996). Las explicaciones de esta situación son diversas. La educación no es algo instantáneo, sino que produce sus efectos en el medio plazo; el output, multidimensional y difícil de medir, es consecuencia de un proceso complejo influido por diversos factores, algunos al margen del control de las unidades productivas, etc. Todo ello dificulta extraordinariamente la definición de una función de producción educativa genérica que incorpore correctamente todos los aspectos relevantes del proceso de producción educativa y, en consecuencia, la posibilidad de medir la eficiencia mediante una simple comparación entre los resultados reales y los que potencialmente podrían obtenerse (Hanushek, 1986). En este contexto el interés de los investigadores se ha dirigido a intentar definir y medir el output educativo, identificar los factores que tienen una mayor influencia sobre éste y relacionar unos con otros respetando las especiales características del sector. La medición del output educativo suele limitarse a aquellas dimensiones que son relativamente fáciles de medir y estén

directamente relacionadas con los objetivos fundamentales del nivel educativo correspondiente. En cuanto a los inputs, pese a las dificultades que plantea la especificación de una función de producción educativa, existe evidencia empírica para identificar los factores que tienen una mayor influencia sobre el output educativo.

Técnica para medir la eficiencia relativa

En cuanto a la técnica utilizada para medir la eficiencia relativa de las instituciones educativas, la mayor parte de los trabajos optan por aproximaciones no paramétricas y, concretamente, por el Análisis Envolvente de Datos (DEA). La elección se basa, entre otras razones, en su gran flexibilidad, lo que resulta especialmente adecuado en un ámbito como el educativo en el que se desconoce la función de producción, y en su capacidad para adaptarse a procesos en los que intervienen no solo una diversidad de inputs sino también, una serie de outputs intermedios, en lugar de un único output final. Martín (2007), en su estudio sobre la eficiencia productiva en el ámbito universitario, indica que el método DEA ocupa un lugar destacado entre los métodos desarrollados para cuantificar la eficiencia de las instituciones sin fines de lucro. Como principales ventajas del DEA destacan:

- Su capacidad de adaptarse a sectores caracterizados por la presencia de múltiples *inputs* y múltiples *outputs*.
- Su capacidad de ajustarse a la situación de ausencia de precios.
- La posibilidad de expresar los *inputs* y los *outputs* en unidades de medida diferentes.
- La posibilidad de evitar la imposición de una forma funcional determinada para la función de producción.

Sin embargo, también señala que la aplicación del DEA tiene ciertas limitaciones: su carácter determinístico; la necesidad de que las Unidades comparadas sean homogéneas; la posible saturación del modelo si no se mantiene la proporción óptima entre Unidades a analizar y variables utilizadas, o la propia flexibilidad del modelo. A pesar de ello, en los últimos años, el desarrollo de nuevas extensiones

del modelo ha permitido ir superando los inconvenientes que presenta éste en la práctica, convirtiéndose en una herramienta cada vez más utilizada, no sólo para la evaluación y análisis de la eficiencia técnica, sino también como punto de partida para la toma de decisiones, dada la riqueza de la información que entrega.

El DEA trata de definir la frontera de producción empírica formada por las mejores unidades observadas, para posteriormente cuantificar el grado de eficiencia de las observaciones que forman parte de la muestra, es decir, su distancia en relación con la frontera, a través de la programación lineal. Así, el DEA compara a cada unidad únicamente con las mejores unidades observadas, siendo el indicador de eficiencia que se obtiene relativo, es decir, el DEA es una medida de eficiencia relativa.

Análisis Envoltente de Datos – DEA

El DEA, introducido por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), se caracteriza por no imponer una forma funcional determinada en la función de producción, sino que se establecen unos supuestos sobre las propiedades de la tecnología que permiten definir el conjunto de procesos productivos factibles, cuya frontera envuelve a los datos observados. La formulación estándar del programa puede adoptar varias formas en función de que se opte por una orientación a la reducción de inputs o al incremento de outputs, o se presente como un programa fraccional (modelo original), lineal o dual. Sin embargo, todas ellas comparten el mismo enfoque: la eficiencia de cada unidad depende de la capacidad de cada productor para mejorar sus resultados o reducir el consumo de recursos, estando sujeto a unas restricciones que reflejan la actividad del resto de productores.

Por lo tanto, para medir la eficiencia, cuando nos encontramos con múltiples inputs y outputs, surge la formulación propuesta por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), conocida como modelo CCR, que adopta la forma fraccional expuesta en la Tabla 5.

La complejidad que presenta la resolución del programa en forma fraccional llevó a Charnes, Cooper y Rhodes (1979) a transformarlo en uno equivalente de programación lineal.

La versión utilizada en la mayor parte de los trabajos aplicados es el dual del programa lineal puesto que cada una de las variables que aparecen en él tiene un significado concreto y es una formulación más sencilla (Ganley y Cubbin, 1992).

Tabla 5

Formulación básica del DEA: modelo CCR

Fraccional	Dual
$Max. h_0 = \frac{\sum_{r=1}^R U_{ro} Y_{ro}}{\sum_{i=1}^I V_{io} X_{io}} \text{ s.a.: } \frac{\sum_{r=1}^R U_{ro} Y_{rj}}{\sum_{i=1}^I V_{ro} X_{ro}} \leq 1, j = 1, 2, \dots, n$ $V_{io}, U_{ro} \geq 0; \quad r = 1, 2, \dots, s$ $j = 1, 2, \dots, m$	$Minimiza \theta_0 - \epsilon \left[\sum_{i=1}^m S_i^* + \sum_{r=1}^s S_r^* \right] \text{ s.a.: } \sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} + S_i^* = \theta_0 X_{io}$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} - S_r^* = Y_{ro}, \quad \lambda_j, S_i^*, S_r^* \geq 0, j = 1, 2, \dots, n$ $i = 1, 2, \dots, m$ $r = 1, 2, \dots, s$

Fuente: Charnes, Cooper y Rhodes (1978)

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 de medida se comparan directamente con otras unidades de medida o una combinación de ellas.
- No precisa de la existencia de un sistema de precios sobre input y output, los cuales son a menudo desconocidos en Instituciones Educativas Superiores.
- 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.

- Riqueza de los resultados ofrecidos que puedan constituir una base de sumo interés en la implementación de estrategias de mejora de la gestión institucional de los centros ineficientes.

Limitaciones del modelo DEA.

- 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, tiene una alta sensibilidad a la presencia de outliers (valores atípicos) y/o 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) es bajo.
- Se asume que las unidades de medición son relativamente homogéneas y emplean la misma tecnología para convertir input en output.

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 en 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 orientado y,
- El tipo de rendimiento de escala que caracteriza la producción.

En el gráfico (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 (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 (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 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 (c) se representan las actividades económicas que se realizan con dos insumos (x_1 y x_2) y un producto (y) donde la frontera que se forma es la mínima cantidad de insumos que se utilizan para determinado nivel de producción o input orientado.

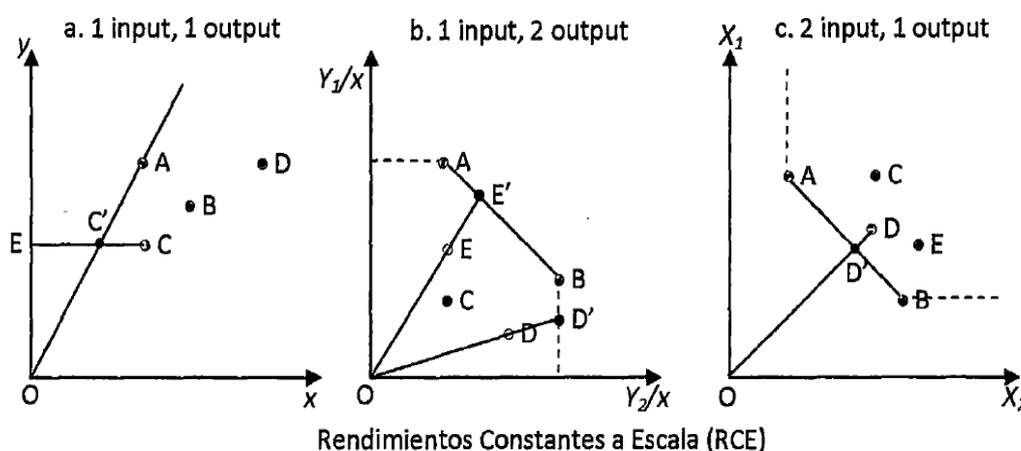


Figura 7. Frontera de Producción y los Rendimientos a Escala Constante

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

- a. $ETA = 1$ b. $ETA = 1; ETB = 1$ c. $ETA = 1; ETB = 1$

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 ($\sum u_r y_{ro}$) y la suma ponderada de inputs ($\sum v_i x_{io}$):

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

Sujeto a:

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

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

Donde:

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

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

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

\mathbf{Y}_{r0} representa la cantidad de output de la unidad que se evalúa.

\mathbf{U}_r ($r = 1, 2, \dots, m$) y \mathbf{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:

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

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:

$$U_r = t * U_r$$

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

$$t = \frac{1}{\sum v_i x_{i0}}$$

Sustituyendo en el modelo anterior fracciona} se obtiene el modelo lineal equivalente conocido como modelo en forma multiplicativa:

$$Max_{u,\delta} \quad w_0 = \sum u_r y_{r0}$$

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:

$$Max_{u,\delta} \quad w_0 = u^T y_0$$

Sujeto a:

$$\delta^T x_0 = 1$$

$$u^T Y - \delta^T X \leq 0$$

$$u^T, \delta^T \geq I\varepsilon$$

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

y₀: es el vector output de la unidad evaluada

X: matriz de inputs (m x n)

x₀: es el vector input de la unidad evaluada

u: vector (s x 1) pesos outputs

➤ 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

Tabla 6

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	$Y\lambda \geq y_0$	$\delta^T x_0 \geq 1$
$\mu^T Y - \delta^T X \leq 0$	$\lambda \geq 0$	$\theta x_0 - X\lambda \geq 0$	$\mu^T \geq 0$

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:

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

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):

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

Sujeto a :

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

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

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

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:

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

Sujeto a :

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

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

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

b. Modelos DEA-BCC

En el 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 insumes), rendimientos crecientes a escala (el aumento porcentual de la producción es mayor al aumento porcentual de los insumes) o rendimientos decrecientes a escala (el aumento porcentual de la producción es menor al aumento porcentual de los insumes), 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):

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

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

➤ 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:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{u,v,k} \quad h_0 &= \frac{u^T y_0 + k_0}{v^T x_0} \\ \text{Sujeto a:} \\ \frac{u^T Y_j + k_0}{v^T X_j} &\leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \\ u^T v^T &\geq I\epsilon \\ k_0 &\text{ no..restringida} \end{aligned}$$

➤ 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

En consecuencia, el modelo DEA-BCC Envolvente (pág 100, íbidem) y suponiendo rendimientos variables a escala, tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Min}_{\theta, \lambda, s^+, s^-} \quad & z_0 = \theta - \epsilon(Is^+ + Is^-) \\ \text{Sujeto a:} \quad & \\ & \lambda Y = y_0 + s^+ \\ & \lambda X = \theta x_0 - s^- \\ & \bar{1}\lambda = 1 \\ & \lambda, s^+, s^- \geq 0 \end{aligned}$$

1.1.6 Determinantes de la eficiencia en el sector educativo

Para relacionar recursos y resultados educativos una de las funciones de producción educativa más aceptada empíricamente (Levin, 1974; Hanushek, 1979) sería la definida por el siguiente modelo.

$$A_{is} = f(B_{is}, P_{is}, S_{is}, I_{is}) \tag{Ecuación 1}$$

Donde i denota alumno y s hace referencia a la escuela. A_{is} es el vector que recoge los outputs educativos, frecuentemente medido como el resultado en una o varias pruebas objetivas de conocimientos. A la derecha de la Ecuación 1 estarían

los inputs educativos, variables necesarias para que se produzca la adquisición de conocimientos en mayor o menor medida. B_{is} serían las características socioeconómicas en el hogar, P_{is} las influencias de los compañeros, S_{is} los inputs escolares tales como material educativo o la infraestructura del centro y finalmente I_{is} denotaría la capacidad innata del alumno y otras características no observables del alumno. La función anterior puede ser estimada asumiendo que existen comportamientos ineficientes por parte de las escuelas, pero también de los alumnos a través de la Ecuación 2.

$$A_{i,s} = f(B_{i,s}, S_{i,s}, P_{i,s}, I_{i,s}) - u_{is} \quad (\text{Ecuacion2})$$

Donde $u_{i,s}$ sería el nivel de eficiencia. Valores nulos de u_{is} suponen que las unidades analizadas son plenamente eficientes, es decir, dado su nivel de inputs educativos y dada la tecnología existente estos centros están maximizando y gestionando correctamente el nivel de outputs que obtienen. Valores positivos de u_{is} señalarían que el centro es ineficiente y por tanto la cuantía de la ineficiencia indica la cantidad de *output* que podría ser aumentado si se eliminara la ineficiencia.

El concepto de ineficiencia sugiere el despilfarro de los recursos existentes para llevar a cabo una actividad productiva. A veces, tanto los inputs escolares como familiares pueden presentar valores adecuados y sin embargo los resultados académicos pueden ser bajos. Este hecho es posible por la existencia de comportamientos ineficientes. La ineficiencia aparece cuando alguno(s) de los agentes implicados: alumno, padres del alumno, profesor, decano de escuela profesional, autoridades políticas educativas, etc. no cumple adecuadamente con su papel.

Las causas de la eficiencia educativa serían diversas, aunque fundamentalmente debidas al centro educativo y al alumno. En primer lugar, los profesores de una escuela se enfrentan a un marco legal que en buena medida limita y condiciona la organización de los recursos educativos. Así, una legislación educativa difusa en cuanto a sus objetivos y con unos incentivos docentes limitados puede afectar

negativamente a la organización de los tamaños de las clases, el desdoble de grupos, la mayor remuneración de los mejores profesores o el uso del mecanismo de repetición de curso. En segundo lugar, el sistema pedagógico utilizado por el profesor puede ser inadecuado para los alumnos que trata de educar, lo que podría llevar a una caída de la atención o incluso de la disciplina en clase que también afectaría a los resultados. Por último, la titularidad de la escuela, y por tanto el margen de discrecionalidad a la hora de tomar decisiones, puede influir en la contratación y el despido del profesorado, la introducción de incentivos, la selección de alumnos y las fuentes de financiación para producir la educación, condicionando así los mecanismos docentes de la escuela.

En cuanto al alumno si bien está claro que las variables de la Ecuación 1 son determinantes de su rendimiento y todos los alumnos deben enfrentarse a ellas, existen otras características que pueden condicionar su educación. Por ejemplo, el tipo de familia en la que el alumno se encuentra y las relaciones entre sus padres, ya que puede ser un indicador de dificultades afectivas que podrían influir en su aprendizaje.

En definitiva y de acuerdo con la Ecuación 2 consideramos que existen tres tipos de variables implicadas en el proceso educativo. El vector de competencias obtenido en distintas materias (outputs), el vector de variables educativas imprescindibles para llevar a cabo la educación; tal que una mayor dotación de estas variables (individuales, compañeros y escuela profesional) aumentarían de forma monótona los resultados (inputs) y un vector de variables explicativas de la eficiencia educativa cuyo signo y cuantía deben ser determinadas.

1.2 Antecedentes

Referente a los trabajos sobre la medición de la eficiencia técnica en las universidades:

Los investigadores Tomkins y Green (1988) en su estudio analizan 20 facultades de contabilidad en Reino Unido mediante DEA-CCR, usando tres entradas (input), a saber: profesores de tiempo completo, salarios y otros; y seis salidas (output): estudiantes de pregrado, investigaciones de postgrado, ingresos, egresados y postgraduados.

Sinuany et al. (1994) también aplica el modelo DEA-CCR con orientación a entradas para medir la eficiencia de 21 departamentos educativos en Israel, utilizando como entradas las siguientes: gastos operativos y salarios del profesorado; y como salidas las siguientes: dinero de subvención, publicaciones, graduados y créditos del departamento (horas); los resultados indican cuáles departamentos deben aumentar los estudiantes de postgrado; y como complemento realizan análisis clúster y análisis de costos por estudiante.

Castrodeza y Peña (2002) en su estudio realizan una medición con modelos CCR y BCC orientados a salidas en 22 departamentos de Ciencias Sociales y Jurídicas, de la Universidad de Valladolid, tomando como entradas las siguientes: recursos propios para investigación y capacidad investigadora; y como salidas las siguientes: calidad, cantidad e impacto en investigación y actividad en formación de investigadores. Bajo CRS (rendimientos de escala constantes) la eficiencia media es del 75,5%, mientras que con VRS asciende a 88,6%; dichos autores concluyen que, aproximadamente, un 13% de ineficiencia procede de problemas de escala de operación.

Murias (2004), analiza los 72 departamentos académicos de la Universidad de Santiago de Compostela; 38 de las cuales no experimentales (Ciencias Sociales y Humanidades), y 34 de las cuales experimentales (Ciencias de la Salud, Experimentales y Técnicas); dicho autor usa como entradas: capacidad docente, becarios, recursos de investigación y matriculados; y usa como salidas: créditos de licenciatura ofertados, créditos de doctorado ofertados, alumnos que aprobaron materias y producción de investigación; así entonces Murias utiliza los modelos BCC y CCR orientados a salidas. La mayoría de los

departamentos eficientes (22) pertenecen al grupo no experimental, frente a 10 del grupo experimental.

Caballero et al. (2004) estudian y evalúan 142 departamentos académicos de la Universidad de Málaga, y establecen una agregación por rama de conocimiento (Ciencias Experimentales, Ciencias de la Salud, Ciencias Sociales y Jurídicas, Enseñanzas Técnicas y Humanidades). Ellos utilizan entonces cuatro entradas, a saber: capacidad docente del profesorado funcionario y no funcionario, becarios y personal administrativo y servicios de laboratorio; así como tres salidas, a saber: matriculados, tamaño medio de los grupos de docencia y carga docente real. A partir de BCC y CCR orientado a salidas, dichos investigadores generan el modelo DEA MCDMDEA con las siguientes tres fases: DEA para Evaluación de eficiencia técnica, Modelo MCDM para asignación presupuestaria, y un nuevo modelo DEA para comprobar mejora de eficiencia media del sistema. Así ellos utilizan técnicas de toma de decisiones *multicriterio* como son herramientas de planificación ex-ante, y DEA como instrumento de evaluación ex-post.

Kaoa y Hungb (2006) aplican DEA en la Universidad Nacional Cheng Kung, evaluando 41 Facultades, seleccionan cuatro grupos de departamentos y los clasifican con descomposición de eficiencia y análisis de conglomerados, bajo los modelos CCR y BCC; las entradas consideradas son las siguientes: personal, gastos de operación y espacio utilizado; mientras las salidas son las siguientes: horas-crédito, publicaciones, donaciones externas y contratos.

Torrigo et al. (2007) estudian 152 unidades académicas de la Universidad de Málaga, considerando las siguientes dos entradas: capacidad docente del profesorado funcionario y no funcionario; y como salidas se establecen las siguientes: alumnos, participación académica de cada unidad funcional y productividad científica, aplicando los modelos BCC y CCR, orientados a salidas que permiten identificar ineficiencias de escala.

Vásquez (2007), en su trabajo de investigación “Estudio sobre la eficiencia técnica de las universidades públicas presenciales españolas”, expone que es preciso contar con estudios sobre la eficiencia técnica de las instituciones de educación superior españolas. La presente comunicación realiza un análisis de la eficiencia técnica para las

Universidades Públicas Presenciales en España, de los años académicos 2004-2005 y 2006-2007, a partir de bases de datos de la CRUE. Dicho análisis utiliza el Análisis de Envoltante de Datos con 43 universidades públicas presenciales españolas, que acogen aproximadamente el 70 por ciento del total de la matrícula universitaria en todo el territorio español. Cabe mencionar que este análisis hace énfasis en el enfoque institucional y regional, mostrando algunos resultados concluyentes sobre cómo operan las universidades públicas españolas, materia prima fundamental en la tarea de los encargados de gestionar la financiación educativa.

Martin (2008), realiza el estudio de investigación “La Medición de la Eficiencia Universitaria: Una Aplicación del Análisis Envoltante de Datos”, presenta un análisis del grado de eficiencia técnica con que actúan los departamentos universitarios, en la Universidad de La Laguna en España, llevando a cabo el análisis para un curso académico. La metodología utilizada es el Análisis Envoltante de Datos, análisis que permite conocer mejor cómo funcionan los departamentos universitarios. Además, la metodología suministra información para mejorar la eficiencia y facilitar la gestión universitaria. La principal conclusión del estudio es que la asignación de los recursos destinados a la educación superior, es susceptible de ser mejorada en los aspectos concernientes a la eficiencia en el uso de los mismos.

Pino et al. (2010) recurren al modelo CCR orientado a salidas para medir la eficiencia de los grupos de investigación en España. Utilizan las siguientes tres entradas: doctores activos, demás personal de I+D+I y subvenciones recibidas en convocatoria de ayudas; y las siguientes cuatro salidas: ingresos por proyecto, publicación en revistas ISI, tesis y contratos. Dichos autores encuentran 19 grupos de investigación eficientes y determinan cuál ha sido el grupo que aparece más veces como referencia, denominándolo líder.

Barbosa (2010) estudia 54 unidades (27 escuelas en los semestres de 2009), en las Facultades de la Universidad Industrial de Santander, implementando las siguientes cinco entradas (input): docentes de tiempo completo de planta, cátedra, con doctorado, sin doctorado y presupuesto; y con las siguientes seis salidas: cupos de pregrado, cupos de postgrado, graduados de pregrado, graduados de postgrado, evaluación docente y resultados del ECAES (Hoy Saber Pro). Incluye tres modelos CCR-BCC orientados a salidas (output); el primero de los mismos considera variables de formación, el segundo

de investigación y extensión y, el tercero, de formación, investigación y extensión; muestra que 31 unidades son eficientes. Por otra parte, el modelo BCC indica que 42 unidades son eficientes. En consecuencia, 31 unidades presentan rendimientos constantes a escala y 11 rendimientos variables a escala.

Pino y Solis (2010), desarrollan el estudio “Evaluación de la eficiencia de grupos de investigación mediante análisis envolvente de datos (DEA)”, La evaluación de los resultados de los grupos de investigación en función de los recursos de que disponen y la obtención de indicadores de eficiencia constituyen cuestiones de gran relevancia para el diseño de las políticas de fomento de la investigación y el desarrollo (I+D). La existencia del Sistema de Información Científica de Andalucía en España, permite la utilización de la técnica DEA para la medición de la eficiencia de los grupos de investigación andaluces. La aplicación a los 86 grupos andaluces del área TIC ha mostrado cómo la mayoría de ellos presentan niveles de eficiencia medios, existiendo un total de 19 grupos de investigación que son 100% eficientes. Se ha obtenido cuál ha sido el grupo de investigación líder, es decir, el que aparece como referencia en un número mayor de veces para las unidades ineficientes. Y por último, y de forma ilustrativa, se han identificado los resultados que debería lograr un grupo de investigación para llegar a ser plenamente eficiente, tomando como referencia los resultados de los grupos identificados como más eficientes.

Agasisti et al. (2011) evalúan 75 facultades italianas durante años, utilizando tres entradas, a saber: área de laboratorios, personal (administrativo y de investigación) y actividades de transferencia tecnológica; y establecen cinco salidas, a saber: ingresos de actividades financiadas, ingresos de actividades financiadas desde el extranjero, ingresos de pedidos (medida como actividades de investigación realizadas y financiadas por otras instituciones), publicaciones anuales y doctorados en cooperación con órganos externos. Ellos aplican modelos CCR y BBC orientados a salidas y concluyen que la eficiencia de los departamentos universitarios de Lombardía es la más alta (eficiencia CRS = 0.75, eficiencia VRS = 0.78).

Rodríguez (2011) evalúa las actividades de extensión en diferentes unidades de la Universidad Nacional de Colombia, definiendo 31 DMUs de la forma que se especifica a continuación. Sede Bogotá: 11 Facultades y seis institutos; Sede Medellín: cinco Facultades; Sede Manizales: el nivel central y tres Facultades; Sede Palmira: dos

Facultades y de la Sede presencia nacional: Amazonia, Orinoquia y Caribe. Empleó dos entradas, a saber: horas de dedicación de los docentes y dineros obtenidos de fuentes de financiación; así como tres salidas, a saber: proyectos, transferencias y capital relacional; relaciones internacionales en unidades, aplicando el modelo CCR, orientado a salidas. La comparación entre departamentos se hace categorizando, puesto que hay disciplinas que para adelantar sus actividades de investigación y docencia requieren de laboratorios y tecnologías, lo que conlleva una alta inversión de recursos, contrastando con aquellas que no lo requieren.

Cáceres y Kristjampoller (2012), en su estudio denominado “Análisis de la eficiencia técnica y su relación con los resultados de la evaluación de desempeño en una Universidad Chilena”, trata del uso eficiente de los recursos y la maximización de la contribución a la sociedad, de parte de las instituciones de educación superior. Así, el objetivo de esta investigación se centra en la medición de la eficiencia técnica de las Unidades Académicas de una Universidad Chilena utilizando el método de Análisis Envolvente de Datos (DEA). Se establece un marco metodológico que se adapta a la disponibilidad de información y a la tecnología productiva de la institución, aplicando procedimientos que permiten la reducción de variables a una cantidad apropiada para que los resultados del DEA sean confiables, y condiciones de borde para atender a los objetivos supuestos para la Universidad y no sólo a los de sus Unidades. Además, se plantean cursos de acción para la mejora de la eficiencia. Luego, los resultados se contrastan con el instrumento de evaluación de actividad académica que en la actualidad posee la Universidad. Como conclusión se identifica discordancia entre ambos resultados, estableciéndose las modificaciones que se debieran hacer por parte de la Universidad en sus instrumentos de evaluación hacia la mejora de la eficiencia, lo que es aplicable a otras instituciones de educación superior chilena y latinoamericana.

Ramírez y Alfaro (2013), desarrollan el estudio “Evaluación de la Eficiencia de las Universidades pertenecientes al Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas: Resultados de un Análisis Envolvente de Datos”, El objetivo de este estudio es estimar la eficiencia de dichas universidades. El trabajo se basa en la técnica de análisis envolvente de datos (DEA) y tiene en cuenta la realidad del sistema universitario chileno. Un modelo DEA con una variable de entrada (gastos operativos) y dos variables de salida (publicaciones ISI y número de estudiantes matriculados) fue

desarrollado para evaluar el desempeño de las universidades. Los resultados empíricos indican que 3 de las 25 instituciones son eficientes en el plano de investigación y docencia. Además, estos resultados no revelan diferencias estadísticamente significativas de eficiencia entre las instituciones estatales y las instituciones no estatales, como tampoco entre las instituciones con distintos años de acreditación institucional.

Barra y Zotti (2013) evalúan un grupo de 18 departamentos y seis facultades, el cual se designa HSS, así como otro grupo con 10 departamentos y tres facultades, nombrado como ST, en la Universidad de Salerno, y valoran así actividades de investigación y docencia, con tres entradas, a saber: personal equivalente, gastos de investigación y gastos de enseñanza y cinco salidas, a saber: publicaciones, índices de productividad de investigación, fondos para investigación, graduados e índices de satisfacción. De tal manera, ellos seleccionan el modelo BCC orientado a salidas y concluyen que el grupo HSS es menos eficiente que el ST. También calcularon índices de Malmquist.

Ramírez (2013), en su estudio de investigación “La eficiencia del uso de los recursos en las Facultades de la Universidad Nacional del Callao- año 2011”, el estudio se realizó utilizando la técnica de Análisis Envolvente de Datos, 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. Se determinó como ineficientes a la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 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. La Facultad de Ciencias de la Salud con una puntuación de eficiencia de 0.926 y, para que se considere eficiente se 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.

Buitrago y Espitia (2017), es su trabajo “Análisis envolvente de datos para la medición de la eficiencia en instituciones de educación superior: una revisión del estado del arte”, analiza los estudios más significativos a nivel mundial sobre medición de la eficiencia

en instituciones de educación superior (IES), que para tal fin utilizan el Análisis Envolvente de Datos. Para cada estudio se consideran las siguientes características: modelo seleccionado, orientación del modelo, entradas y salidas, resultados principales, conclusiones y empleo de algún método complementario. Se analizan estadísticamente los modelos y características estudiadas en las investigaciones citadas, destacando las pautas más usadas. Se espera que los resultados sean útiles para brindar una base a futuros investigadores sobre la forma de realizar la medición de eficiencia y el cálculo de índices de productividad, usando esta metodología según sus necesidades y requerimientos específicos. Se concluye que DEA se ha utilizado ampliamente para medir la eficiencia de la educación a nivel mundial, identificando 254 entradas y 230 salidas.

Peñate y Rivero (2016), realizan el estudio “Análisis Envolvente de Datos (DEA): una alternativa viable para la evaluación de la eficiencia en universidades” su interés por el uso eficiente de los recursos y maximizar su contribución a la sociedad, es un tema cada vez más presente en las agendas de las universidades, en particular de las ecuatorianas. Se tienen avances importantes en los últimos años en el desarrollo y aplicación de técnicas para medir la eficiencia en la Educación Superior, siendo el Análisis Envolvente de Datos (DEA) una de las metodologías ampliamente utilizada a nivel internacional. En el estudio se realizó una revisión sobre las particularidades de la evaluación de la eficiencia en las universidades, se analizaron las bases teóricas metodológicas que sustentan el DEA, y los resultados de la aplicación de esta metodología en el ámbito universitario internacional. Como resultado quedó demostrada la viabilidad y pertinencia del uso de esta técnica para evaluar el grado de eficiencia con que las universidades emplean sus recursos, por lo que debería convertirse en una herramienta propia de las universidades ecuatorianas tan urgidas de métodos y técnicas que contribuyan a la mejora de la gestión.

Villarreal y Tohmé (2017), en su estudio “Análisis envolvente de datos. Un caso de estudio para una Universidad Argentina”, analiza la eficiencia relativa del plan de estudios de un programa universitario de la Universidad Nacional del Sur de Argentina; esta situación es muy relevante, ya que los cursos del plan están financiados con fondos públicos y por lo tanto afectan la eficiencia del gasto público global. El método aplicado es el análisis envolvente de datos (DEA). Los resultados permiten identificar los cursos

optativos ineficientes que deberían aumentar el número de estudiantes y reducir al mismo tiempo el número de docentes asignados a ellos para mejorar su eficiencia. En el caso de cursos obligatorios, la mejora también requiere reducir el número de docentes auxiliares.

Alcaraz y Bernal (2017), realizan el estudio “Evaluación de la eficiencia técnica de las Universidades Públicas Estatales del noroeste de México mediante Análisis Envolvente de Datos (DEA)”, evalúa la eficiencia técnica en el uso de los recursos federales otorgados a las Universidades Públicas Estatales (UPE) mediante procesos incrementales ordinarios y fondos extraordinarios, los cuales son considerados como insuficientes por este tipo de instituciones. El objetivo es aplicar un procedimiento que permita conocer la eficiencia técnica alcanzada por las UPE del noroeste de México durante el periodo 2014-2015. La metodología empleada fue mediante el uso del Análisis Envolvente de Datos (DEA) en su modelo CCR-O. Se estima la función de producción utilizando las variables de financiamiento federal (ordinario y extraordinario) como input y alumnos de nuevo ingreso, alumnos egresados, programas educativos acreditados y cuerpos académicos como outputs. Los hallazgos principales fueron que la relación entre las variables utilizadas como input y outputs refleja una eficiencia técnica promedio de 0.860379 (en escala de 0 a 1), siendo técnicamente eficientes la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) y el Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON). Se obtienen los datos de peer group y targets para su consideración como referencia de mejora de las instituciones que no resultan técnicamente eficientes.

Referente a los trabajos sobre determinantes de la eficiencia técnica en las universidades:

Fernández et al. (2015), analizan los determinantes de la eficiencia a través de un análisis de Regresión Truncada, considerando una serie de factores que hacen referencia tanto a las características internas de las universidades como a las condiciones socioeconómicas del entorno donde éstas desarrollan su actividad. Sus hallazgos revelan, por un lado, que la variable edad presenta efectos positivos sobre la eficiencia, beneficiándose ésta del grado de experiencia en la gestión de estas instituciones adquirida a través de los años y los privilegios que reporta su reputación conocida tanto

en el ámbito nacional como internacional, mientras que la especialización en universidades politécnicas y la densidad de población regional afectan negativamente a la eficiencia. Por otro lado, y sólo cuando se consideran los factores externos en el estudio, tanto un mayor PIB per cápita regional como un elevado número de becarios contribuyen a mejorar significativamente el nivel de eficiencia universitaria.

Wolszczak-Derlacz y Parteka (2011) realizan el análisis DEA en dos etapas desarrollado por Simar y Wilson (2007), cuyos resultados indican que el “número de facultades”, la presencia de la “titulación de medicina” y el “porcentaje de mujeres sobre el total personal académico” afectan positivamente y significativamente a la eficiencia de las instituciones, mientras que la “edad de la institución” y el “porcentaje de ingresos corrientes sobre el total de ingresos” presentan una influencia negativa estadísticamente significativa sobre los niveles de eficiencia. Por otro lado, el coeficiente que hace referencia a “PIB de cada país” donde están localizadas las universidades no es estadísticamente significativo.

Warning (2004) estudia 73 universidades alemanas en el año 1998, revelando que la existencia de la “titulación de Medicina” en la universidad y la “localización de ésta en el Oeste del país” incrementa la eficiencia significativamente. Por otro lado, el “número de habitantes” de la ciudad donde está ubicada la universidad y la “edad” de la institución no muestran efectos estadísticamente significativos en los niveles de eficiencia.

Kemples y Pohl (2010) analizan 72 universidades públicas alemanas durante el periodo 1998-2003, llegando a la conclusión de que aquellas universidades localizadas en regiones económicamente más prósperas, es decir, con mayor “PIB per cápita regional”, se benefician de los efectos positivos que conlleva esa situación. Sin embargo, la presencia de la “titulación de medicina” produce efectos negativos estadísticamente significativos en la eficiencia técnica, al contrario de lo que concluía Warning (2004).

Por otra parte, Duch-Brown y Vilalta (2010), que identifican que tan sólo la calidad de los estudiantes, medido a través de la variable “umbral de notas de entrada en el primer año”, puede explicar la mayor eficiencia de las universidades, mientras que no existe una relación estadísticamente significativa entre el nivel de eficiencia de aquéllas y la

“edad”, el “grado de especialización”, el “tamaño”, el “PIB regional” o el “número de becarios”.

García-Aracil y Palomares-Montero (2008) realizan un análisis de eficiencia 43 universidades públicas españolas en el periodo 2002-2004, concluyendo que las universidades situadas en las regiones más ricas, es decir, con mayor “PIB per capita regional”, no siempre son más eficientes que aquéllas localizadas en las regiones más pobres.

Santin y Sicilia (2012) identifican los factores determinantes de la eficiencia de la educación secundaria en Uruguay utilizando los datos contenidos en PISA 2009. Para ello, se plantea realizar un análisis en dos etapas. En primer lugar, se estima la eficiencia educativa de cada uno de los centros educativos a través de un modelo DEA (*Data Envelopment Analysis*), y posteriormente se regresan los índices estimados sobre diversas variables asociadas a los centros y a los alumnos. Esta segunda etapa se lleva a cabo mediante dos metodologías: un modelo de regresión censurada (Tobit) convencional y diferentes modelos de regresión con *bootstrap* recientemente propuestos en la literatura. Los resultados del estudio cuantifican en una media de un 7,5% los comportamientos ineficientes en la producción educativa de los centros uruguayos evaluados. Los resultados de la segunda etapa, establece que el incremento de recursos educativos *per se*, como el aumento del número de profesores por grupo de alumnos, no tiene efectos significativos sobre la eficiencia.

Moreno et al. (2018), analizan las diferencias de eficiencia y sus factores explicativos de los estudiantes, según su pertenencia a escuelas públicas y privadas utilizando datos PISA 2012 para Colombia. La metodología utilizada es no paramétrica order-m y el enfoque meta frontera. Así mismo, aplicó un análisis de segunda etapa para determinar los factores explicativos de la eficiencia. Los resultados muestran la existencia de diferencias de eficiencia entre escuelas públicas y privadas, La influencia de los efectos de los estudiantes y de la escuela como componentes de la ineficiencia; la identificación de la influencia positiva sobre la eficiencia de la pertenencia de los alumnos a familias monoparentales o nucleares frente a otro tipo de tutela, la influencia de la formación de los padres, la pertenencia del alumno al grado que estudia, el mejor clima en el aula y la

localización de la escuela en el caso de la titularidad pública. El tamaño de la escuela no resultó significativo.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema

A partir del año 2014, el Estado peruano inició la Reforma Universitaria, con la aprobación de la nueva Ley Universitaria (Ley N° 30220). En el 2015 el Ministerio de Educación, le dio contenido a la reforma a través de la Política de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior Universitaria. En razón de la necesidad de mejorar la calidad promedio de los servicios educativos universitario, resultado del aumento de la cobertura, la diversidad del sistema universitario y el deterioro de los indicadores internos a las universidades (como el nivel de capacitación de los docentes, el estado de la infraestructura, y el nivel de producción científica), y externos (como la empleabilidad de los egresados y la dispersión salarial)

En ese contexto, la política institucional de la Universidad Nacional del Altiplano expresa las orientaciones, decisiones y el mandato o voluntad de la autoridad de gobierno, para la utilización eficiente de sus recursos humanos, presupuestales, tecnológicos, de información y gerenciales; teniendo en cuenta el marco normativo contenida en la Ley N° 30220, Ley Universitaria, en el Estatuto Universitario 2015, políticas nacionales, sectoriales y reglas de decisión sobre temas de administración o gestión de los sistemas administrativos. Busca impulsar la calidad académica en la formación profesional de los estudiantes e implementar y garantizar la sostenibilidad del sistema de gestión de calidad.

En tal sentido, la Universidad Nacional del Altiplano actualmente cuenta con licencia institucional para ofrecer el servicio educativo superior universitario, otorgado por la

Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU), mediante Resolución del Consejo Directivo N° 101-2017-SUNEDU/CD. Asimismo, la SUNEDU ha realizado un ordenamiento de ranking universitario del país, en el cual lo considera a esta Universidad en el onceavo lugar en el Ranking de las 33 mejores universidades del país.

Por otra parte, la Ley exige que las universidades públicas deben contar con programas acreditados, como reconocimiento público al cumplimiento de los estándares de calidad establecidos; en razón de ello, la Universidad Nacional del Altiplano ha logrado la aprobación de 26 programas académicos acreditados, con certificación oficial por el Sistema Nacional de Evaluación y Certificación de la Calidad Educativa (SINEACE).

Sin embargo, en las últimas décadas las políticas educativas se han centrado en dotar de mayores recursos al sistema, pero no se han logrado mejoras significativas en los resultados académicos. Por ejemplo, Hanushek (1986, 2003) no encuentra una relación directa y sistemática entre más recursos educativos y mejores resultados. Por lo tanto, es oportuno formular la pregunta, ¿en qué medida la operación pública de la Universidad Nacional del Altiplano es eficiente durante el periodo 2014 al 2018?. La importancia de esta medida puede ser entendida como una herramienta adicional para la toma correcta de decisiones a la hora de la asignación de recursos, o a la hora de plantear modificaciones al sistema de prestación de servicios académicos dentro de la Universidad.

En tal sentido, la eficiencia es un atributo básico de la calidad educativa universitaria, es decir, el incremento en los niveles de calidad a partir del aumento de los índices de eficiencia mediante el establecimiento de políticas en pro de mejora en cada una de las variables objeto de análisis. En este mismo sentido, y en la actual coyuntura de acreditación institucional y de los programas académicos que viven las escuelas profesionales, el conocimiento del grado de eficiencia o de la magnitud de las deficiencias en las variables propias del sistema universitario constituye una información primordial.

Entendiendo del nivel de eficiencia de las Escuelas Profesionales que conforman la Universidad Nacional del Altiplano constituye una fuente de información relevante para

la revisión de la gestión universitaria, así como para el diseño de políticas que contribuyan al mejoramiento de los servicios de educación superior universitaria, y por tanto, a una mayor satisfacción de las necesidades de educación superior de los estudiantes.

El principal reto que se plantea en esta investigación es determinar los niveles de eficiencia técnica relativa de las Escuelas Profesionales, estimando para ello una frontera eficiente de producción, en base a los insumos de capital y trabajo que se vienen empleando, esto con el fin de encontrar, para cada escuela profesional, la combinación de insumos que maximice la relación producto por factor, e identificar cuáles de ellas se gestionan correctamente, y cuáles lo hacen de manera incorrecta o por debajo de sus posibilidades.

Existen diversas técnicas que ayudan a enfocar económicamente los problemas de gestión pública (Álvarez, 2001). Pero las peculiaridades de la producción de servicios en el Sector Público convierten unas técnicas en más idóneas que otras. Dentro de las diferentes metodologías existentes, el Análisis Envolvente de Datos (DEA) (Coelli et al., 1999; Charnes et al., 1994) se ha convertido en una técnica usualmente empleada para evaluar la eficiencia, con la que actúan unidades tomadoras de decisiones, como es en este caso las Escuelas Profesionales. El análisis de la eficiencia técnica con la que actúan las Escuelas Profesionales, a través de la metodología DEA, permitirá profundizar en el conocimiento de la tecnología de producción de los Escuelas Profesionales y suministrará información para mejorar la eficiencia y, por tanto, facilitar la gestión universitaria. En este contexto, el objetivo de este trabajo es analizar la eficiencia técnica en las Escuelas Profesionales de la Universidad Nacional del Altiplano.

En ese sentido, la interrogante que guía el presente trabajo de investigación es:

2.2 Enunciados del problema

2.2.1 Problema general

¿Cuál es el nivel de eficiencia técnica de los recursos públicos en la Universidad Nacional del Altiplano en el periodo 2014-2018?

2.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuáles son las escuelas profesionales eficientes e ineficientes de la Universidad Nacional del Altiplano?
- ¿Cómo influye la condición del docente universitario sobre la eficiencia del rendimiento académico del estudiante universitario?
- ¿Cómo influye el número de estudiantes por docente sobre la eficiencia del rendimiento académico del estudiante universitario?

2.3 Justificación

Actualmente es una exigencia establecer criterios de racionalidad y eficiencia económica en la gestión de las instituciones educativas públicas de los diferentes niveles educativos, con el objetivo de mejorar en sus procesos, mediante la identificación de algunas variables que puedan afectar esta gestión de forma significativa. Por este motivo los gobiernos y organismos involucrados en la educación superior están desarrollando estrategias para optimizar la eficiencia en las universidades y así asegurar su correcto funcionamiento (Palomares, García, & Castro-Martínez, 2008).

En los últimos veinte años la Economía de la Educación está dirigiendo su atención de forma creciente a la evaluación de la eficiencia interna de los centros educación superior, principalmente públicos. El trabajo de investigación busca llevar a cabo una aplicación empírica del Análisis Envoltante de Datos (DEA), con la finalidad de analizar la eficiencia técnica en las escuelas profesionales de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA). Dicho análisis permitirá profundizar en el conocimiento de la tecnología de producción de las escuelas profesionales y suministrará información para mejorar la eficiencia y, por tanto, facilitar y mejorar la gestión universitaria.

El estudio de la eficiencia técnica de las instituciones de educación superior en los últimos años se ha convertido en uno de los tópicos más relevantes para los estudiosos de Economía de la Educación. En la actualidad, las condiciones económicas han conducido a los gobiernos a enfatizar en el control y perseguir objetivos de eficiencia y

productividad en la asignación de recursos del sector público. Esta importante preocupación ha encaminado a las instituciones educativas superiores a tener muy presente la evaluación y el control de la financiación y dotación de recursos a las instituciones públicas y, en particular, de las Universidades Nacionales.

La elaboración del presente trabajo de investigación se justifica por lo siguiente:

- El presente estudio investiga la eficiencia del uso de los insumos y recursos públicos en las escuelas profesionales de la Universidad Nacional de Altiplano.
- La metodología aplicada del modelo DEA para medir la eficiencia relativa en el uso de los recursos públicos en las escuelas profesionales como unidades de decisión en la Universidad Nacional del Altiplano, puede ser extendido y aplicado a otras Universidades Públicas del País.
- Las conclusiones del presente estudio tendrán consecuencias favorables en la Universidad Nacional del Altiplano, dado que hará conocer un modelo de análisis para considerar o mejorar la asignación de recursos y el uso de los mismos en las Escuelas Profesionales de la Universidad Nacional del Altiplano.

El modelo permite la discusión para levantar la data necesaria que determine una mejor medida de la eficiencia en el uso de los recursos en las Escuelas Profesionales y por ende una mejor distribución y uso de los recursos que se les asignan.

Cabe resaltar que uno de los resultados de mucha utilidad al que se espera llegar con la resolución de esta interrogante es la obtención de un mejor indicador del grado de eficiencia relativa de las Escuelas Profesionales de la UNA, y que ayude a detectar, en caso de su existencia, de recursos físicos y humanos ociosos.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

Determinar el nivel de eficiencia técnica de los recursos públicos en la Universidad Nacional del Altiplano en el periodo 2014-2018.

2.4.2 Objetivos específicos

- Calcular el indicador de eficiencia técnica para identificar las escuelas profesionales eficientes e ineficientes de la Universidad Nacional del Altiplano.
- Determinar cómo influye la condición del docente universitario sobre la eficiencia del rendimiento académico del estudiante universitario.
- Determinar cómo influye el número de estudiantes por docente sobre la eficiencia del rendimiento académico del estudiante universitario.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

El nivel relativo de eficiencia técnica de la Universidad Nacional del Altiplano se encuentra determinado por variables como la ratio número de estudiantes por docente, número de docentes nombrados, ratio de docentes varones con respecto a docentes mujeres.

2.5.2 Hipótesis específicas

- Sobre la base de la construcción del indicador de eficiencia técnica, se encontraría que escuelas profesionales son eficientes ($IE = 1$) y que escuelas profesionales son ineficientes ($IE < 1$).
- A mayor número de docentes nombrados influye positivamente sobre la eficiencia del rendimiento académico del estudiante universitario.
- A mayor número de estudiantes por docente influye positivamente sobre la eficiencia del rendimiento académico del estudiante universitario.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

La Universidad Nacional del Altiplano de Puno fue fundada en 1856, sin embargo, reapertura el 29 de abril de 1962 su actividad académica como Universidad Técnica del Altiplano. Posteriormente fue cambiando la denominación de la universidad: en 1961 fue nombrada Universidad Nacional Técnica del Altiplano, por Ley N° 13516, con las siglas UNTA; en 1983, Universidad Nacional del Altiplano, por la Ley N° 23733, con las siglas UNA; y 2014, Universidad Nacional del Altiplano de Puno, por la Ley N° 30220, con las siglas UNAP. El 30 de diciembre de 2017, se publica la Resolución del Consejo Directivo N° 101-2017-SUNEDU/CD, por el cual la SUNEDU otorga la licencia institucional a la Universidad

La Universidad Nacional del Altiplano está fundamentada en el desarrollo científico y humanístico de los estudiantes, tiene como misión “formar profesionales y posgraduados calificados y competitivos; aportando a la sociedad los resultados de la investigación científica, tecnológica y humanística, con identidad cultural y responsabilidad social, que contribuyan al desarrollo sostenible de la región y del país” y como visión “la Universidad Nacional del Altiplano, logra calidad académica y resultados en la investigación; licenciada y acreditada; líder en la región sur, posicionándose entre las mejores universidades del Perú, contribuyendo al desarrollo sostenible de la región y del país ”.

La Universidad Nacional del Altiplano oferta carreras profesionales para estudios de pregrado, programas académicos de maestría y programas de doctorado.

Tabla 7

Escuelas profesionales de la UNAP

Área	Facultad	Escuela Profesional	
INGENIERIAS	CIENCIAS AGRARIAS	Ingeniería Agronómica	
		Ingeniería Agroindustrial	
		Ingeniería Topográfica y Agrimensura	
		INGENIERÍA ECONÓMICA	Ingeniería Económica
		INGENIERÍA AGRÍCOLA	Ingeniería Agrícola
		INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA	Ingeniería Civil
			Arquitectura y Urbanismo
			Ciencias Físico – Matemáticas
		INGENIERÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA	Ingeniería Estadística e Informática
			INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALURGIA
			Ingeniería Metalúrgica
		INGENIERÍA DE MINAS	Ingeniería de Minas
		INGENIERÍA QUÍMICA	Ingeniería Química
		INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,	Ingeniería Mecánica Eléctrica
Ingeniería Electrónica			
BIOMEDICAS		Ingeniería de Sistemas	
		Medicina Veterinaria y Zootecnia	
		Biología	
	CIENCIAS DE LA SALUD	Nutrición Humana	
		Odontología	
	ENFERMERÍA	Enfermería	
	MEDICINA HUMANA	Medicina Humana	
SOCIALES	CIENCIAS CONTABLES Y ADMINISTRATIVAS	Ciencias Contables	
		Administración	
	CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN	Educación Secundaria	
		Educación Física	
		Educación Primaria	
		Educación Inicial	
	TRABAJO SOCIAL	Trabajo Social	
	CIENCIAS SOCIALES	Sociología	
		Turismo	
		Antropología	
Ciencias de la Comunicación Social			
	Arte		
	CIENCIAS JURÍDICAS Y POLÍTICAS	Derecho	

Fuente: Oficina de estadística de la OGPD - UNA

Ubicación

Región: Puno

Provincia: Puno

Distrito: Puno

Localidad: Ciudad Universitaria

Coordenadas:

UTM: 19L, 391160.95 m E, 8250194.32 m S

Altitud: 3831 msnm

Licenciamiento y acreditación

La Universidad cuenta con licencia institucional de funcionamiento para ofrecer el servicio educativo superior universitario, otorgado con resolución del Consejo Directivo N° 101-2017-SUNEDU/CD. Por otro lado, en la actualidad, la Universidad cuenta con 26 programas acreditados con certificación oficial por el SINEACE.

Tabla 8
Escuelas Profesionales Acreditadas por SINEACE de la Universidad Nacional del Altiplano

N°	Escuela Profesional	Programa	Vigencia	Estado	Resolución	Fecha expedición
1	Ingeniería Agronómica	Ingeniería Agronómica	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 453-2017-SINEACE/CDAH-P	20/12/2017
2	Medicina Veterinaria y Zootecnia	Medicina Veterinaria y Zootecnia	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 196-2017-SINEACE/CDAH-P	19/05/2017
3	Ingeniería Económica	Ingeniería Económica	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 162-2015-SINEACE/CDAH-P	10/12/2015
4	Contabilidad	Ciencias Contables	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 054-2016-SINEACE/CDAH-P	20/05/2016
5	Administración	Administración	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 196-2017-SINEACE/CDAH-P	19/05/2017
6	Enfermería	Enfermería	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 210-2017-SINEACE/CDAH-P	19/05/2017
7	Sociología	Sociología	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 259-2017-SINEACE/CDAH-P	12/06/2017
8	Turismo	Turismo	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 454-2017-SINEACE/CDAH-P	20/12/2017
9	Antropología	Antropología	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 053-2016-SINEACE/CDAH-P	20/05/2016
10	Ciencias de la Comunicación Social	Ciencias de la Comunicación Social	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 166-2017-SINEACE/CDAH-P	28/04/2017
11	Arte	Arte: Música	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 452-2017-SINEACE/CDAH-P	20/12/2017
12	Ingeniería Estadística e Informática	Ingeniería Estadística e Informática	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 039-2017-SINEACE/CDAH-P	23/02/2017
13	Educación Secundaria	Educación Secundaria de la Especialidad de Ciencias Sociales	Vigencia (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 166-2016-SINEACE/CDAH-P	03/11/2016
14	Educación Secundaria	Educación Secundaria de la Especialidad de Lengua, Literatura, Psicología y Filosofía	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 167-2015-SINEACE/CDAH-P	21/12/2015
15	Educación Física	Educación Física	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 238-2016-SINEACE/CDAH-P	22/12/2016
16	Educación Primaria	Educación Primaria	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 008-2016-SINEACE/CDAH-P	20/01/2016
17	Educación Inicial	Educación Inicial	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 167-2015-SINEACE/CDAH-P	21/12/2015
18	Ingeniería Química	Ingeniería Química	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 210-2016-SINEACE/CDAH-P	19/12/2016
19	Nutrición Humana	Nutrición Humana	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 135-2017-SINEACE/CDAH-P	24/04/2017
20	Odontología	Odontología	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 196-2017-SINEACE/CDAH-P	19/05/2017
21	Ingeniería de Minas	Ingeniería de Minas	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 039-2017-SINEACE/CDAH-P	23/02/2017
22	Derecho	Derecho	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 173-2017-SINEACE/CDAH-P	08/05/2017
23	Ingeniería Geológica	Ingeniería Geológica	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 056-2017-SINEACE/CDAH-P	03/03/2017
24	Ingeniería Metalúrgica	Ingeniería Metalúrgica	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 196-2017-SINEACE/CDAH-P	19/05/2017
25	Ingeniería Mecánica Eléctrica	Ingeniería Mecánica Eléctrica	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 207-2017-SINEACE/CDAH-P	19/05/2017
26	Ingeniería Electrónica	Ingeniería Electrónica	Vigente (3 años)	Acreditada	Resolución de Consejo Directivo Ad Hoc N° 056-2017-SINEACE/CDAH-P	03/03/2017
Total				26		

FUENTE: SINEACE, Resolución Rectoral N° 4646-2016-R-UNA
Elaborado por la Oficina de Planeamiento Estratégico – OGPD-UN

3.2 Población

La población son las “unidades tomadoras de decisiones” (DMU) que son las 35 escuelas profesionales (estudiantes y docentes universitarios) que conforman la Universidad Nacional del Altiplano, las que han sido analizadas en el uso eficiente de los recursos correspondiente de los años 2014 al 2018.

3.3 Muestra

La muestra y la población son iguales, se determinó con los datos que se consideraron corresponden a los inputs y outputs que utilizan las escuelas profesionales que son un total de 10 por escuela profesional, haciendo un total de 350 observaciones por año para determinar el nivel de eficiencia de las escuelas profesionales para la actividad del rendimiento académico.

3.4 Método de investigación

3.4.1 Tipo y diseño de investigación

3.4.1.1 Tipo de Investigación

La investigación es explicativa de carácter cuantitativo, no paramétrico, determinista y se vale de la programación estadística de optimización.

- El estudio se realiza teniendo como base los datos observados de la realidad.
- Busca explicar con objetividad las variables de estudio.
- El análisis es de la realidad empírica de un caso de estudio.
- La medida de eficiencia de las escuelas profesionales evaluadas es relativa en relación a una o un conjunto de facultades que lograron los mejores resultados que las califican de eficientes.
- 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.

3.4.1.2 Diseño de la Investigación

El tipo de diseño es determinista, no experimental, correlacional y de datos de panel (Sincrónicas)

3.4.2 Operacionalización de variables

Tabla 9

Operacionalización de variables para el cálculo de la eficiencia educativa DEA

Variable	Dimensión	Indicador	Instrumento
Variable Dependiente			
Output	Rendimiento académico	Número de alumnos aprobados o invictos	Reporte estadístico de datos secundarios
Variables Independientes			
Input	Recursos físicos	Número de aulas	Reporte estadístico de datos secundarios
		Numero de laboratorios	Reporte estadístico de datos secundarios
		Numero de bibliotecas	Reporte estadístico de datos secundarios
	Recursos Humanos	Número de alumnos matriculados	Reporte estadístico de datos secundarios
		Ratio alumnos por docente	Reporte estadístico de datos secundarios
		Número de personal docente	Reporte estadístico de datos secundarios
		Número de docentes nombrados	Reporte estadístico de datos secundarios
		Ratio docentes varones por docente mujer	Reporte estadístico de datos secundarios
Número de personal administrativo	Reporte estadístico de datos secundarios		

Tabla 10

Operacionalización de variables para el modelo Tobit de eficiencia educativa

Variable	Notación	Indicador	Instrumento
Variable dependiente			
Eficiencia DEA	THETA	Nivel de eficiencia educativa ($\theta \leq 1$)	DEA con Stata.
Variables independientes			
Aulas	AUL	Número de aulas	Reporte estadístico de datos secundarios
Laboratorios	LAB	Numero de laboratorios	Reporte estadístico de datos secundarios
Bibliotecas	BIB	Numero de bibliotecas	Reporte estadístico de datos secundarios
Alumnos	AMAT	Número de alumnos matriculados	Reporte estadístico de datos secundarios
	ADOC	Ratio alumnos por docente	Reporte estadístico de datos secundarios
Docentes	DOC	Número de personal docente	Reporte estadístico de datos secundarios
	DOCN	Número de docentes nombrados	Reporte estadístico de datos secundarios
	DOCVM	Ratio docentes varones por docente mujer	Revisión estadística de datos secundarios
Administrativos	ADM	Número de personal administrativo	Revisión estadística de datos secundarios

3.4.3 Técnicas de recolección de datos

Dentro de las técnicas e instrumentos de recolección de datos, para el presente trabajo de investigación se utilizará la revisión documental y la revisión estadística.

3.4.3.1 Revisión documental

Se utilizó la técnica de revisión documental de aquellos textos de mayor relevancia que hacen referencia a los objetivos anteriormente planteados. Mediante este método se procederá a la recopilación de información requerida para el estudio, entre ellas, documentos de gestión y trabajos de investigación de la Universidad Nacional del Altiplano, textos a fines, otras publicaciones, etc.

3.4.3.2 Revisión estadística

Se realizó la revisión estadística de datos observados de los alumnos matriculados, alumnos invictos, características de los docentes

universitarios, infraestructura con que se cuenta (aulas académicas, laboratorios y bibliotecas) de las escuelas profesionales y esta información se encuentra en la Oficina de Estadística, Oficina de Recursos Humanos, Oficina de Infraestructura y Oficina de Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional del Altiplano.

Tabla 11

Recolección de datos para la investigación

Nro	Datos	Fuente
1	Número de estudiantes matriculados por escuela profesional	Oficina de estadística de la OGPD – UNA
2	Estudiantes invictos por escuela profesional	Oficina de estadística de la OGPD – UNA
3	Docentes universitarios por escuela profesional	Oficina de estadística de la OGPD – UNA y Oficina de Recursos Humanos de la UNA
4	Condición del docente universitario (nombrados y contratados) por escuela profesional	Oficina de estadística de la OGPD – UNA y Oficina de Recursos Humanos de la UNA
5	Genero del docente universitario (varón o mujer) por escuela profesional	Oficina de estadística de la OGPD – UNA y Oficina de Recursos Humanos de la UNA
6	Número de aulas académicas por escuela profesional	Oficina de Infraestructura de la UNA Puno
7	Número de laboratorios por escuela profesional	Oficina de Vicerrectorado de Investigación - VRI
8	Número de bibliotecas por escuela profesional.	Oficina de Vicerrectorado de Investigación – VRI

3.4.4 Tratamiento de los datos

El procesamiento de la información recopilada implica la clasificación, sistematización y/o tabulación de los datos estadísticos, que se realizara de acuerdo a los objetivos propuestos en el trabajo teniendo en cuenta por una parte el Análisis Envolvente de Datos – DEA propuesto por Charnes et. al. (1978) para la medición de la eficiencia técnica de las escuelas profesionales de la Universidad Nacional del Altiplano; y por otro lado, la estimación del modelo Tobit de eficiencia técnica DEA, para la identificación de sus determinantes. En el procesamiento de los datos se ha utilizado el software estadístico Microsoft Excel y el software econométrico Stata 15.

El modelo DEA para medir la eficiencia en el uso de los recursos de las Escuelas Profesionales de la Universidad Nacional del Altiplano.

En cuanto a la metodología utilizada, el Análisis Envolvente de Datos, desarrollado por Charnes et al. (1978), a partir del trabajo seminal de Farrell (1957), tiene por objeto la medición de la eficiencia de lo que sus autores denominaron “unidades tomadoras de decisiones” (DMU), unidades que se deben caracterizar por consumir el mismo tipo de inputs para la obtención del mismo tipo de outputs, esto es, deben ser unidades homogéneas. El DEA trata de definir la frontera de producción empírica formada por las mejores unidades observadas, para posteriormente cuantificar el grado de eficiencia de las observaciones que forman parte de la muestra, es decir, su distancia en relación con la frontera. Así, el DEA compara a cada unidad únicamente con las mejores unidades observadas, siendo el indicador de eficiencia que se obtiene relativo.

Tabla 12

Modelos DEA para medir la eficiencia técnica

Orientation	Constant Return to Scale - CRS	Variable Return to Scale – VRS
Input Oriented	Min θ	Min θ
	s.t. $\theta x_A - X\lambda \geq 0$	s.t. $\theta x_A - X\lambda \geq 0$
	$Y\lambda - y_A \geq 0$	$Y\lambda - y_A \geq 0$
	$\lambda \geq 0$	$e\lambda=1$
Output Oriented	Max η	Max η
	s.t. $x_A - X\mu \geq 0$	s.t. $x_A - X\mu \geq 0$
	$\eta y_A - y\mu \leq 0$	$\eta y_A - y\mu \leq 0$
	$\mu \geq 0$	$e\lambda=1$
		$\mu \geq 0$

En el modelo inicial de Charnes et al. (1978), la medida de eficiencia es la razón entre la suma ponderada de entradas y de salidas de cada DMU, con la restricción de que este índice debe ser positivo y menor que la unidad ($IE \leq 1$).

El utilizado los 4 modelos para medir la eficiencia de las escuelas profesionales de la Universidad Nacional del Altiplano, así tenemos que primero se realizaron medidas de eficiencia parcial de 5 input-1 output, 2 inputs y 1 output, 1 inputs y 1 outputs, que orientan el conocimiento de las escuelas profesionales eficientes en un proceso de producción con rendimientos a escala constante, luego se relacionaron (combinaron) los insumos y los productos para aplicar el modelo DEA-CRS envolvente input-orientado, el modelo DEA CRS- envolvente output orientado, el modelo DEA-VRS envolvente input-orientado, el modelo DEA VRS- envolvente output orientado, todo ello con la finalidad de observar la coherencia de la medida de eficiencia en las diferentes escuelas profesionales de la universidad y finalmente para las recomendaciones se ha considerado el modelo DEA-CRS envolvente output-orientado dado que la asignación de los recursos (inputs) son rígidos en una universidad.

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

- Se establecieron las unidades de decisión para determinar las medidas de eficiencia como son las escuelas profesionales de la Universidad Nacional del Altiplano.
- Se identificaron las variables de análisis de los factores productivos – productos con las que realizaron actividades las escuelas profesionales de la Universidad Nacional del Altiplano.
- Se formuló la relación inputs-outputs relevantes que determinara el nivel de eficiencia con que trabajan las escuelas profesionales de la Universidad Nacional del Altiplano.
- Se identificó los modelos DEA (Data Envelopment Analysis): el DEA-CRS input – orientad, el DEA-CRS output-orientado, el DEA-VRS input – orientad, el DEA-VRS output-orientado para determinar la medida de eficiencia.
- Se aplicó los 4 modelos DEA que determinaron los resultados de la eficiencia en el uso de los recursos de cada una de las escuelas profesionales evaluadas de la Universidad Nacional del Altiplano, identificándose además la tipología de los rendimientos a escala con que realizaron sus actividades.

- Se analizará los resultados determinándose las escuelas profesionales relativamente eficientes y las escuelas profesionales relativamente ineficientes y su conjunto de referencia formado por las escuelas profesionales eficientes.
- Se determinó el DEA-VRS output-orientado como adecuado para la educación universitaria, debido a que en una universidad no existen muchos grados de libertad para influir en los *inputs*; así, la orientación seleccionada para este estudio es hacia el *output*. (Johnes, 2006; Rivero, 2006 y Hung, 2008). En relación a la selección de la escala de rendimiento, es necesario considerar rendimientos variables de escala dada la heterogeneidad de los tamaños de las unidades.

La investigación de la medida de eficiencia se realizó con variables comunes a todas las escuelas profesionales y por tanto reunieron el requisito de ser variables homogéneas y medibles tanto en los recursos que se utilizaran como en los productos que obtendrán, de lo contrario se hubiera efectuado con variables que no eran comparables entre las escuelas profesionales. Por tanto, en las variables elegidas que son comunes y globales como *inputs* y *outputs* se trata de evitar el problema de heterogeneidad que pudieron haberse presentado con los otros recursos físicos que utilizaron las unidades de decisión que se evaluaron como son de las áreas de ciencias sociales e ingenierías.

Modelo Tobit para los determinantes de la eficiencia técnica DEA

El método prevalente para encontrar los determinantes de las brechas de eficiencia entre las DMU en la literatura está utilizando el análisis de regresión de Tobit porque las puntuaciones de eficiencia están censuradas para lo anterior el valor máximo del puntaje de eficiencia. El análisis de regresión Tobit utiliza los puntajes de eficiencia como la variable dependiente para los posibles candidatos de variables influyentes, ver por ejemplo Lee, Lee y Kim (2009). Tobin propuso entonces modelizar este tipo de situaciones empleando la siguiente especificación:

$$y_i^* = x_i\beta + \varepsilon \quad \varepsilon_i/x_i \sim N(0, \sigma^2)$$

$$y_i^* = \max(0, y_i^*)$$

El modelo supone que existe una variable latente (no observable por ejemplo) y_i^* . Esta variable depende linealmente de X_i a través de un parámetro (vector) β que determina la relación entre la variable independiente (o vector) X_i y la variable latente y_i^* (Tal como en un modelo lineal). Además, hay un término de error ε_i con una distribución normal para captar las influencias aleatorias en esta relación. La variable observable y_i se define como igual a la variable latente cuando la variable latente es superior a cero y cero en caso contrario.

Supuesto de linealidad

- La regla de observabilidad de los modelos censurados establece que y_i es observable si $y_i^* > c$.
- Dado el supuesto de linealidad, la anterior desigualdad se puede expresar de manera equivalente como:

$$\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_{k-1} x_{i,k-1} + \varepsilon_i > c$$

$$(\beta_0 - c) + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_{k-1} x_{i,k-1} + \varepsilon_i > 0$$

- Solo la diferencia $\beta_0 - c$ está identificada.
- La constante del modelo solo está identificada si el umbral de censura es cero ($c = 0$)

Supuesto de normalidad y homocedasticidad

- Estos supuestos facilitan la derivación del logaritmo de la función de verosimilitud.

$$\ln L = \sum \{d_i \ln f^*(y_i/x_i, \theta) + (1-d_i) \ln F^*(c_i/x_i, \theta)\}$$

- Permiten definir:

$$f^*(y/x, \theta) = 1/2 [\ln (2\pi) + \ln \sigma^2 + (y_i - x_i\beta)^2 / \sigma^2]$$

$$F^*(c_i/x, \theta) = Pr(y^* \leq 0/x) = Pr(x\beta + \varepsilon \leq 0/x) = 1 - \phi(x_i\beta/\sigma)$$

- Entonces:

$$Ln L = \sum \{ d_i \ln f^*(y/x, \theta) + (1 - d_i) \ln F^*(c_i/x, \theta) \}$$

$$= \sum \{ d_i [- 1/2 [\ln (2\pi) + \ln \sigma^2 + (y_i - x_i\beta)^2 / \sigma^2]] + (1 - d_i) \ln [1 - \phi(x_i\beta/\sigma)] \}$$

- Por otro lado, los supuestos de Normalidad y homocedasticidad permiten derivar una expresión para E (y|x).

- La esperanza es:

$$E(y/x) = 0 \cdot Pr(y = 0/x) + E(y/x, y > 0) \cdot Pr(y > 0/x) = E(y/x, y > 0) \cdot Pr(y > 0/x)$$

- Bajo los supuestos enunciados:

$$Pr(y > 0/x) = Pr(y^* > 0/x) = Pr(\varepsilon > -x_i\beta/x) = Pr(\varepsilon/\sigma > -x_i\beta/\sigma/x)$$

$$= 1 - \phi(-x_i\beta/\sigma) = \phi(x_i\beta/\sigma)$$

$$E(y/x, y > 0) = x_i\beta + E(\varepsilon/\varepsilon > -x_i\beta/\sigma) \cdot \sigma [\phi(x_i\beta/\sigma) / \phi(x_i\beta/\sigma)]$$

- En consecuencia:

$$E(y/x) = \{ x_i\beta + \sigma [\phi(x_i\beta/\sigma) / \phi(x_i\beta/\sigma)] \} \phi(x_i\beta/\sigma) = [x_i\beta + \sigma \cdot \lambda(x_i\beta/\sigma)] \phi(x_i\beta/\sigma)$$

- Donde:

$$\lambda(x_i\beta/\sigma) = \phi(x_i\beta/\sigma) / \phi(x_i\beta/\sigma)$$

- Es la inversa del ratio de Mills (o hazard función) evaluada en $x\beta/\sigma$
- La expresión (no lineal) obtenida para E (y|x) sugiere que, dada la naturaleza mixta de la distribución, el estimador MCO no resultara apropiado para el modelo Tobit.
- ¿Qué ocurriría si en lugar de intentar estimar β partir de E (y|x) lo hiciéramos a partir de E (y | x, y > 0)?

- La regresión resultante sería más sencilla, pero el problema en ese caso radicaría en la presencia de la inversa del ratio de Mills como variable explicativa.

Efecto marginal

- El efecto marginal que presenta la beta estimado es sobre la variable latente y^*
 $\partial E(y^*/x) / \partial x = \beta$
- El coeficiente estimado debe ajustarse para ser interpretado como efecto marginal sobre la variable y
- Un cambio en la variable explicativa x tiene dos efectos sobre $E(y|x)$: por un lado, afecta a la media condicional de la variable dependiente en la parte positiva de la distribución y por otro lado afecta a la probabilidad de que la observación pertenezca a esa parte de la distribución

- En el modelo Tobit:

$$\partial E(y/x) / \partial x = \beta \phi(x_i\beta/\sigma)$$

- En general se evalúa para las variables explicativas en las medias muestrales

Especificación del modelo Tobit eficiencia DEA

$$THETA_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$$

Donde:

$THETA_i$: Representa la Eficiencia DEA de cada escuela profesional

X_i : Representa a las variables explicativas o determinantes de la eficiencia DEA de cada escuela profesional.

ε_i : Representa el termino de error.

Los modelos DEA permiten diferenciar las DMU eficientes de aquellas que no lo son, identificando el valor del indicador de eficiencia θ para cada una de ellas. Sin embargo, una vez obtenido el valor de este indicador, resulta relevante considerar

cuáles son sus determinantes. Este análisis se realiza estimando una regresión del indicador \hat{e} en función de una o más variables latentes mediante un modelo Tobit para contemplar el hecho de que \hat{e} se encuentra truncado.

3.4.5 Análisis e interpretación de los datos

La información obtenida y procesada es analizada e interpretada utilizando los métodos o test estadísticos generales y específicos que se emplean en trabajos de investigación de esta naturaleza, el cual supone la búsqueda de sentido y grado de significación de los datos recolectados que servirán para contrastar las hipótesis planteadas.

Principales contrastes estadísticos a utilizar:

- Prueba de Z- Estadistic. - Es un contraste similar a la prueba t, sirve para ver el nivel de significancia individual de los coeficientes, bajo la hipótesis nula: $H_0: \beta_i = 0$ (el coeficiente no es estadísticamente significativo en el modelo).
- Test de Razón de Verosimilitud. - Esta prueba contrasta la hipótesis nula de que los coeficientes del modelo son todos iguales a cero (excepto la constante), es decir, no son significativos. El test de LR constituye otra manera de llevar a cabo la hipótesis acerca de parámetros, es análogo a la prueba F. El estadístico LR se distribuye como una X^2 con k grados de libertad. Hipótesis nula: $H_0: B_1 = B_2 = B_3 \dots = B_k = 0$ (los coeficientes no son estadísticamente significativos). El estadístico se calcula con la siguiente formula: $LR \chi^2(k) = -2(\ln L_r - \ln L_i)$.
- Pseudos R^2 de Mc Fadden. - Este estadístico toma valores entre 0 y 1 y puede ser leído como el R^2 de los modelos lineales. La forma de construir el estadístico es simple pues se trata de una relación entre el modelo actual (irrestringido) y un modelo que será más simple, el que provee menos información (restringido). En este modelo el modelo restringido será aquel que solo contenga como variable explicativa la constante. Un R^2 de Mc Fadden mayor a 0.5 estamos ante un muy buen modelo, R^2 de Mc Fadden valores entre 0.3 y 0.5 estamos ante un buen modelo y R^2 de Mc

Fadden valores menores a 0.1 indican que el modelo analizado no es bueno para clasificar a los individuos.

3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

Asimismo, para alcanzar los objetivos y para poder determinar la veracidad o no de la hipótesis del presente trabajo de investigación se utilizó los métodos de análisis, síntesis, deducción y como herramienta econométrica de estimación máxima verosimilitud (MV), lo que permitirá aproximar los objetivos planteados para contrastar la hipótesis.

Métodos de Análisis y síntesis

Se empleó el método analítico para alcanzar el primer objetivo en la verificación de detalles minuciosos del comportamiento y las características individuales de la eficiencia técnica en las escuelas profesionales de la Universidad Nacional del Altiplano. Se empleó el método de la síntesis para alcanzar el primer objetivo al observar el comportamiento en conjunto de las variables y que permitirá establecer el tipo de relación existente entre los recursos que se utilizan y los productos que se obtienen en cada una de las escuelas profesionales de la universidad nacional del Altiplano.

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 estadística. Con la aplicación del método DEA en la medición de la eficiencia entre las Escuelas Profesionales de la Universidad Nacional del Altiplano y según la orientación de las variables (input, output-orientado) se determinó la eficiencia relativa de las escuelas profesionales que conforman la Universidad Nacional del Altiplano.

Método deductivo

Se empleó el método deductivo para alcanzar el segundo y tercer objetivo de la investigación, al determinar el grado de influencia de los factores que influyen la eficiencia técnica en las escuelas profesionales de la Universidad Nacional del Altiplano. El método deductivo, o partiendo de lo general a lo particular. El método deductivo nos permitirá formular ecuaciones del modelo, por intermedio de reducción de variables no significativas en las estimaciones del modelo con el uso de la econometría. Es decir, consiste en encontrar el proceso generador de datos, que partiendo de una especificación lo más amplia posible, para luego ir reparametrizando parsimoniosamente, utilizando criterios de significación estadística, hasta hallar una ecuación que nos provea resultados razonables y acordes a la teoría económica. La reducción de la ecuación es producto de los datos y resultados de los test estadísticos.

Máxima verosimilitud como herramienta econométrica

La econometría nos permite utilizar diferentes herramientas de estimación, por lo cual, en el presente trabajo de investigación se empleará la herramienta econométrica de Máxima Verosimilitud (MV) para alcanzar el segundo y tercer objetivo en la estimación de las ecuaciones de causa y efecto que consiste en estimar parámetros de modo tal que la probabilidad de observar y sea lo máximo posible.

$$\text{Maximizar (Ln FV)} = -n/2 \text{ Ln } \sigma^2 - n/2 \text{ Ln } (2\pi) - \frac{1}{2} \sum \frac{(Y_i - \beta_1 - \beta_2 X_i)^2}{\sigma^2}$$

Máxima Verosimilitud consiste en estimar los parámetros tal que la probabilidad de observar y dado x sea lo más alta posible (máxima). Este es generalmente un método para muestras grandes, por lo que las propiedades de los estimadores son asintóticas.

Función máximo verosímil

$$f(Y_1, Y_2, \dots, Y_n) = \prod_{i=1}^n f_i(Y_i) = \prod_{i=1}^n P_i^{Y_i} (1 - P_i)^{1 - Y_i}$$

En logaritmos, tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Ln } f(Y_1, Y_2, \dots, Y_n) &= \sum_{i=1}^n [Y_i \text{Ln}(P_i) + (1 - Y_i) \text{Ln}(1 - P_i)] = \\ &= \sum_{i=1}^n [Y_i \text{Ln}(P_i) - Y_i \text{Ln}(1 - P_i) + \text{Ln}(1 - P_i)] = \sum_{i=1}^n [Y_i \text{Ln} P_i / (1 - P_i)] + \sum_{i=1}^n \text{Ln}(1 - P_i) \end{aligned}$$

$$\text{Ln } f(Y_1, Y_2, \dots, Y_n) = \sum_{i=1}^n Y_i (\beta_1 + \beta_2 X_i) + \sum_{i=1}^n \text{Ln}(1 + e^{\beta_1 + \beta_2 X_i})$$

Diferenciando la función máximo verosímil con respecto de β se obtiene solución no lineal en parámetros.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Medición de la eficiencia técnica DEA en las escuelas profesionales

A continuación presentamos los resultados obtenidos del cálculo de la eficiencia técnica en el uso de los recursos, de acuerdo a los 4 los modelos DEA (Data Envelopment Analysis) de cada una de las escuelas profesionales evaluadas de la Universidad Nacional del Altiplano, identificándose además la tipología de los rendimientos a escala con que realizaron sus actividades: el DEA-CRS input – orientad, el DEA-CRS output-orientado, el DEA-VRS input – orientad, el DEA-VRS output-orientado para determinar la medida de eficiencia.

4.1.1.1 Modelo de eficiencia DEA – CRS orientado a input

Tabla 13

Eficiencia DEA – CRS orientado a input según escuela profesional UNAP periodo 2014 - 2018

Escuela profesional	Theta 2014	Theta 2015	Theta 2016	Theta 2017	Theta 2018	Theta Promedio 2014-2018	Var. %
Ingeniería Agronómica	0.40	0.42	0.52	0.61	0.64	0.52	59.88
Ingeniería Agroindustrial	0.61	0.71	0.43	0.75	0.76	0.65	24.10
Ingeniería Topográfica y Agrimensura	0.57	0.77	0.69	0.89	0.85	0.75	50.04
Ingeniería Económica	0.81	0.81	0.69	0.69	0.79	0.76	-2.74
Ingeniería Agrícola	0.54	0.59	0.59	0.62	0.51	0.57	-5.64
Ingeniería Civil	0.34	0.33	0.38	0.39	0.56	0.40	64.29
Arquitectura y Urbanismo	0.52	0.63	0.64	0.77	0.81	0.67	54.87
Ciencias Físico - Matemáticas	0.38	0.54	0.45	0.59	0.59	0.51	57.54
Ingeniería Estadística e Informática	0.36	0.51	0.56	0.66	0.65	0.55	81.75
Ingeniería Geológica	0.42	0.39	0.36	0.50	0.65	0.47	54.50
Ingeniería Metalúrgica	0.45	0.50	0.52	0.54	0.59	0.52	31.45
Ingeniería de Minas	0.74	0.75	0.69	0.68	0.75	0.72	1.20
Ingeniería Química	0.42	0.38	0.48	0.57	0.61	0.49	45.07
Ingeniería Mecánica Eléctrica	0.43	0.49	0.44	0.55	0.59	0.50	37.85
Ingeniería Electrónica	0.45	0.44	0.44	0.44	0.66	0.48	46.65
Ingeniería de Sistemas	0.37	0.34	0.47	0.52	0.62	0.46	66.68
Medicina Veterinaria y Zootecnia	0.23	0.34	0.37	0.41	0.42	0.35	86.37
Biología	0.46	0.58	0.61	0.70	0.80	0.63	72.12
Nutrición Humana	0.55	0.50	0.65	0.68	0.80	0.64	44.61
Odontología	0.78	1.00	0.62	0.71	0.82	0.79	4.52
Enfermería	0.83	0.94	1.00	0.97	1.00	0.95	20.64
Medicina Humana	0.61	0.80	0.79	0.76	0.80	0.75	31.09
Ciencias Contables	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
Administración	0.82	0.74	0.75	0.79	0.90	0.80	9.51
Educación Secundaria	0.62	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	61.87
Educación Física	1.00	0.72	0.79	0.66	0.64	0.76	-35.77
Educación Primaria	0.68	1.00	1.00	0.96	0.97	0.92	41.64
Educación Inicial	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
Trabajo Social	0.89	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	11.82
Sociología	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	8.13
Turismo	0.80	0.80	0.73	0.78	0.72	0.77	-11.03
Antropología	0.87	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	15.15
Ciencias de la Comunicación Social	0.65	0.64	0.59	0.68	0.82	0.68	25.74
Arte	1.00	1.00	0.85	0.91	1.00	0.95	0.00
Derecho	0.92	0.90	0.87	0.93	0.89	0.90	-2.42

Fuente: Datos obtenidos de data envelopment analysis por Stata 15.

En la Tabla 13, reúne los datos calculados que corresponden a la eficiencia DEA – CRS orientado a input según escuela profesional de la Universidad Nacional de Altiplano para el periodo 2014 - 2018, los resultados muestran que la escuela profesional de odontología es eficiente en el año 2015, enfermería es eficiente en los años 2016 y 2018, ciencias contables es eficiente en todos los años 2014 al 2018, educación secundaria es eficiente desde el 2015 al 2018, educación física es eficiente en el año 2014, educación primaria es eficiente en los años 2015 y 2016, educación inicial es eficiente en todos los años 2014 al 2018, trabajo social es eficiente desde el año 2015 al 2018, sociología es eficiente a partir del año 2015 al 2018, antropología es eficiente desde el año 2015 al 2018 y arte es eficientes en los años 2014, 2015 y 2018. Por otro lado, todas las escuelas profesionales del área académica ingeniería son ineficientes durante el periodo 2014 al 2014; de igual manera las escuelas profesionales del área académica biomédicas ineficientes son: Medicina veterinaria y zootecnia, biología, nutrición humana y medicina humana. Y las escuelas profesionales del área académica social ineficiente son: Administración, turismo y Ciencias de la Comunicación Social durante el periodo 2014 al 2018.

4.1.1.2 *Modelo de eficiencia DEA – CRS orientado a output*

Tabla 14

Eficiencia DEA – CRS orientado a output según escuela profesional UNAP periodo 2014 - 2018

Escuela profesional	Theta 2014	Theta 2015	Theta 2016	Theta 2017	Theta 2018	Theta Promedio 2014-2018	Var. %
Ingeniería Agronómica	0.40	0.42	0.52	0.61	0.64	0.52	59.88
Ingeniería Agroindustrial	0.56	0.68	0.40	0.75	0.76	0.63	36.09
Ingeniería Topográfica y Agrimensura	0.43	0.52	0.48	0.68	0.67	0.56	57.41
Ingeniería Económica	0.72	0.71	0.57	0.65	0.72	0.67	-0.14
Ingeniería Agrícola	0.41	0.46	0.48	0.59	0.51	0.49	25.08
Ingeniería Civil	0.26	0.25	0.29	0.33	0.44	0.31	67.35
Arquitectura y Urbanismo	0.37	0.41	0.42	0.61	0.67	0.49	82.24
Ciencias Físico - Matemáticas	0.36	0.54	0.43	0.59	0.59	0.50	62.73
Ingeniería Estadística e Informática	0.34	0.51	0.56	0.66	0.65	0.54	88.25
Ingeniería Geológica	0.36	0.34	0.30	0.47	0.62	0.42	73.49
Ingeniería Metalúrgica	0.38	0.50	0.50	0.54	0.59	0.50	54.38
Ingeniería de Minas	0.60	0.60	0.58	0.66	0.72	0.63	20.65
Ingeniería Química	0.42	0.38	0.48	0.57	0.61	0.49	45.07
Ingeniería Mecánica Eléctrica	0.34	0.39	0.36	0.52	0.57	0.44	68.16
Ingeniería Electrónica	0.45	0.44	0.42	0.44	0.66	0.48	47.55
Ingeniería de Sistemas	0.33	0.31	0.41	0.51	0.60	0.43	80.97
Medicina Veterinaria y Zootecnia	0.19	0.29	0.30	0.39	0.39	0.31	103.91
Biología	0.44	0.56	0.58	0.70	0.80	0.61	83.68
Nutrición Humana	0.55	0.50	0.63	0.68	0.80	0.63	44.79
Odontología	0.41	0.55	0.37	0.50	0.65	0.50	58.59
Enfermería	0.65	0.71	0.77	0.86	0.90	0.78	38.11
Medicina Humana	0.51	0.65	0.63	0.69	0.72	0.64	43.02
Ciencias Contables	0.87	0.87	0.83	0.96	0.92	0.89	5.63
Administración	0.74	0.72	0.69	0.79	0.86	0.76	16.62
Educación Secundaria	0.62	0.72	0.71	0.77	0.82	0.73	32.76
Educación Física	0.70	0.72	0.75	0.66	0.64	0.69	-7.60
Educación Primaria	0.68	1.00	1.00	0.96	0.97	0.92	41.64
Educación Inicial	1.00	0.99	0.92	1.00	1.00	0.98	0.00
Trabajo Social	0.62	0.68	0.75	0.86	0.84	0.75	34.45
Sociología	0.69	0.80	0.84	0.84	0.89	0.81	27.58
Turismo	0.75	0.76	0.65	0.77	0.71	0.73	-4.90
Antropología	0.64	0.73	0.74	0.81	0.87	0.76	35.57
Ciencias de la Comunicación Social	0.57	0.57	0.51	0.67	0.80	0.62	39.51
Arte	0.49	0.46	0.42	0.50	0.66	0.51	36.05
Derecho	0.80	0.80	0.73	0.90	0.83	0.81	2.76

Fuente: Datos obtenidos de data envelopment analysis por Stata 15.

En la Tabla 14, reúne los datos calculados que corresponden a la eficiencia DEA – CRS orientado a output según escuela profesional de la Universidad Nacional de Altiplano para el periodo 2014 - 2018, los resultados muestran que las escuelas profesionales del área social eficientes con rendimientos constantes a escala son: Educación primaria en los años 2015 y 2016 y educación inicial en los años 2014, 2017 y 2018. Por otro lado, todas las escuelas profesionales del área académica ingeniería y biomédicas son ineficientes durante el periodo 2014 al 2018.

4.1.1.3 *Modelo de eficiencia DEA – VRS orientado a input*

Tabla 15

Eficiencia DEA – VRS orientado a input según escuela profesional UNAP periodo 2014 - 2018

Escuela profesional	Theta 2014	Theta 2015	Theta 2016	Theta 2017	Theta 2018	Theta Promedio 2014 2018	Var. %
Ingeniería Agronómica	0.46	0.54	0.63	0.72	0.77	0.62	68.16
Ingeniería Agroindustrial	0.62	0.78	0.69	0.86	0.89	0.77	44.58
Ingeniería Topográfica y Agrimensura	0.45	0.52	0.49	0.69	0.68	0.57	50.86
Ingeniería Económica	0.80	0.78	0.65	0.66	0.75	0.73	-5.44
Ingeniería Agrícola	0.42	0.46	0.50	0.60	0.55	0.51	29.25
Ingeniería Civil	0.27	0.27	0.29	0.34	0.45	0.32	63.07
Arquitectura y Urbanismo	0.38	0.41	0.44	0.61	0.67	0.50	77.95
Ciencias Físico - Matemáticas	0.58	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	71.72
Ingeniería Estadística e Informática	0.44	0.66	0.81	0.86	0.98	0.75	124.77
Ingeniería Geológica	0.37	0.38	0.36	0.49	0.63	0.45	67.67
Ingeniería Metalúrgica	0.44	0.57	0.61	0.66	0.76	0.61	72.18
Ingeniería de Minas	0.64	0.63	0.64	0.66	0.72	0.66	13.79
Ingeniería Química	0.53	0.62	0.72	0.73	0.82	0.68	56.46
Ingeniería Mecánica Eléctrica	0.36	0.41	0.40	0.54	0.63	0.47	74.48
Ingeniería Electrónica	0.50	0.55	0.55	0.56	0.75	0.58	48.39
Ingeniería de Sistemas	0.36	0.37	0.42	0.53	0.61	0.46	70.17
Medicina Veterinaria y Zootecnia	0.23	0.33	0.34	0.42	0.45	0.35	96.13
Biología	0.48	0.58	0.59	0.72	0.82	0.64	71.82
Nutrición Humana	0.59	0.58	0.63	0.70	0.82	0.67	37.97
Odontología	0.44	0.55	0.50	0.61	0.77	0.58	76.02
Enfermería	0.69	0.74	0.87	0.86	0.92	0.82	33.68
Medicina Humana	0.53	0.66	0.64	0.71	0.74	0.66	41.19
Ciencias Contables	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
Administración	0.80	0.76	0.77	0.79	0.89	0.80	10.99
Educación Secundaria	1.00	0.77	0.81	0.78	0.89	0.85	-11.01
Educación Física	0.75	0.87	0.83	0.76	0.81	0.80	8.29
Educación Primaria	0.78	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	28.96
Educación Inicial	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
Trabajo Social	0.66	0.72	0.85	0.88	0.87	0.80	31.01
Sociología	0.72	0.82	0.93	0.84	0.89	0.84	24.23
Turismo	0.79	0.78	0.70	0.78	0.73	0.76	-8.23
Antropología	0.66	0.74	0.81	0.81	0.87	0.78	33.12
Ciencias de la Comunicación Social	0.58	0.58	0.51	0.68	0.81	0.63	38.33
Arte	0.52	0.56	0.60	0.66	0.78	0.62	48.87
Derecho	0.89	0.87	0.82	0.92	0.86	0.87	-3.27

Fuente: Datos obtenidos de data envelopment analysis por Stata 15.

En la Tabla 15, reúne los datos calculados que corresponden a la eficiencia DEA – VRS orientado a input según escuela profesional de la Universidad Nacional de Altiplano para el periodo 2014 - 2018, los resultados muestran que las escuelas profesionales del área académica social eficientes con rendimiento variable a escala son: Ciencias contables durante 2014 al 2018, educación secundaria solo en el año 2014, educación primaria desde el año 2015 al 2018 y educación inicial durante el periodo 2014 al 2018. Por otro lado, todas las escuelas profesionales del área académica ingeniería son ineficientes durante el periodo 2014 al 2014, a excepción de la escuela profesional de ciencias físico – matemático que presenta eficiencia técnica a partir del año 2015 al 2018. Respecto a las escuelas profesionales del área académica biomédicas, todas presentan ineficiencia durante el periodo 2014 al 2018.

4.1.1.4 *Modelo de eficiencia DEA – VRS orientado a output*

Tabla 16

Eficiencia DEA – VRS orientado a output según escuela profesional UNAP periodo 2014 - 2018

Escuela profesional	Theta 2014	Theta 2015	Theta 2016	Theta 2017	Theta 2018	Theta Promedio 2014 2018	Var. %
Ingeniería Agronómica	0.42	0.43	0.55	0.63	0.65	0.54	54.52
Ingeniería Agroindustrial	0.57	0.69	0.41	0.77	0.78	0.64	37.56
Ingeniería Topográfica y Agrimensura	0.46	0.56	0.55	0.70	0.70	0.59	50.42
Ingeniería Económica	0.81	0.80	0.68	0.67	0.78	0.75	-4.32
Ingeniería Agrícola	0.45	0.50	0.56	0.60	0.53	0.53	17.86
Ingeniería Civil	0.30	0.28	0.35	0.34	0.48	0.35	59.59
Arquitectura y Urbanismo	0.41	0.46	0.49	0.63	0.71	0.54	72.59
Ciencias Físico – Matemáticas	0.42	0.54	0.43	0.61	0.61	0.52	46.74
Ingeniería Estadística e Informática	0.35	0.51	0.56	0.69	0.67	0.56	89.30
Ingeniería Geológica	0.39	0.37	0.35	0.49	0.64	0.45	63.28
Ingeniería Metalúrgica	0.41	0.51	0.53	0.55	0.60	0.52	49.11
Ingeniería de Minas	0.67	0.66	0.68	0.67	0.76	0.69	13.50
Ingeniería Química	0.42	0.38	0.49	0.58	0.63	0.50	49.45
Ingeniería Mecánica Eléctrica	0.38	0.43	0.41	0.53	0.58	0.47	53.39
Ingeniería Electrónica	0.47	0.44	0.46	0.45	0.66	0.50	42.45
Ingeniería de Sistemas	0.36	0.33	0.46	0.52	0.62	0.46	69.92
Medicina Veterinaria y Zootecnia	0.22	0.32	0.35	0.40	0.41	0.34	91.50
Biología	0.46	0.59	0.63	0.70	0.80	0.64	72.36
Nutrición Humana	0.58	0.51	0.69	0.68	0.80	0.65	39.03
Odontología	0.45	0.58	0.40	0.51	0.66	0.52	48.90
Enfermería	0.72	0.78	0.88	0.87	0.93	0.84	29.55
Medicina Humana	0.54	0.69	0.69	0.69	0.73	0.67	33.61
Ciencias Contables	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
Administración	0.82	0.78	0.80	0.80	0.90	0.82	10.17
Educación Secundaria	1.00	0.80	0.83	0.80	0.94	0.87	-6.17
Educación Física	0.77	0.72	0.77	0.67	0.66	0.72	-14.22
Educación Primaria	0.71	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94	40.12
Educación Inicial	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
Trabajo Social	0.69	0.75	0.87	0.89	0.88	0.82	27.48
Sociología	0.75	0.84	0.94	0.84	0.89	0.85	19.30
Turismo	0.82	0.81	0.74	0.78	0.72	0.77	-12.34
Antropología	0.70	0.77	0.83	0.82	0.89	0.80	28.12
Ciencias de la Comunicación Social	0.63	0.62	0.57	0.67	0.81	0.66	28.80
Arte	0.52	0.47	0.44	0.52	0.68	0.52	30.52
Derecho	0.90	0.88	0.84	0.92	0.88	0.89	-2.53

Fuente: Datos obtenidos de data envelopment analysis por Stata 15.

En la Tabla 16, reúne los datos calculados que corresponden a la eficiencia DEA – VRS orientado a output según escuela profesional de la Universidad Nacional de Altiplano para el periodo 2014 - 2018, los resultados muestran que las escuelas profesionales del área social eficientes con rendimientos variable a escala son: Ciencias contables durante el periodo 2014 al 2018, educación secundaria solo en el año 2014, educación primaria a partir del año 2015 al 2018 y educación inicial durante el periodo 2014 al 2018.

4.1.2 Análisis descriptivo de la eficiencia técnica DEA

Área académica de ingenierías

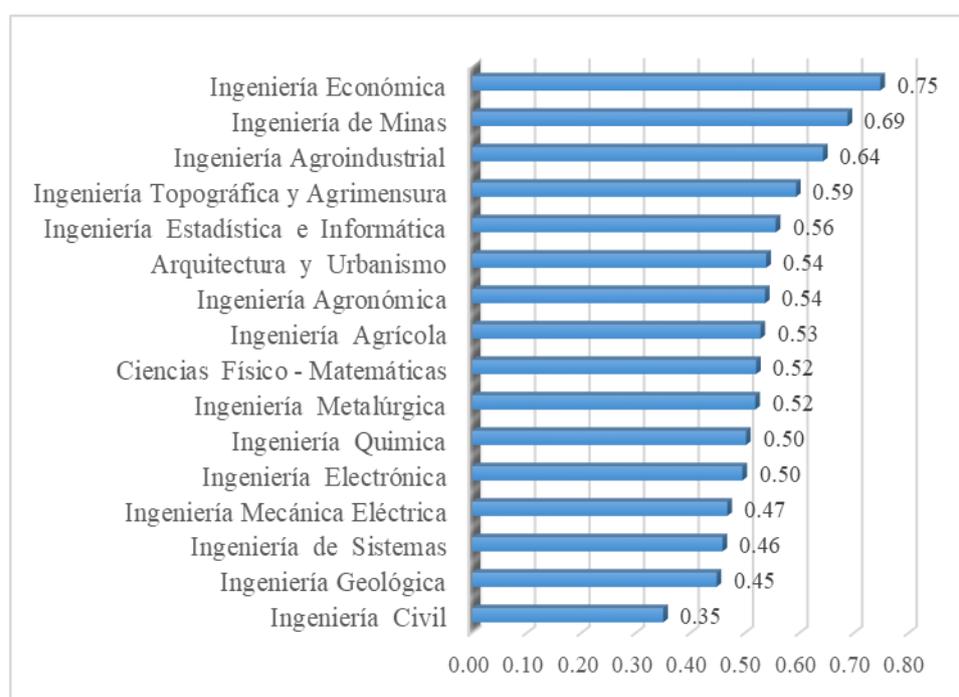


Figura 8. Promedio de la eficiencia DEA – VRS orientado a output según escuela profesional del área académica de ingeniería UNAP periodo 2014 – 2018.

Fuente: Datos obtenidos de data envelopment analysis por Stata 15.

En la Tabla 16 y la Figura 8, reúne los datos calculados que corresponden al promedio de la eficiencia DEA – VRS orientado a output según escuela profesional del área académica ingeniería en la Universidad Nacional de Altiplano durante el periodo 2014 - 2018, los resultados muestran un rango de promedio de la ineficiencia técnica entre un valor mínimo de 0.35 y un valor máximo de 0.75 para las escuelas profesionales de ingeniería civil e ingeniería económica respectivamente.

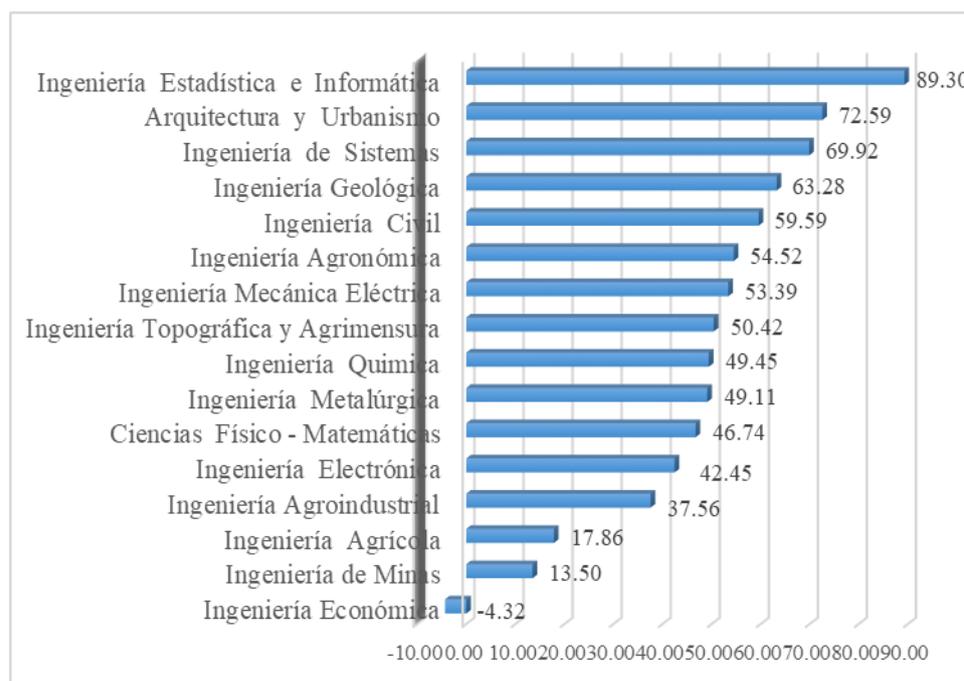


Figura 9. Variabilidad de la eficiencia DEA – VRS orientado a output según escuela profesional del área académica de ingeniería UNAP periodo 2014 – 2018 (%).

Fuente: Datos obtenidos de data envelopment analysis por Stata 15.

En la Tabla 16 y la Figura 9, reúne los datos calculados que corresponden a la variabilidad de la eficiencia DEA – VRS orientado a output según escuela profesional del área académica ingeniería en la Universidad Nacional de Altiplano durante el periodo 2014 – 2018; los resultados muestran un rango de variación porcentual de la ineficiencia técnica entre un valor mínimo de - 4.32% (rendimiento decreciente a escala) y un valor máximo de 89.30% (rendimiento creciente a escala) para las escuelas profesionales de ingeniería económica e ingeniería estadística e informática respectivamente.

Área académica de biomédicas

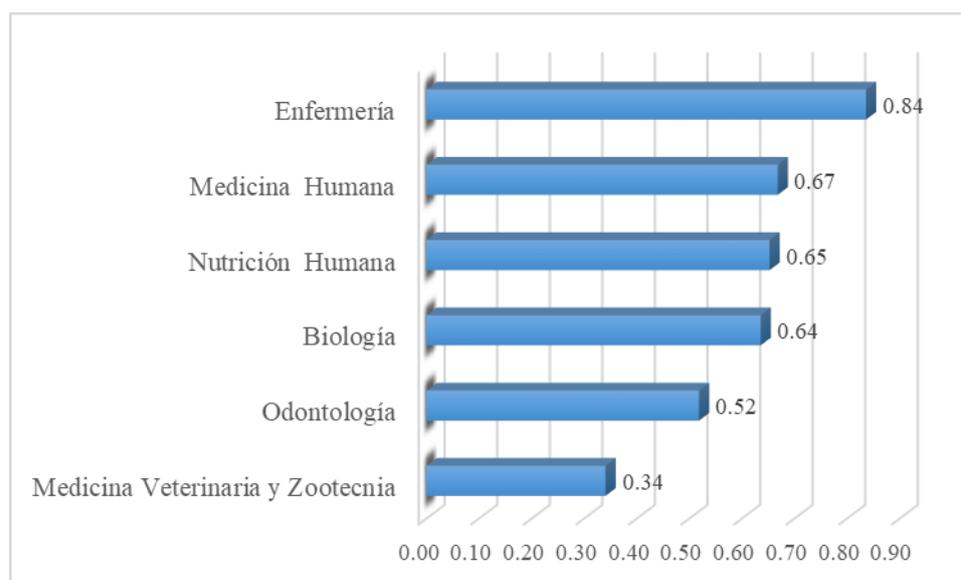


Figura 10. Promedio de la eficiencia DEA – VRS orientado a output según escuela profesional del área académica de biomédicas UNAP periodo 2014 – 2018.

Fuente: Datos obtenidos de data envelopment analysis por Stata 15.

En la Tabla 16 y la Figura 10, reúne los datos calculados que corresponden al promedio de la eficiencia DEA – VRS orientado a output según escuela profesional del área académica biomédicas en la Universidad Nacional de Altiplano durante el periodo 2014 - 2018, los resultados muestran un rango de promedio de la ineficiencia técnica entre un valor mínimo de 0.34 y un valor máximo de 0.84 para las escuelas profesionales de medicina veterinaria y zootécnica y enfermería respectivamente.

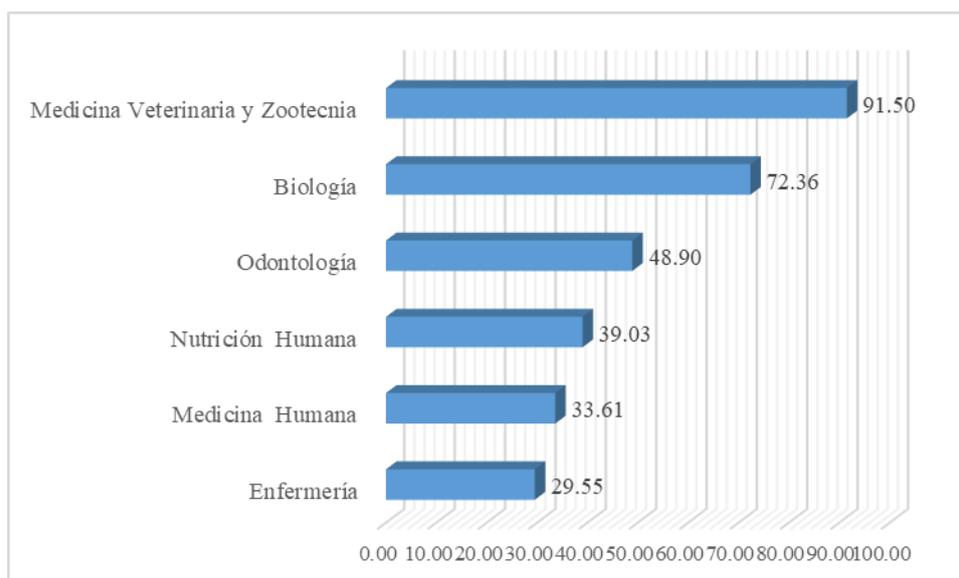


Figura 11. Variabilidad de la eficiencia DEA – VRS orientado a output según escuela profesional del área académica de biomédicas UNAP periodo 2014 – 2018 (%).

Fuente: Datos obtenidos de data envelopment analysis por Stata 15.

En la Tabla 16 y la Figura 11, reúne los datos calculados que corresponden a la variabilidad de la eficiencia DEA – VRS orientado a output según escuela profesional del área académica biomédicas en la Universidad Nacional de Altiplano durante el periodo 2014 – 2018; los resultados muestran un rango de variación porcentual de la ineficiencia técnica entre un valor mínimo de 29.55% (rendimiento creciente a escala) y un valor máximo de 91.50% (rendimiento creciente a escala) para las escuelas profesionales de enfermería y medicina veterinaria y zootecnia respectivamente.

Área académica de sociales

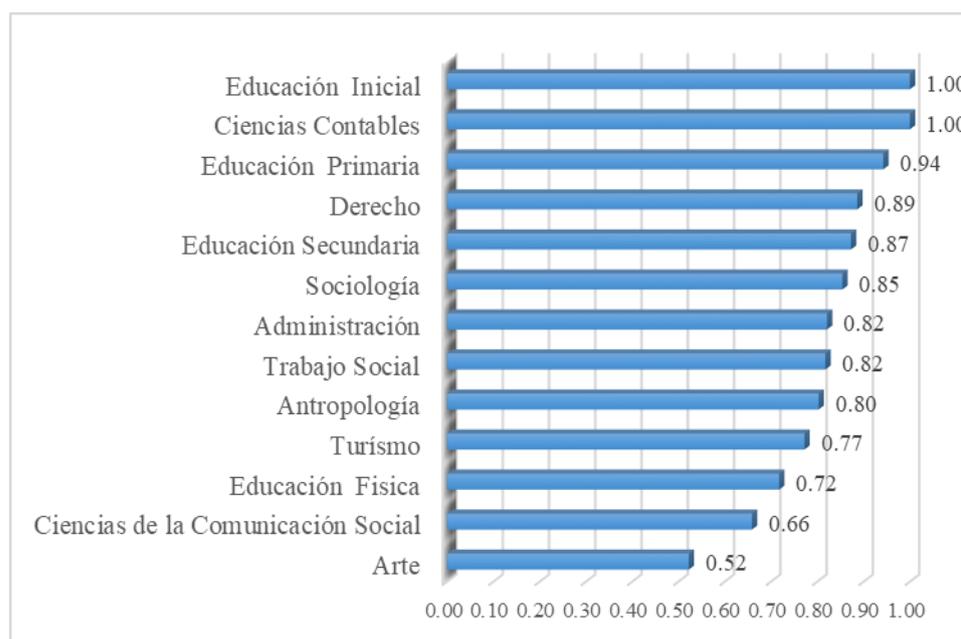


Figura 12. Promedio de la eficiencia DEA – VRS orientado a output según escuela profesional del área académica de sociales UNAP periodo 2014 – 2018.

Fuente: Datos obtenidos de data envelopment analysis por Stata 15.

En la Tabla 16 y la Figura 12, reúne los datos calculados que corresponden al promedio de la eficiencia DEA – VRS orientado a output según escuela profesional del área académica sociales en la Universidad Nacional de Altiplano durante el periodo 2014 - 2018, los resultados muestran un rango de promedio de la ineficiencia técnica entre un valor mínimo de 0.52 y un valor máximo de 1 para las escuelas profesionales de arte y educación inicial y/o ciencias contables respectivamente.

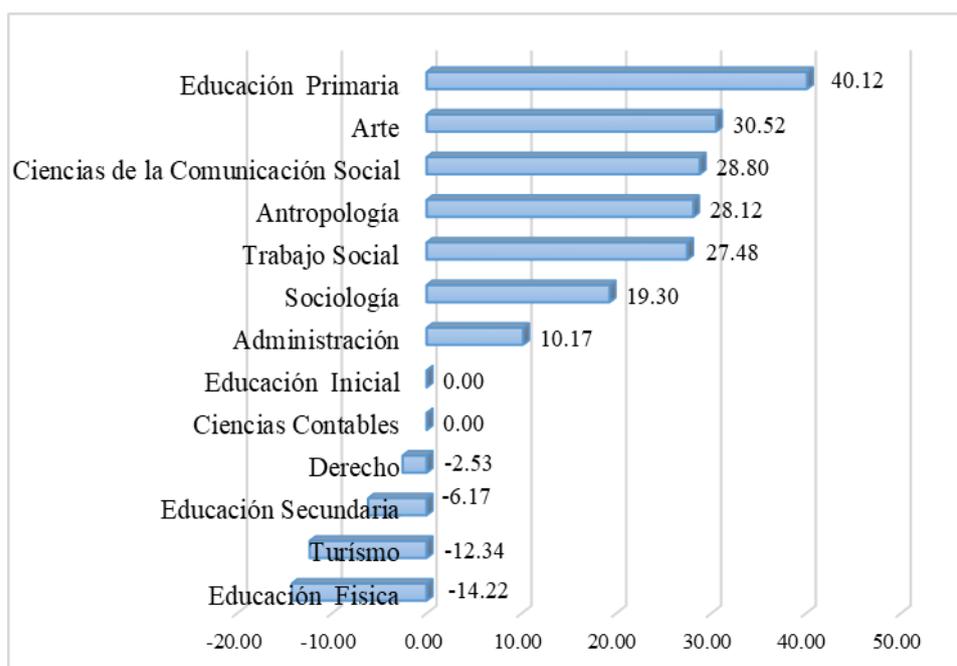


Figura 13. Variabilidad de la eficiencia DEA – VRS orientado a output según escuela profesional del área académica de sociales UNAP periodo 2014 – 2018 (%).

Fuente: Datos obtenidos de data envelopment analysis por Stata 15.

En la Tabla 16 y la Figura 13, reúne los datos calculados que corresponden a la variabilidad de la eficiencia DEA – VRS orientado a output según escuela profesional del área académica sociales en la Universidad Nacional de Altiplano durante el periodo 2014 – 2018; los resultados muestran un rango de variación porcentual de la ineficiencia técnica entre un valor mínimo de -14.22% (rendimiento decreciente a escala) y un valor máximo de 40.12% (rendimiento creciente a escala) para las escuelas profesionales de educación física y educación primaria respectivamente. Cabe indicar que las escuelas profesionales educación inicial y ciencias contables registran rendimientos constantes a escala.

Eficiencia universitaria

Tabla 17

Eficiencia técnica de la Universidad Nacional del Altiplano según modelo DEA periodo 2014 - 2018

Año	DEA CRS input	DEA CRS output	DEA VRS input	DEA VRS output
2014	0.64	0.53	0.59	0.59
2015	0.70	0.59	0.65	0.62
2016	0.68	0.57	0.67	0.64
2017	0.73	0.67	0.73	0.69
2018	0.78	0.72	0.79	0.74
Promedio 2014-2018	0.71	0.62	0.69	0.65
Variación %	30.04	42.89	42.46	35.13

Fuente: Datos obtenidos de data envelopment analysis por Stata 15.

En la Tabla 17, se presenta los datos calculados que corresponden a la eficiencia de la Universidad Nacional de Altiplano según modelo DEA durante el periodo 2014 – 2018; los resultados muestran un grado de ineficiencia, es decir, el modelo DEA-CRS orientado a input mide en 0.71 la ineficiencia en promedio, el modelo DEA-CRS orientado a output mide en 0.62 la ineficiencia en promedio, el modelo DEA-VRS orientado a input mide en 0.69 la ineficiencia en promedio y el modelo DEA-VRS orientado a output mide en 0.65. Por otra parte, se observa una mejora en el nivel de eficiencia, es decir, según los modelos DEA, los niveles de eficiencia registran rendimientos crecientes a escala en 30.04%, 42.89%, 42.46% y 35.13% respectivamente.

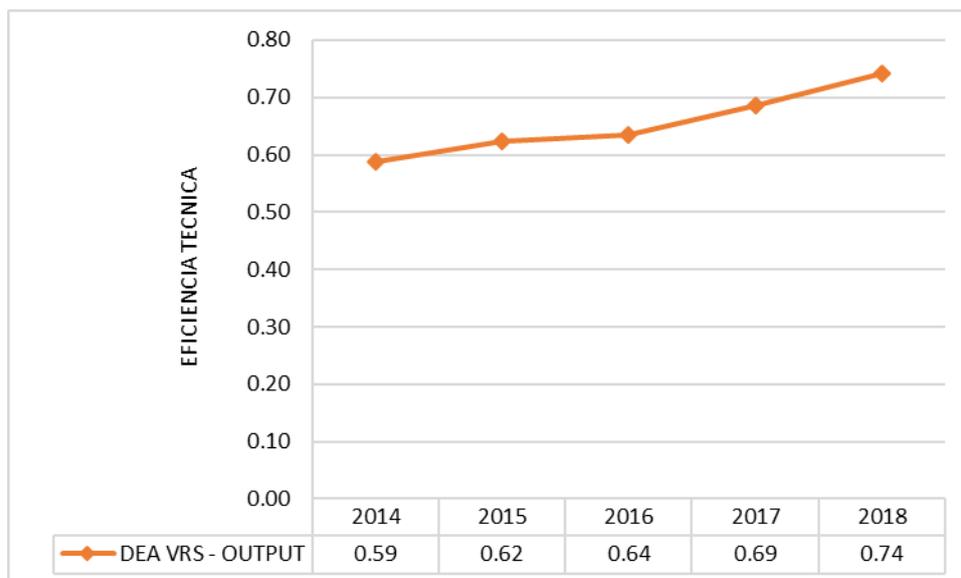


Figura 14. Eficiencia técnica DEA VRS – Output.

Fuente: Datos obtenidos de data envelopment analysis por Stata 15.

En la Figura 14, se presenta la eficiencia técnica DEA VRS – output; los resultados muestran un incremento en el nivel de eficiencia técnica de 0.59 en el año 2014 a 0.74 en el año 2018.

Ranking de eficiencia en las escuelas profesionales

Tabla 18

Ranking de eficiencia en las escuelas profesionales

Escuela profesional	Nivel de eficiencia	Rendimiento a escala
Ciencias Contables	1.00	Constante
Educación Inicial	1.00	Constante
Educación Primaria	0.94	Decreciente
Derecho	0.89	Decreciente
Educación Secundaria	0.87	Decreciente
Sociología	0.85	Decreciente
Enfermería	0.83	Decreciente
Administración	0.82	Decreciente
Trabajo Social	0.82	Decreciente
Antropología	0.80	Decreciente
Turismo	0.77	Decreciente
Ingeniería Económica	0.75	Decreciente
Educación Física	0.72	Decreciente
Ingeniería de Minas	0.69	Decreciente
Medicina Humana	0.67	Decreciente
Ciencias de la Comunicación Social	0.66	Decreciente
Nutrición Humana	0.65	Decreciente
Ingeniería Agroindustrial	0.64	Decreciente
Biología	0.64	Decreciente
Ingeniería Topográfica y Agrimensura	0.59	Decreciente
Ingeniería Estadística e Informática	0.56	Decreciente
Arquitectura y Urbanismo	0.54	Decreciente
Ingeniería Agronómica	0.54	Decreciente
Ingeniería Agrícola	0.53	Decreciente
Arte	0.52	Decreciente
Ciencias Físico – Matemáticas	0.52	Decreciente
Ingeniería Metalúrgica	0.52	Decreciente
Odontología	0.52	Decreciente
Ingeniería Química	0.50	Decreciente
Ingeniería Electrónica	0.50	Decreciente
Ingeniería Mecánica Eléctrica	0.47	Decreciente
Ingeniería de Sistemas	0.46	Decreciente
Ingeniería Geológica	0.45	Decreciente
Ingeniería Civil	0.35	Decreciente
Medicina Veterinaria y Zootecnia	0.34	Decreciente

Fuente: Datos obtenidos de data envelopment analysis por Stata 15.

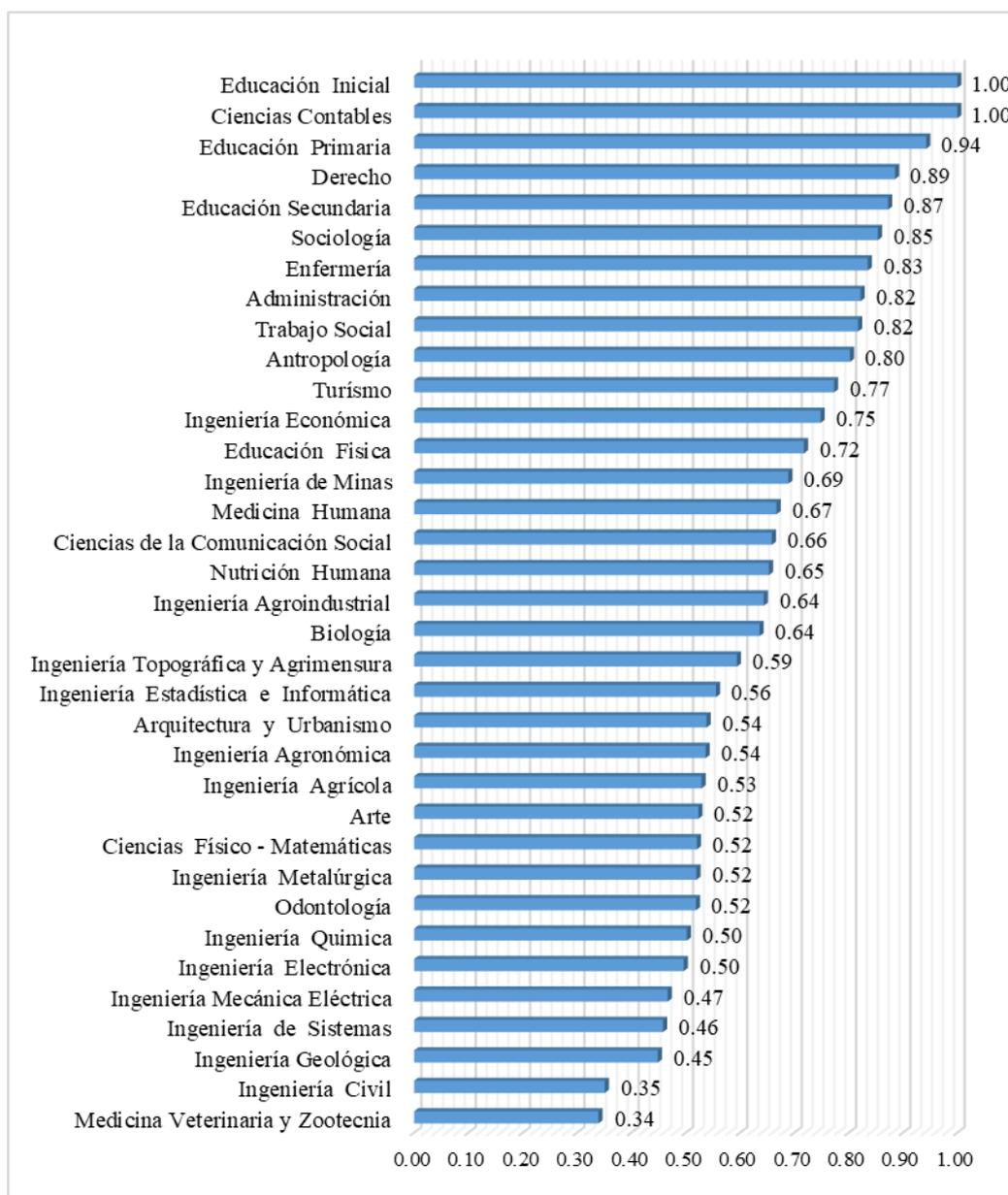


Figura 15. Ranking de eficiencia en las escuelas profesionales.

Fuente: Datos obtenidos de data envelopment analysis por Stata 15.

En la Tabla 18 y la Figura 15, reúne el ranking de los datos calculados que corresponden al promedio de la eficiencia DEA – VRS orientado a output según escuela profesional en la Universidad Nacional de Altiplano durante el periodo 2014 - 2018, los resultados muestran un rango de promedio de la ineficiencia técnica entre un valor mínimo de 0.34 y un valor máximo de 1 para las escuelas profesionales de medicina veterinaria y zootecnia y

ciencias contables y/o educación inicial respectivamente. Lo que demuestra que al evaluar las escuelas profesionales con este último modelo resulta que ciencias contables y educación inicial son eficientes o no reportan ineficiencia en la mezcla de sus insumos o productos, es decir, aprovechan al 100% los recursos que disponen, lo que sugiere que están maximizando y gestionando correctamente el nivel output que obtienen.

Por otra parte las mayorías de las escuelas profesionales en la Universidad Nacional del Altiplano son ineficientes en la producción educativa, debido a problemas en la escala de operación, al tipo de retornos a escala decreciente que presentan, a problemas en la mezcla de sus insumos o productos, al bajo aprovechamiento y/o utilización de los recursos que disponen (recursos ociosos), a problemas en el avance de tecnología educativa (métodos de enseñanza – aprendizaje) y a problemas administrativos.

La ineficiencia en las escuelas profesionales sugiere que se están aumentando más de los recursos para obtener una misma cantidad de producto, es decir, la ineficiencia técnica relativa se explica por el despilfarro de los recursos existentes para llevar cabo la producción educativa. Por otra parte, los inputs pueden presentar valores adecuados y sin embargo los resultados académicos son bajos. Por lo tanto, la ineficiencia en las escuelas profesionales es debido a que no cumplen adecuadamente con su papel los agentes implicados: alumnos, docentes, administrativos, decanos, autoridades universitarias.

Mejora de la eficiencia técnica

Sin embargo, los resultados del modelo DEA VRS output muestran que en promedio la mayoría de las escuelas profesionales registran una mejora en el nivel de eficiencia técnica, lo cual indicaría que presentan disminución de la ineficiencia técnica relativa en la producción educativa. Ver Tabla 19 y Figura 16.

Tabla 19

Mejora de la eficiencia técnica

Escuela profesional	Var. %	Nivel de Ineficiencia
Medicina Veterinaria y Zootecnia	91.50	Disminuye
Ingeniería Estadística e Informática	89.30	Disminuye
Arquitectura y Urbanismo	72.59	Disminuye
Biología	72.36	Disminuye
Ingeniería de Sistemas	69.92	Disminuye
Ingeniería Geológica	63.28	Disminuye
Ingeniería Civil	59.59	Disminuye
Ingeniería Agronómica	54.52	Disminuye
Ingeniería Mecánica Eléctrica	53.39	Disminuye
Ingeniería Topográfica y Agrimensura	50.42	Disminuye
Ingeniería Química	49.45	Disminuye
Ingeniería Metalúrgica	49.11	Disminuye
Odontología	48.90	Disminuye
Ciencias Físico - Matemáticas	46.74	Disminuye
Ingeniería Electrónica	42.45	Disminuye
Educación Primaria	40.12	Disminuye
Nutrición Humana	39.03	Disminuye
Ingeniería Agroindustrial	37.56	Disminuye
Medicina Humana	33.61	Disminuye
Arte	30.52	Disminuye
Enfermería	29.55	Disminuye
Ciencias de la Comunicación Social	28.80	Disminuye
Antropología	28.12	Disminuye
Trabajo Social	27.48	Disminuye
Sociología	19.30	Disminuye
Ingeniería Agrícola	17.86	Disminuye
Ingeniería de Minas	13.50	Disminuye
Administración	10.17	Disminuye
Ciencias Contables	0.00	Igual eficiencia
Educación Inicial	0.00	Igual eficiencia
Derecho	-2.53	Aumenta
Ingeniería Económica	-4.32	Aumenta
Educación Secundaria	-6.17	Aumenta
Turismo	-12.34	Aumenta
Educación Física	-14.22	Aumenta

Fuente: Datos obtenidos de data envelopment analysis por Stata 15.

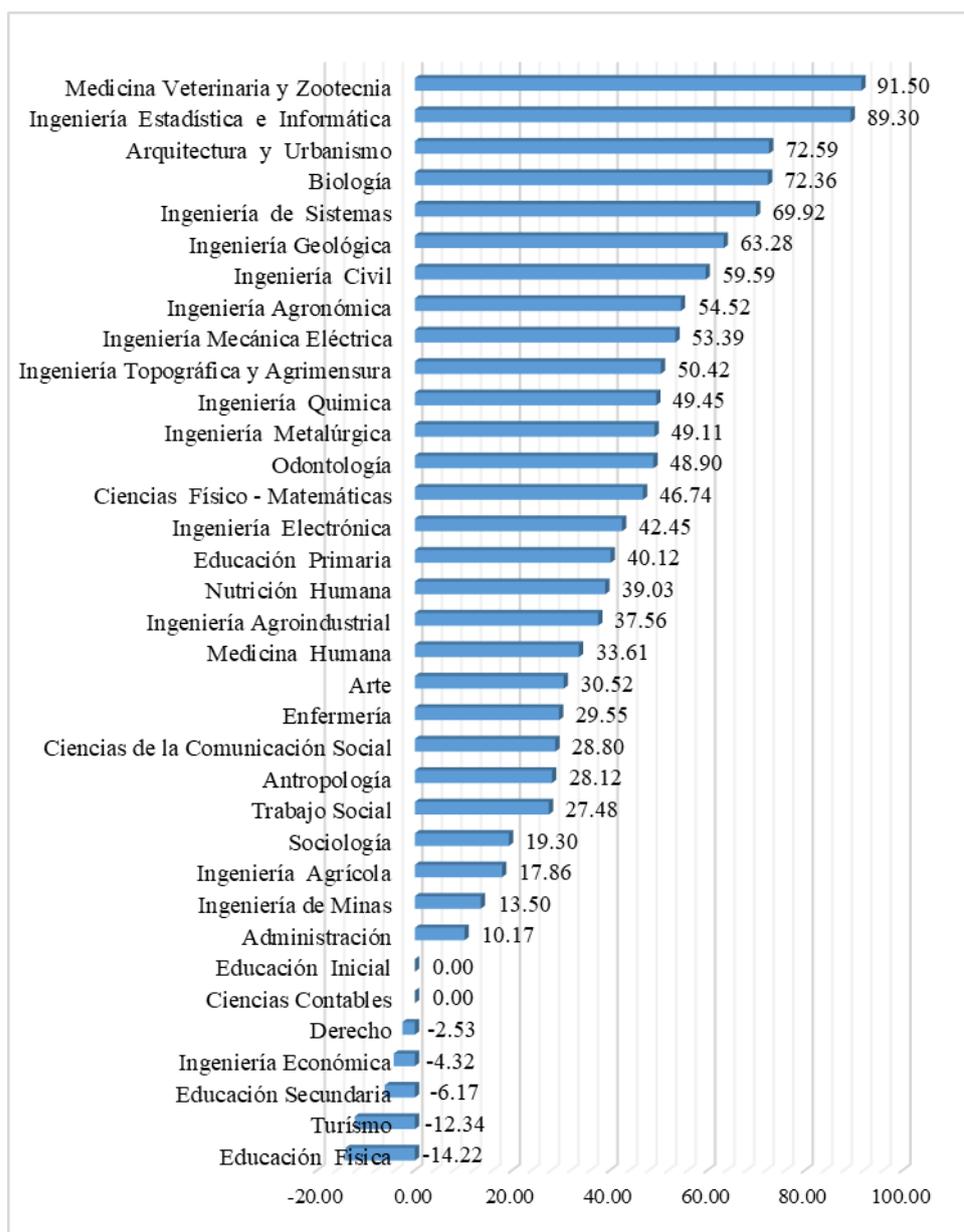


Figura 16. Mejora de la eficiencia técnica según escuela profesional UNAP periodo 2014 – 2018.

Fuente: Datos obtenidos de data envelopment analysis por Stata 15.

Producción educativa eficiente

Esta disminución en la ineficiencia de las escuelas profesionales sugiere que han ido aumentando el output con la utilización de los mismos inputs disponibles; aunque no alcanzaron el nivel eficiente de producción educativa. En la Tabla 20, se muestran los niveles de producción educativa

por escuela profesional que deberían aumentar para lograr la eficiencia técnica.

Tabla 20

Producción educativa eficiente en las escuelas profesionales UNAP periodo 2014 - 2018

Escuela profesional	2014	2015	2016	2017	2018
Ingeniería Agronómica	279	297	285	275	309
Ingeniería Agroindustrial	232	232	227	230	268
Ingeniería Topográfica y Agrimensura	349	405	431	489	481
Ingeniería Económica	500	550	582	657	655
Ingeniería Agrícola	391	442	457	494	479
Ingeniería Civil	580	616	620	702	700
Arquitectura y Urbanismo	448	501	527	562	547
Ciencias Físico - Matemáticas	118	134	144	146	189
Ingeniería Estadística e Informática	238	244	213	204	202
Ingeniería Geológica	418	439	454	509	498
Ingeniería Metalúrgica	286	305	287	287	298
Ingeniería de Minas	457	501	490	523	528
Ingeniería Química	212	227	231	247	262
Ingeniería Mecánica Eléctrica	432	441	439	431	419
Ingeniería Electrónica	266	295	300	327	340
Ingeniería de Sistemas	385	428	437	465	463
Medicina Veterinaria y Zootecnia	467	497	500	521	529
Biología	301	333	329	358	376
Nutrición Humana	261	300	325	361	375
Odontología	339	351	318	323	311
Enfermería	399	437	463	480	471
Medicina Humana	317	342	355	377	391
Ciencias Contables	665	688	693	728	713
Administración	417	442	450	493	511
Educación Secundaria	48	493	499	615	713
Educación Física	408	199	238	260	281
Educación Primaria	171	207	219	227	275
Educación Inicial	211	289	331	376	383
Trabajo Social	426	462	472	522	532
Sociología	328	351	381	397	403
Turismo	363	393	389	408	400
Antropología	332	372	395	436	431
Ciencias de la Comunicación Social	371	403	382	407	410
Arte	290	300	266	272	313
Derecho	455	481	482	534	560

Fuente: Resultados del modelo DEA – VRS orientada output.

4.1.3 Estimación de los determinantes de la eficiencia técnica

4.1.3.1 Especificación del modelo Tobit eficiencia DEA

$$\text{THETA}_i = \beta_0 + \text{AUL}_i + \text{LAB}_i + \text{BIB}_i + \text{AMAT}_i + \text{ADOC}_i + \text{DOC}_i + \text{DOCN}_i \\ + \text{DOCVM}_i + \text{ADM}_i + \varepsilon_i$$

Donde:

THETA= Eficiencia técnica DEA por escuela profesional

AUL = Número de aulas académicas por escuela profesional

LAB = Numero de laboratorios por escuela profesional

BIB = Numero de bibliotecas por escuela profesional

AMAT= Número de alumnos matriculados por escuela profesional

ADOC = Número de alumnos por docente por escuela profesional

DOC= Número de docentes por escuela profesional

DOCN = Número de docentes nombrados por escuela profesional

DOCVM = Número de docentes varones por docente mujer por escuela profesional

ADM = Número de personal administrativo por escuela profesional

i = representa a las unidades tomadoras de decisiones (DMU), toma valores 1, 2, 3...35

ε_i = Representa termino de error

El grado de relación o asociación entre las variables explicativas cuantitativas con la variable dependiente; es decir, el coeficiente de correlación entre las variables explicativas: aulas, laboratorio, biblioteca,

alumnos matriculados, alumnos por docente, docentes, docentes nombrados, docentes varones por cada docente mujer y personal administrativo con la eficiencia técnica es de -0.01, -0.48, -0.12, 0.02, 0.13, -0.12, -0.11, -0.26, y -0.28 respectivamente. Ver el anexo 2.

4.1.3.2 Estimación del modelo Tobit eficiencia DEA

Para determinar cuál es el impacto de algunas variables seleccionadas sobre la eficiencia técnico-asignativa y la eficiencia de escala, se estiman dos modelos TOBIT. Para explicar la eficiencia técnico-asignativa se utilizó el siguiente modelo:

Tabla 21

Estimaciones del modelo Tobit eficiencia DEA periodo muestral: 2014-2018

	Modelo Tobit		Modelo Tobit		Modelo Tobit		Modelo Tobit	
	Eficiencia DEA CRS input		Eficiencia DEA CRS output		Eficiencia DEA VRS input		Eficiencia DEA VRS output	
	B	dy/dx	β	dy/dx	β	dy/dx	β	dy/dx
AUL	-0.0268383 (-4.56)	-0.0268383 (-4.56)						
LAB	-0.012775 (-4.27)	-0.012775 (-4.27)	-0.0136827 (-7.43)	-0.0136827 (-7.43)	-0.0175755 (-8.64)	-0.0175755 (-8.64)	-0.0156077 (-7.82)	-0.0156077 (-7.82)
BIB	-0.0862747 (-2.47)	-0.0862747 (-2.47)						
DOC			-0.003047 (-2.84)	-0.003047 (-2.84)				
ADOC	0.012641 (3.85)	0.012641 (3.85)					0.0057476 (2.25)	0.0057476 (2.25)
DOCN	0.0116036 (4.58)	0.0116036 (4.58)	0.0046324 (2.42)	0.0046324 (2.42)	0.0058222 (3.87)	0.0058222 (3.87)	0.0038763 (2.52)	0.0038763 (2.52)
DOCVM	-0.0060173 (-2.94)	-0.0060173 (-2.94)	-0.0057518 (-3.79)	-0.0057518 (-3.79)	-0.0054561 (-3.38)	-0.0054561 (-3.38)	-0.0062778 (-3.77)	-0.0062778 (-3.77)
ADM	-0.0187551 (-2.81)	-0.0187551 (-2.81)						
AMAT					-0.0003655 (-4.74)	-0.0003655 (-4.74)		
Constante	0.8609794 (11.19)		0.7835671 (24.03)		0.9442594 (21.45)		0.653845 (10.68)	
Estadístico de Validez	LR chi2(7)= 91.97 Prob > chi2= 0.0000 Pseudo R2= 0.9946 Log likelihood = - 0.25127296		LR chi2(4)= 65.69 Prob > chi2= 0.0000 Pseudo R2= -0.9399 Log likelihood = 67.788042		LR chi2(4)= 86.24 Prob > chi2= 0.0000 Pseudo R2= 11.2359 Log likelihood = 39.284414		LR chi2(4)= 72.22 Prob > chi2= 0.0000 Pseudo R2= -10.4781 Log likelihood = 39.555533	

Modelo Tobit eficiencia DEA CRS INPUT

$$\begin{aligned} \text{THETA} = & 0.8609 - 0.0268\text{AUL} - 0.0127\text{LAB} - 0.0862\text{BIB} + 0.0126\text{ADOC} \\ & + 0.0116\text{DOCN} - 0.0060\text{DOCVM} - 0.0187\text{ADM} \end{aligned}$$

El valor calculado de LR chi2 (7) por Stata es 91.97, indica que los coeficientes son conjuntamente significativos para explicar la eficiencia técnica, es decir, se acepta la hipótesis nula que el conjunto de las variables explicativas tiene validez en el modelo estimado. Esto da lugar a que las variables explicativas son completamente exógenos y que dichas variables están correctamente especificadas (incluidas) en la estimación del modelo (no existe el problema de variables omitidas). De igual manera, la Prob > chi2 es cero, lo cual indica que podemos rechazar en 0% la hipótesis alterna de todos los coeficientes que sean igual a cero.

El Pseudo R2 de 0.99 indica un aumento del 99% en la función probabilidad de registro. Por otro lado, los tests (t), de cada parámetro de las variables explicativas son altamente significativos, muy cercano al 100% de confianza. De igual manera la constante es altamente significativa al 100%. De los resultados se desprende que el modelo Tobit eficiencia DEA CRS INPUT estimado por el método de máxima verosimilitud obedecería a un proceso estocástico parsimonioso; por lo tanto, la evidencia empírica indica que la eficiencia técnica en las escuelas profesionales de la Universidad Nacional del Altiplano está determinado por los recursos físicos aula académica, laboratorio y biblioteca, y también por los recursos humanos alumnos por docente, docentes nombrados, docente varones por cada docente mujer y por el personal administrativo.

Modelo Tobit eficiencia DEA CRS OUTPUT

$$\begin{aligned} \text{THETA} = & 0.7835 - 0.0136 \text{ LAB} - 0.0030 \text{ DOC} + 0.0046 \text{ DOCN} \\ & - 0.0057 \text{ DOCVM} \end{aligned}$$

El valor calculado de LR chi2 (4) por Stata es 65.69, indica que los coeficientes son conjuntamente significativos para explicar la eficiencia técnica, es decir, se acepta la hipótesis nula que el conjunto de las variables explicativas tiene validez en el modelo estimado. Esto da lugar a que las variables explicativas son completamente exógenos y que dichas variables están correctamente especificadas (incluidas) en la estimación del modelo (no existe el problema de variables omitidas). De igual manera, la Prob > chi2 es cero, lo cual indica que podemos rechazar en 0% la hipótesis alterna de todos los coeficientes que sean igual a cero.

El Pseudo R2 de -0.93 indica una disminución del 93% en la función probabilidad de registro. Por otro lado, los tests (t), de cada parámetro de las variables explicativas son altamente significativos, muy cercano al 100% de confianza. De igual manera la constante es altamente significativa al 100%. De los resultados se desprende que el modelo Tobit eficiencia DEA CRS OUTPUT estimado por el método de máxima verosimilitud obedecería a un proceso estocástico parsimonioso; por lo tanto, la evidencia empírica indica que la eficiencia técnica en las escuelas profesionales de la Universidad Nacional del Altiplano está determinada por el recurso físico laboratorio, así como también por los recursos humanos docente, docentes nombrados y docente varones por cada docente mujer.

Modelo Tobit eficiencia DEA VRS INPUT

$$\text{THETA} = 0.9442 - 0.0175 \text{ LAB} + 0.0058 \text{ DOCN} - 0.0054 \text{ DOCVM} \\ - 0.0003 \text{ AMAT}$$

El valor calculado de LR chi2 (4) por Stata es 86.24, indica que los coeficientes son conjuntamente significativos para explicar la eficiencia técnica, es decir, se acepta la hipótesis nula que el conjunto de las variables explicativas tiene validez en el modelo estimado. Esto da lugar a que las variables explicativas son completamente exógenas y que dichas variables están correctamente especificadas (incluidas) en la estimación del modelo (no existe el problema de variables omitidas). De igual manera, la Prob > chi2 es cero, lo cual indica que podemos rechazar en 0% la hipótesis alterna de todos los coeficientes que sean igual a cero.

El Pseudo R2 de 11.23 indica un aumento de más del 100% en la función de probabilidad de registro, sin embargo, cabe mencionar que el pseudo-R2 para algunos modelos, como el Tobit, en realidad crea valores positivos o puede dar resultados > 1. Las estimaciones de Tobit no se eligen para maximizar un R cuadrado; maximizan la función de probabilidad de registro. A menos que el pseudo-R2 sea 0 o 1, la estadística no se puede interpretar en relación con sus datos.

Por otro lado, los tests (t), de cada parámetro de las variables explicativas son altamente significativos, muy cercano al 100% de confianza. De igual manera la constante es altamente significativa al 100%. De los resultados se desprende que el modelo Tobit eficiencia DEA VRS INPUT estimado por el método de máxima verosimilitud obedecería a un proceso estocástico parsimonioso; por lo tanto, la evidencia empírica indica que la eficiencia técnica en las escuelas profesionales de la Universidad Nacional del Altiplano está determinada por el recurso físico laboratorio, así como también por los recursos humanos alumnos matriculados, docentes nombrados y docente varones por cada docente mujer.

Modelo Tobit eficiencia DEA VRS OUTPUT

$$\text{THETA} = 0.6538 - 0.0156 \text{ LAB} + 0.0057 \text{ ADOC} + 0.0038 \text{ DOCN} \\ - 0.0062 \text{ DOCVM}$$

El valor calculado de LR chi2 (4) por Stata es 72.22, indica que los coeficientes son conjuntamente significativos para explicar la eficiencia técnica, es decir, se acepta la hipótesis nula que el conjunto de las variables explicativas tiene validez en el modelo estimado. Esto da lugar a que las variables explicativas son completamente exógenas y que dichas variables están correctamente especificadas (incluidas) en la estimación del modelo (no existe el problema de variables omitidas). De igual manera, la Prob > chi2 es cero, lo cual indica que podemos rechazar en 0% la hipótesis alterna de todos los coeficientes que sean igual a cero.

El pseudo-R2 para algunos modelos, como el Tobit, en realidad crea valores negativos <0 o puede dar resultados > 1 para probabilidades continuas o mixtas continuas / discretas como Tobit. El pseudo-R2 obtenido -10.47 (indica una disminución de menos del 0% en la función de probabilidad de registro) es incorrecto para muchos investigadores, debido a que piensan que está midiendo directamente la bondad de ajuste del modelo o capacidad explicativa. El pseudo-R2 no significa lo que significa R cuadrado en la regresión de MCO (la proporción de varianza de la variable de respuesta explicada por los predictores). Una medida de pseudo-R2 no le dice nada sobre la coincidencia entre las cantidades predichas y observadas. Las estimaciones de Tobit no se eligen para maximizar un R cuadrado; maximizan la función de probabilidad de registro. Las medidas de pseudo-R2 generalmente no miden la varianza, pero sí miden los cambios en la probabilidad y las cantidades relacionadas. Por ejemplo, el R2 de McFadden mide cambios en las funciones de probabilidad, que no tienen una interpretación obvia. La mayoría de las medidas de pseudo-R2 no tienen una interpretación intuitiva para valores distintos de 0 o 1.

La investigación debe preocuparse por la relevancia lógica que tienen las variables explicativas para la variable endógena y por su significancia estadística, seleccionar un modelo con R^2 más elevado, puede tener sesgo preprueba. En tan sentido, los tests (t), de cada parámetro de las variables explicativas son altamente significativos, muy cercano al 100% de confianza. De igual manera la constante es altamente significativa al 100%.

De los resultados se desprende que el modelo Tobit eficiencia DEA VRS OUTPUT estimado por el método de máxima verosimilitud obedecería a un proceso estocástico parsimonioso; por lo tanto, la evidencia empírica indica que la eficiencia técnica en las escuelas profesionales de la Universidad Nacional del Altiplano está determinada por el recurso físico laboratorio, así como también por los recursos humanos alumnos por cada docente, docentes nombrados y docente varones por cada docente mujer.

Efectos Marginales

Los resultados del modelo Tobit DEA-CRS INPUT muestran que el recurso físico aula académica (AUL) está relacionado negativamente con la eficiencia de CRS puntajes de DMU al nivel de significación del 1%; es decir, un incremento en una unidad en el número de aulas académicas genera una disminución de 0.02 del nivel de eficiencia técnica.

Respecto al recurso físico laboratorio, los resultados de los 4 modelos Tobit DEA muestran que el recurso físico laboratorio (LAB) está relacionado negativamente con la eficiencia de CRS y/o VRS puntajes de DMU al nivel de significación del 1%; es decir, un incremento en una unidad en el número de laboratorios genera una disminución de 0.01 del nivel de eficiencia técnica.

Respecto al recurso físico biblioteca, los resultados del modelo Tobit DEA-CRS INPUT muestran que el recurso físico biblioteca (BIB) está relacionado negativamente con la eficiencia de CRS puntajes de DMU al nivel de significación del 1%; es decir, un incremento en una unidad en el

número de bibliotecas genera una disminución de 0.08 del nivel de eficiencia técnica.

Respecto al recurso humano alumnos matriculados, los resultados del modelo Tobit DEA-VRS INPUT muestran que el recurso humano alumnos matriculados (AMAT) está relacionado negativamente con la eficiencia de VRS puntajes de DMU al nivel de significación del 1%; es decir, un incremento en una unidad en el número de alumnos matriculados genera una disminución de 0.0003 del nivel de eficiencia técnica.

Respecto al recurso humano alumnos por cada docente, los resultados del modelo Tobit DEA-VRS OUTPUT muestran que el recurso humano alumnos por cada docente (ADOC) está relacionado positivamente con la eficiencia de VRS puntajes de DMU al nivel de significación del 1%; es decir, un incremento en una unidad en la ratio alumnos por cada docente genera un aumento de 0.005 del nivel de eficiencia técnica.

Respecto al recurso humano docente, los resultados del modelo Tobit DEA-CRS OUTPUT muestran que el recurso humano docente (DOC) está relacionado negativamente con la eficiencia de CRS puntajes de DMU al nivel de significación del 1%; es decir, un incremento en una unidad en el número de docentes genera una disminución de 0.003 del nivel de eficiencia técnica.

Respecto al recurso humano docente nombrado, los resultados del modelo Tobit DEA-VRS OUTPUT muestran que el recurso humano docente nombrado (DOCN) está relacionado positivamente con la eficiencia de VRS puntajes de DMU al nivel de significación del 1%; es decir, un incremento en una unidad en el número de docentes nombrados genera un aumento de 0.003 del nivel de eficiencia técnica.

Respecto al recurso humano docente varones por cada docente mujer, los resultados del modelo Tobit DEA-VRS OUTPUT muestran que el recurso humano docente varones por cada docente mujer (DOCVM) está

relacionado negativamente con la eficiencia de VRS puntajes de DMU al nivel de significación del 1%; es decir, un incremento en una unidad en el número de docentes varones por cada docente mujer genera una disminución de 0.006 del nivel de eficiencia técnica.

Respecto al recurso humano personal administrativo, los resultados del modelo Tobit DEA-CRS INPUT muestran que el recurso humano administrativo (ADM) está relacionado negativamente con la eficiencia de CRS puntajes de DMU al nivel de significación del 1%; es decir, un incremento en una unidad en el número del personal administrativo genera una disminución de 0.01 del nivel de eficiencia técnica.

4.2 Discusión

Referente a los resultados sobre la medición de la eficiencia técnica en las universidades, de acuerdo con la restricción de que el índice de eficiencia debe ser positivo, menor y/o igual a la unidad. (Charnes et al., 1978), las escuelas profesionales en la Universidad Nacional del Altiplano presentan ineficiencia (0.65), lo cual sugiere, según la teoría económica, que aún no se ha alcanzado una asignación eficiente en el sentido de Pareto o punto economía Pareto-superior. (Pareto, 1909). Dado que la forma de la curva de posibilidades de producción 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. Por otra parte, la medición de la eficiencia DEA es similar al encontrado en los trabajos por Castrodeza y Peña (2002), Agasisti et al. (2011), Ramírez (2013) y Alcaraz y Bernal (2017). Véase la Tabla 22.

Tabla 22

Comparación de resultados sobre la medición de la eficiencia técnica

Autores	DMU	Modelo	Eficiencia técnica
Castrodeza y Peña (2002)	Departamentos de ciencias sociales y jurídicas de la Universidad Valladolid (España)	DEA – CRS	0.755
		DEA – VRS	0.886
Agasisti et al. (2011)	Departamentos académicos en una Región Italiana	DEA - CRS y	0.75
		DEA - VRS orientados a salidas	0.78
Ramírez (2013)	Facultades de la Universidad Nacional del Callao (Perú)	DEA-BCC input y,	0.986
		output	0.926
Alcaraz y Bernal (2017)	Universidades Públicas Estatales del Noroeste de México.	DEA - CCR-O	0.86
Tesista (2014 – 2018)	Escuelas profesionales de la Universidad Nacional del Altiplano (Perú)	DEA – CRS input	0.71
		DEA – CRS output	0.62
		DEA – VRS input	0.69
		DEA – VRS output	0.65

Referente a los resultados sobre determinantes de la eficiencia técnica en las universidades, el modelo Tobit DEA-VRS OUTPUT muestran que el recurso humano alumnos por cada docente y docentes nombrados, están relacionado positivamente con la eficiencia. Sin embargo, los resultados de Santin y Sicilia (2012) muestran que el incremento de recursos educativos *per se*, como el aumento del número de profesores por grupo de alumnos, no tiene efectos significativos sobre la eficiencia.

Los resultados del modelo Tobit DEA-VRS OUTPUT muestran que el recurso humano docente varones por cada docente mujer está relacionado negativamente con la eficiencia. Por otra parte, resultado similar encuentra Wolszczak-Derlacz y Parteka (2011) en donde el porcentaje de mujeres sobre el total personal académico afectan positivamente y significativamente a la eficiencia de las instituciones.

En los trabajos de Fernández et. al. (2015), Warning (2004), Kemples y Pohl (2010), Duch-Brown y Vilalta (2010, García-Aracil y Palomares-Montero (2008) y Moreno et.

al. (2018), muestran otros determinantes internos y externos de la eficiencia técnica relativa como: la variable edad presenta efectos positivos sobre la eficiencia, la especialización en universidades politécnicas y la densidad de población regional afectan negativamente a la eficiencia, el mayor PIB per cápita regional como un elevado número de becarios contribuyen a mejorar significativamente el nivel de eficiencia universitaria, la titulación en la universidad y la localización incrementa la eficiencia significativamente, el número de habitantes de la ciudad donde está ubicada la universidad no muestran efectos estadísticamente significativos en los niveles de eficiencia, la titulación produce efectos negativos estadísticamente significativos en la eficiencia técnica, al contrario de lo que concluía Warning (2004), la calidad de los estudiantes, medido a través de la variable umbral de notas de entrada en el primer año, puede explicar la mayor eficiencia de las universidades, las universidades situadas en las regiones con mayor PIB per cápita regional, no siempre son más eficientes que aquéllas localizadas en las regiones más pobres, la influencia positiva sobre la eficiencia de la pertenencia de los alumnos a familias monoparentales o nucleares frente a otro tipo de tutela, la influencia de la formación de los padres, la pertenencia del alumno al grado que estudia, el mejor clima en el aula y la localización de la escuela en el caso de la titularidad pública.

CONCLUSIONES

- En el presente trabajo de investigación se concluye que el nivel relativo de eficiencia técnica de la Universidad Nacional del Altiplano durante el periodo 2014 al 2018 es ineficiente (0.65) y está determinado por el número de aulas, laboratorios y bibliotecas, número de alumnos matriculados, ratio número de estudiantes por docente, número de docentes, número de docentes nombrados, ratio de docentes varones con respecto a docentes mujeres y el número de personal administrativo.
- Respecto al cálculo del indicador de eficiencia técnica para identificar las escuelas profesionales eficientes e ineficientes de la Universidad Nacional del Altiplano, se concluye que, de acuerdo a los modelos DEA-CRS input, DEA-CRS output, DEA-VRS input y DEA-VRS output, el grado de ineficiencia promedio mide en 0.71, 0.62, 0.69 y 0.65 respectivamente. Sin embargo, algunas escuelas profesionales registran eficiencia técnica durante un periodo determinado, las cuales son: Odontología, enfermería, ciencias contables, educación secundaria, educación física, educación primaria, educación inicial, trabajo social, sociología, antropología, arte y ciencias físico matemática. Por otra parte, en su mayoría, las escuelas de ingeniería y biomédicas son ineficientes.
- Referente a cómo influye la condición del docente universitario sobre la eficiencia del rendimiento académico del estudiante universitario, se concluye que, de acuerdo al modelo Tobit DEA-VRS OUTPUT, el recurso humano docente nombrado está relacionado positivamente con la eficiencia de CRS puntajes de DMU al nivel de significación del 1%; es decir, un incremento en una unidad en el número de docentes nombrados genera un aumento de 0.003 del nivel de eficiencia técnica.
- Respecto a cómo influye el número de estudiantes por docente en aula sobre la eficiencia del rendimiento académico del estudiante universitario, se concluye que, de acuerdo al modelo Tobit DEA-VRS OUTPUT, el recurso humano alumnos por cada docente está relacionado positivamente con la eficiencia de CRS puntajes de DMU al nivel de significación del 1%; es decir, un incremento en una unidad en la ratio alumnos por cada docente genera un aumento de 0.005 del nivel de eficiencia técnica.

RECOMENDACIONES

- Las escuelas profesionales ineficientes de la Universidad Nacional del Altiplano deben de incrementar el rendimiento académico de sus alumnos, a través del uso adecuado de los recursos físicos (aulas, bibliotecas, laboratorios) y realizar actividades que complementen el proceso de enseñanza y aprendizaje sin necesidad de incrementar los recursos físicos y humanos disponibles.
- Las escuelas profesionales de la Universidad Nacional del Altiplano deben mejorar la condición del docente a través del aumento en el porcentaje de docentes nombrados por escuela profesional, en la contratación de docentes mujeres y en la incorporación de buenas prácticas de enseñanza en los criterios de evaluación docente, en los programas de estímulo a la docencia y en los procesos de certificación y acreditación que permita mejorar el fundamento pedagógico.
- Las escuelas profesionales ineficientes deben de incrementar el número de trabajos de investigación y artículos científicos en revistas indexadas a través del apoyo a la formación del recurso docente en programas de doctorado, fortalecer el acceso a bases de datos, favorecer proyectos de investigación y creación de programas de posgrado y fomentar la participación de docentes y estudiantes en redes de investigación.
- La Universidad Nacional del Altiplano debe enfocarse en las escuelas profesionales ineficientes del área de ingenierías y biomédicas, a través de la implementación de un plan de mejoramiento continuo acorde con los avances de la revolución digital y calidad educativa.
- La universidad Nacional del Altiplano deben mejorar el puntaje de ingreso de los alumnos e incrementar el número de vacantes en las escuelas profesionales a través de un sistema de evaluación que mida adecuadamente sus capacidades y vocación.

BIBLIOGRAFÍA

- Agasisti, T., Dal Bianco, A., Landoni, Sala, A., Salerno, M. (2011). Evaluating the Efficiency of Research in Academic Departments: An Empirical Analysis in an Italian Region. Italy, Volume 65, No. 3, pp 267–289.
- Barra, C., Zotti, R., (2013). Interdepartmental Centre for Research in Labour Economics and Economic Policy. Interdepartmental Centre for Research in Labour Economics and Economic Policy. University of Salerno, pp. 1-30.
- Basu, S. (2008). "Returns to scale measurement," *The New Palgrave Dictionary of Economics*, 2nd Edition.
- Bouza Suárez, A. (2000). Reflexiones acerca del uso de los conceptos de eficiencia, eficacia y efectividad en el sector salud. *Rev Cubana Salud Pública*, 50-56.
- Barbosa, S., (2010). Evaluación de la eficiencia de las escuelas de la Universidad Industrial de Santander aplicando Análisis Envolvente de Datos (DEA). Colombia. pp. 23107.
- Barrantes, R., E. Cuba, et al. (2008). “La investigación económica y social en el Perú, 2004-2007: Balance y prioridades para el futuro”. Lima, CIES.
- Becker, G.S. (1962). Investment in human capital: a theoretical analysis, *The Journal of Political Economy*, vol. 70, N° 5, parte 2, Chicago, The University of Chicago Press.
- Berndt, E. (1991) *The Practice of Econometrics, Classic and Contemporary*. Addison-Wesley Publishing Company.
- Buitrago, O., Espitia, A. y Molano, L. (2017). Análisis envolvente de datos para la medición de la eficiencia en instituciones de educación superior: una revisión del estado del arte. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.21830/19006586.84>.
- Charnes, A., Cooper, W. y Rhodes, E. (1978). Medida de la eficiencia de las unidades de decisión. *Revista Europea de Investigación Operativa*, 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A.Y. and Seiford, L.M. (1994). *Data envelopment analysis: Theory, methodology and application*. Kluwer Academic Publishers.

- Charnes, A., Cooper, W. and Rhodes, E. (1981). Evaluating program and managerial efficiency: An application of data envelopment analysis to program follow through. *Management Science*. 27, 6 (1981), 668–697.
- Castrodeza, C, Peña, T., (2002). Evaluación de la actividad investigadora universitaria: Una aplicación a la Universidad de Valladolid. *Estudios de Economía Aplicada*, vol. 20, pp. 29-44.
- Cardona, M., Cano, C., Zuluaga, F. y Gómez, C. (2007). “Capital humana: Una mirada desde la educación y la experiencia laboral”. Universidad EAFIT, cuaderno de investigación 56. Medellín- Colombia.
- Caballero, R.; Galache, T.; Gómez, T.; Molina, J. and Torrico, A. (2004) Asignaciones presupuestarias y eficiencia en la política de recursos humanos de una universidad bajo criterios múltiples. XI Encuentro de Economía Pública, pp.1-25.
- Coll Serrano, V. y Blasco Blasco, O. (2006). Evaluación de la eficiencia mediante el Análisis Envolvente de Datos. Introducción a los modelos básicos. España: Universidad de Valencia.
- Cuevas L., K. A. (2003). Análisis de la eficiencia relativa de las maestrías de la Universidad de las Américas Puebla. Tesis para obtener el título en Licenciatura en Actuaría. Universidad de las Américas Puebla. Cholula, Puebla, México.
- Díez M., Francisco de Asís (2008). Análisis de eficiencia de los departamentos universitarios. El caso de la Universidad de Sevilla. España. Recuperado de: <http://vlex.com/vid/introduccion-41323267>.
- Doyle JR and RH Green (1991). “Comparing Products Using Data Envelopment Analysis.”. *Omega* 1: 631-638.
- Debreu, G. (1951). "The coefficient of resource utilization", *Econometrica*, (19)3, 273-292.
- Denison, E. (1962). *Sources of Economic Growth in the United States and the Alternatives Before Us*, Nueva York, Committee for Economic Development.
- Eatwell, J. (1987). "Returns to scale," *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*, v. 4, pp. 165-66.

- Engert, F. (1996). "The reporting of school district efficiency: the adequacy of ratio measures", *Journal of Public Budgeting, Accounting & Financial Management*, Vol. 8 No. 2, pp. 247-271.
- Farro C., F. (2001). *Planificación estratégica para instituciones educativas de calidad*. Perú: Editorial Udegraf S. A.
- Farro C., F. (2004). *Evaluación y acreditación para universidades de calidad*. Perú: Editorial Udegraf S. A.
- Fernández, J. (2000). *Microeconomía Teoría y Aplicaciones Tomo 1*, Lima, Centro de Investigación Universidad del Pacífico.
- Fernández, Y., Martínez, A. y Fernández, J. (2015) Determinantes de la eficiencia en las universidades públicas españolas: un análisis DEA en dos etapas. *Universidad de León. Investigaciones de economía de la educación*, Vol. 10, pp. 491-508
- Farrell, M. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A*. 120, 3 (1957), 253–290.
- Fried, H.O., C.A.K. Lovell y S.S. Schmidt eds. (1993). *The measurement of productive efficiency*. New York, Oxford University Press.
- Hoetker, G. (2007) the use of logit and probit models in strategic management research: critical issues. *Strategic Management Journal* College of Business, University of Illinois at Urbana-Champaign, Champaign, Illinois, U.S.A.
- Koopmans, T.C. (1951). "An analysis of production as an efficient combination of activities", en T.C. Koopmans ed. *Activity analysis of production and allocation*, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph n. 13, New York, Wiley.
- Holz, M. (2016). *Conceptos de la calidad de educación*. Biblioteca del Congreso Nacional. Asesoría Técnica Parlamentaria.
- Kaoa, C., Tai, H., (2006). Efficiency analysis of university departments: An empirical study. *Department of Industrial and Information Management, Tainan, Omega* 36, pp. 653 – 664

- Lockheed, M., y Hanushek, E. (1998). Improving Educational Efficiency in Developing Countries: What Do We Know? en Compare, 50-56.
- Malmquist, 1953; S. Malmquist. Index numbers and indifference surfaces. Trabajos de Estadística, 4 (1953), pp. 209–242.
- Murias, P., Martínez, R., Miguel, D., y Rodríguez, D., (2004), Un Análisis Envoltante de Datos de la eficiencia de los centros de educación secundaria gallegos. España, pp. 1-14.
- Mesías, D. (2014). Modelo para la evaluación de la actividad investigativa en el postgrado: caso Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle. Tesis de Doctorado en Educación. Perú: Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.
- Martínez C., M. E. (2001). Evaluación integral de la productividad académica en tres departamentos de la universidad de Guadalajara. Tesis de Maestría en Educación. México: Universidad del Valle de Atemajac.
- Martínez, F. (2010). “Los indicadores como herramientas para la evaluación de la calidad de los sistemas educativos” en Sinéctica, 35, pp. 50-62. Recuperado de: <http://sinectica.iteso.mx/assets/files/articulos/...> [10 de Junio de 2015]
- Martín, R. (2006). La evaluación de la eficiencia. Una aplicación del DEA a la Universidad de la laguna. XV Jornadas de la Asociación de la Economía de la Educación, 217-228.
- Martin, R. (2007). La Eficiencia Productiva en el Ámbito Universitario: Aspectos Claves para su Evaluación. Departamento de Economía de las Instituciones, Estadística Económica y Econometría. Universidad de La Laguna. Estudios de economía aplicada Vol. 25-3, 2007. Págs. 793-812
- Moreno, J., Díaz, J., Rodríguez, D. y Segura, J. (2018) Análisis de la eficiencia educativa y sus factores explicativos considerando el efecto de la titularidad en Colombia con datos Pisa 2012. Revista Desarrollo y Sociedad.
- Nicholson, W. (2006). Teoría Microeconómica. Principios básicos y Aplicaciones, México, Cengage Learning Editores, S.A., Novena Edición.

- Pérez R., K. M. (2009). Utilización del análisis envolvente de datos en la seguridad ciudadana. Perú: Tesis para obtener el título de Licenciado en Investigación Operativa. UNMSM.
- Pino, J., Solís, M., Delgado, M., y Barea, R., (2010). Evaluación de la eficiencia de grupos de investigación mediante análisis envolvente de datos (DEA)”. *El profesional de la información*, v.19, n. 2, pp.160-167.
- Ramírez, R. (2013). La eficiencia del uso de los recursos en las Facultades de la Universidad Nacional del Callao - Año 2011, Tesis para el grado de maestro en finanzas. Perú: Universidad Nacional del Callao.
- Rhodes, E. (1978). Data envelopment analysis and approaches for measuring the efficiency Capítulo 4. DEA EN R 91 of decision-making units with an application to program follow-through in u.S. (education. Ph. D. dissertation), School of Urban; Public Affairs, Carnegie-Mellon University
- Rodríguez, G. (2011). Indicadores DEA (Data Envelopment Analysis) de Eficiencia y Productividad para las actividades de Extensión universitaria Aplicación en la Universidad Nacional de Colombia. pp. 15-240.
- Ruggiero, J. (1996a) “On the Measurement of Technical Efficiency in the Public Sector”, *European Journal of Operational Research*, vol. 90, núm. 3, pp. 553-565.
- Ruggiero, J. (1996b). “Efficiency of Educational Production: An Analysis of New York School Districts”, *Review Economics and Statistic*, vol. 78, núm. 3, pp. 499-509.
- Santin, D. y Sicilia, G. (2012). La medición de la eficiencia educativa en Uruguay. ¿Cuáles son sus determinantes? Departamento de Economía Aplicada VI. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad Complutense de Madrid.
- Sinuany, Z., Sterna, A., Barboys, A. (1994). Academic departments efficiency via DEA. Department of Industrial Ensnaring & Management, Israel. *Compurers Ops Res.* Vol. 21. No. 5, pp. 543-556.
- Schmelkes, S. (2013). “Educación para un México intercultural” en *Sinéctica*, pp. 1-12.

- Schultz, T. (1961). Investment in human capital, *The American Economic Review*, vol. 51, N° 1, Nashville, Tennessee, American Economic Association.
- Thorne, C. (2013). Indicadores de calidad de la universidad a nivel internacional y el caso peruano. Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de: <http://www.geocities.com./P-E-R-U/lecturas/thorne/lecturas.html>. (12-02-2013).
- Tomkins, C., Green, R., (1988). An experiment in the use of data envelopment analysis for evaluating the efficiency of UK university departments of accounting. *Financial Accountability B Management*, pp. -4424.
- Tam Maldonado, M. Y. (2008). Una aproximación a la eficiencia técnica del Gasto Público en Educación en las regiones del Perú. Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES). Recuperado de: <http://cies.org.pe/es/investigaciones/educacion/una-aproximacion-la-eficiencia-tecnica-del-gasto-publico-en-educacion-en>.
- Thanassoulis, E. (2001). *Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis. A Foundation Text with Integrated Software*. Boston.: Kluwer Academic Publishers.
- Torrico, A., Pérez, F., Galache, T., Molina, J., Gómez, T. y Caballero, R., (2007). Análisis de la eficiencia de las unidades productivas de una universidad. Universidad de Málaga. España, pp. 1-33.
- UNESCO (2006) “Una Educación de Calidad para Todos: un asunto de derechos humanos”. Recuperado de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001502/150272s>.
- Vassilakis, S. (1987). "Increasing returns to scale," *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*, v. 2, pp. 761-64.



ANEXOS

Anexo 1. Estadística descriptiva de las variables

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
dmu	175	18	10.12848	1	35
aul	175	8.2	3.09616	2	17
lab	175	7.685714	6.834545	1	33
bib	175	.8571429	.5436603	0	2
amat	175	526.24	188.606	102	1024
adoc	175	15.69143	5.842441	2	31
doc	175	37.65714	16.96335	16	82
docn	175	19.93143	9.853868	2	51
docvm	175	6.708571	7.946711	0	34
adm	175	6.537143	3.545686	1	21
ainv	175	261.0857	133.8933	48	728
theta	175	.6155477	.1847018	.192442	1

Anexo 2. Correlación entre variables

	dmu	aul	lab	bib	amat	adoc	doc	docn	docvm	adm	ainv	theta
dmu	1.0000											
aul	-0.2685	1.0000										
lab	-0.3333	-0.0106	1.0000									
bib	-0.2296	0.4268	0.0342	1.0000								
amat	-0.0095	0.0976	-0.0704	0.3704	1.0000							
adoc	0.0488	-0.0966	-0.1870	-0.0121	0.3661	1.0000						
doc	-0.1020	0.2206	0.1127	0.3050	0.3570	-0.6495	1.0000					
docn	-0.2165	0.4341	0.2890	0.4187	0.3247	-0.4597	0.7458	1.0000				
docvm	-0.2661	0.0711	0.1167	0.2790	0.1251	0.1414	-0.0513	0.0599	1.0000			
adm	-0.3242	0.0572	0.6466	0.2219	0.1282	-0.1021	0.2100	0.4802	0.1070	1.0000		
ainv	0.3203	0.1244	-0.3742	0.1983	0.7273	0.3084	0.2006	0.2063	-0.0700	-0.0908	1.0000	
theta	0.5213	-0.0149	-0.4869	-0.1230	0.0218	0.1359	-0.1277	-0.1113	-0.2696	-0.2852	0.6558	1.0000

Anexo 3. Estimaciones del modelo Tobit eficiencia DEA

```
Tobit regression                               Number of obs   =       175
                                                LR chi2(7)      =       91.97
                                                Prob > chi2     =       0.0000
Log likelihood = -.25127296                    Pseudo R2      =       0.9946
```

theta	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
aul	-.0268383	.0058852	-4.56	0.000	-.0384568	-.0152198
lab	-.012775	.0029932	-4.27	0.000	-.0186842	-.0068658
bib	-.0862747	.0348793	-2.47	0.014	-.155133	-.0174165
adoc	.012641	.0032871	3.85	0.000	.0061517	.0191303
docn	.0116036	.0025352	4.58	0.000	.0065988	.0166085
docvm	-.0060173	.0020494	-2.94	0.004	-.0100631	-.0019715
adm	-.0187551	.0066809	-2.81	0.006	-.0319444	-.0055658
_cons	.8609794	.0769576	11.19	0.000	.7090509	1.012908
/sigma	.1962717	.012266			.1720563	.2204872

```
Obs. summary:      0 left-censored observations
                   140 uncensored observations
                   35 right-censored observations at theta>=1
```

```
Tobit regression                               Number of obs   =       175
                                                LR chi2(4)      =       65.69
                                                Prob > chi2     =       0.0000
Log likelihood = 67.788042                    Pseudo R2      =      -0.9399
```

theta	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lab	-.0136827	.0018424	-7.43	0.000	-.0173195	-.0100459
doc	-.003047	.0010728	-2.84	0.005	-.0051646	-.0009294
docn	.0046324	.0019113	2.42	0.016	.0008595	.0084052
docvm	-.0057518	.0015164	-3.79	0.000	-.0087452	-.0027585
_cons	.7835671	.0326032	24.03	0.000	.7192104	.8479237
/sigma	.1562942	.008546			.139425	.1731633

```
Obs. summary:      0 left-censored observations
                   170 uncensored observations
                   5 right-censored observations at theta>=1
```

```
Tobit regression                                Number of obs   =      175
                                                LR chi2(4)      =      86.24
                                                Prob > chi2     =      0.0000
Log likelihood = 39.284414                    Pseudo R2      =     11.2359
```

theta	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lab	-.0175755	.0020345	-8.64	0.000	-.0215914	-.0135596
docn	.0058222	.0015058	3.87	0.000	.00285	.0087945
docvm	-.0054561	.001613	-3.38	0.001	-.00864	-.0022722
amat	-.0003655	.0000771	-4.74	0.000	-.0005176	-.0002133
_cons	.9442594	.0440259	21.45	0.000	.8573553	1.031164
/sigma	.1660905	.0096253			.1470908	.1850903

```
Obs. summary:      0 left-censored observations
                   156 uncensored observations
                   19 right-censored observations at theta>=1
```

```
Tobit regression                                Number of obs   =      175
                                                LR chi2(4)      =      72.22
                                                Prob > chi2     =      0.0000
Log likelihood = 39.555533                    Pseudo R2      =     -10.4781
```

theta	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lab	-.0156077	.0019956	-7.82	0.000	-.0195469	-.0116685
adoc	.0057476	.0025558	2.25	0.026	.0007026	.0107925
docn	.0038763	.0015399	2.52	0.013	.0008366	.0069159
docvm	-.0062778	.0016646	-3.77	0.000	-.0095636	-.002992
_cons	.653845	.061209	10.68	0.000	.5330224	.7746676
/sigma	.1693832	.0096894			.1502569	.1885094

```
Obs. summary:      0 left-censored observations
                   160 uncensored observations
                   15 right-censored observations at theta>=1
```


Anexo 5. Batería de estimaciones del modelo Tobit

```
Tobit regression                               Number of obs   =       175
                                                LR chi2(9)      =       94.19
                                                Prob > chi2     =       0.0000
Log likelihood = .85868999                    Pseudo R2      =       1.0186
```

theta	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
aul	-.0245514	.0061029	-4.02	0.000	-.0366008	-.0125021
lab	-.0125972	.0029923	-4.21	0.000	-.0185051	-.0066893
bib	-.0975844	.035715	-2.73	0.007	-.1680985	-.0270703
amat	.0002374	.0001682	1.41	0.160	-.0000947	.0005695
adoc	.0057028	.006637	0.86	0.391	-.0074011	.0188066
doc	-.0015856	.0023834	-0.67	0.507	-.0062913	.00312
docn	.010163	.0031862	3.19	0.002	.0038723	.0164538
docvm	-.0059019	.0020381	-2.90	0.004	-.0099259	-.0018779
adm	-.0179287	.0067051	-2.67	0.008	-.031167	-.0046903
_cons	.9164549	.1206314	7.60	0.000	.6782854	1.154625
/sigma	.1947104	.0121721			.1706783	.2187426

```
Obs. summary:      0 left-censored observations
                   140 uncensored observations
                   35 right-censored observations at theta>=1
```

```
Tobit regression                               Number of obs   =       175
                                                LR chi2(9)      =       67.90
                                                Prob > chi2     =       0.0000
Log likelihood = 68.892085                    Pseudo R2      =       -0.9715
```

theta	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
aul	-.0026123	.0047403	-0.55	0.582	-.0119713	.0067468
lab	-.0138674	.0023537	-5.89	0.000	-.0185144	-.0092203
bib	-.0286175	.0275252	-1.04	0.300	-.0829621	.025727
amat	.000051	.0001275	0.40	0.690	-.0002008	.0003027
adoc	-.0000916	.0050132	-0.02	0.985	-.0099894	.0098062
doc	-.0033392	.0018421	-1.81	0.072	-.0069761	.0002977
docn	.0057565	.0023746	2.42	0.016	.0010682	.0104448
docvm	-.0053554	.0015848	-3.38	0.001	-.0084843	-.0022265
adm	-.0003102	.005043	-0.06	0.951	-.0102668	.0096464
_cons	.7934925	.0933795	8.50	0.000	.609128	.977857
/sigma	.155274	.008491			.1385097	.1720383

```
Obs. summary:      0 left-censored observations
                   170 uncensored observations
                   5 right-censored observations at theta>=1
```

```
Tobit regression                               Number of obs   =       175
                                                LR chi2(9)      =       91.80
                                                Prob > chi2     =       0.0000
Log likelihood = 42.064146                    Pseudo R2      =       11.9602
```

theta	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
aul	.0074304	.0051078	1.45	0.148	-.0026543	.017515
lab	-.0164225	.0025053	-6.56	0.000	-.0213688	-.0114762
bib	-.0414599	.0293649	-1.41	0.160	-.0994368	.0165169
amat	-.0003722	.0001472	-2.53	0.012	-.0006628	-.0000815
adoc	.0028627	.0055037	0.52	0.604	-.0080035	.013729
doc	-.0002021	.002067	-0.10	0.922	-.004283	.0038788
docn	.0072352	.0025395	2.85	0.005	.0022214	.012249
docvm	-.0052283	.0016761	-3.12	0.002	-.0085376	-.0019189
adm	-.0034629	.0053589	-0.65	0.519	-.0140432	.0071174
_cons	.869431	.1008581	8.62	0.000	.6703009	1.068561
/sigma	.1638898	.0095032			.1451271	.1826524

```
Obs. summary:      0 left-censored observations
                   156 uncensored observations
                   19 right-censored observations at theta>=1
```

Anexo 6. Base de datos

DMU	AUL	LAB	BIB	AMAT	ADOC	DOC	DOCN	DOCVM	ADM	AINV
1	17	19	1	386	10	40	33	10	8	118
2	5	14	0	311	16	20	12	2	9	132
3	5	3	0	499	18	27	12	0	9	162
4	10	2	2	742	14	54	39	11	7	406
5	10	6	1	567	27	21	16	14	8	176
6	9	7	1	871	12	74	21	5	5	175
7	6	7	1	658	10	67	21	3	4	184
8	15	1	1	177	2	75	33	4	4	49
9	7	7	1	321	10	33	19	16	9	84
10	8	15	1	610	21	29	17	26	6	165
11	12	19	1	398	22	18	16	9	6	116
12	9	11	2	672	23	29	17	0	9	305
13	9	9	1	279	9	31	20	3	8	90
14	7	9	2	632	23	28	14	28	4	164
15	9	6	1	365	17	22	14	24	4	124
16	8	6	1	557	17	33	14	4	4	140
17	8	33	1	689	11	64	50	8	21	101
18	8	11	1	422	14	31	26	2	10	140
19	9	11	0	358	14	25	15	1	6	151
20	3	9	0	483	16	31	13	1	6	151
21	6	16	1	579	8	73	24	0	8	286
22	5	10	1	447	6	69	34	10	12	172
23	12	1	1	1007	19	52	33	8	5	665
24	11	3	1	609	20	31	13	2	5	342
25	9	2	1	102	2	61	36	2	2	48
26	6	2	0	593	31	19	8	1	3	314
27	6	2	1	234	15	16	8	0	4	122
28	7	2	0	277	17	16	12	3	3	211
29	6	3	1	622	25	25	19	0	8	295
30	8	1	1	465	13	35	22	7	2	246
31	10	2	1	521	18	29	13	1	5	296
32	5	2	0	471	12	39	18	25	2	231
33	7	4	1	535	15	36	16	3	5	233
34	2	13	0	404	12	33	2	3	3	150
35	13	1	1	669	15	45	22	5	10	410
1	17	19	1	394	10	39	33	10	8	128
2	5	14	0	303	15	20	12	2	9	159
3	5	3	0	568	22	26	12	0	9	227
4	10	2	2	801	14	57	39	11	7	440
5	10	6	1	627	30	21	16	14	7	222
6	9	7	1	908	12	73	21	5	5	173
7	6	7	1	722	11	67	21	3	5	228

8	15	1	1	174	2	75	33	4	4	72
9	7	7	1	319	10	33	19	16	9	124
10	8	15	1	623	21	29	17	26	6	162
11	12	19	1	407	23	18	16	9	5	156
12	9	11	2	723	25	29	17	0	8	333
13	9	9	1	297	10	30	20	3	7	86
14	7	9	2	626	22	28	14	28	4	190
15	9	6	1	391	19	21	14	24	4	131
16	8	6	1	605	18	33	14	4	4	142
17	8	33	1	717	12	62	50	8	21	158
18	8	11	1	452	15	31	26	2	11	195
19	9	11	0	398	16	25	15	1	6	154
20	3	9	0	481	16	31	13	1	5	203
21	6	16	1	620	8	74	24	0	8	339
22	5	10	1	467	7	70	34	10	13	235
23	12	1	1	1024	20	52	33	8	6	688
24	11	3	1	628	20	31	13	2	6	347
25	9	2	1	709	12	60	36	2	2	393
26	6	2	0	258	14	19	8	1	3	142
27	6	2	1	269	17	16	8	0	4	207
28	7	2	0	381	24	16	12	3	3	289
29	6	3	1	659	26	25	19	0	8	347
30	8	1	1	481	14	35	22	7	2	296
31	10	2	1	549	19	29	13	1	5	320
32	5	2	0	514	13	39	18	25	2	287
33	7	4	1	565	16	36	16	3	5	248
34	2	13	0	398	12	33	2	3	3	140
35	13	1	1	690	15	46	22	5	11	425
1	17	19	1	366	9	40	33	10	9	157
2	5	14	0	279	14	20	12	2	9	93
3	5	3	0	599	23	26	12	0	9	237
4	10	2	2	838	14	58	39	11	7	396
5	10	6	1	642	31	21	16	14	10	256
6	9	7	1	908	13	72	21	5	6	217
7	6	7	1	743	11	65	21	3	5	258
8	15	1	1	174	2	75	33	4	4	62
9	7	7	1	255	8	33	19	16	7	119
10	8	15	1	640	22	29	17	26	7	159
11	12	19	1	371	21	18	16	9	6	152
12	9	11	2	692	24	29	17	0	11	333
13	9	9	1	282	8	34	20	3	9	113
14	7	9	2	602	22	28	14	28	6	180
15	9	6	1	393	19	21	14	24	5	138
16	8	6	1	600	18	34	14	4	4	201
17	8	33	1	696	11	65	50	8	19	175
18	8	11	1	435	13	33	26	2	13	207

19	9	11	0	430	20	22	15	1	5	224
20	3	9	0	421	15	29	13	1	5	127
21	6	16	1	643	9	68	24	0	9	407
22	5	10	1	473	8	63	34	10	12	245
23	12	1	1	1015	20	52	33	8	6	693
24	11	3	1	631	20	31	13	2	5	360
25	9	2	1	703	12	60	36	2	1	414
26	6	2	0	294	15	19	8	1	3	183
27	6	2	1	265	17	16	8	0	4	219
28	7	2	0	437	27	16	12	3	3	331
29	6	3	1	661	26	25	19	0	8	411
30	8	1	1	515	15	35	22	7	2	358
31	10	2	1	533	18	29	13	1	6	288
32	5	2	0	537	14	39	18	25	2	328
33	7	4	1	518	14	36	16	3	6	218
34	2	13	0	341	10	33	2	3	4	117
35	13	1	1	674	15	45	22	5	7	405
1	17	19	1	348	8	42	33	10	9	172
2	5	14	0	296	14	21	12	3	9	178
3	5	3	0	620	26	24	12	23	9	342
4	10	2	2	848	15	56	38	10	7	442
5	10	6	1	626	27	23	16	11	10	298
6	9	7	1	909	22	42	20	7	5	240
7	6	7	1	718	20	36	21	2	7	352
8	15	1	1	188	3	73	33	5	4	89
9	7	7	1	263	8	34	19	10	7	141
10	8	15	1	646	22	29	17	28	8	247
11	12	19	1	362	18	20	16	9	5	157
12	9	11	2	665	21	32	17	34	10	352
13	9	9	1	315	10	32	21	3	9	144
14	7	9	2	541	16	33	14	32	8	229
15	9	6	1	409	16	26	14	0	7	146
16	8	6	1	587	19	31	14	3	4	241
17	8	33	1	663	10	64	51	8	19	208
18	8	11	1	445	13	33	26	2	13	250
19	9	11	0	449	20	23	15	1	5	246
20	3	9	0	404	14	29	13	1	5	164
21	6	16	1	607	10	61	24	0	8	419
22	5	10	1	468	6	74	36	7	12	261
23	12	1	1	944	17	54	33	6	7	728
24	11	3	1	625	20	32	13	1	5	396
25	9	2	1	790	13	61	36	2	1	489
26	6	2	0	331	14	23	12	4	3	175
27	6	2	1	292	17	17	8	1	4	227
28	7	2	0	466	26	18	8	0	3	376
29	6	3	1	664	27	25	19	0	8	463

30	8	1	1	495	16	31	22	7	2	334
31	10	2	1	509	22	23	13	1	6	318
32	5	2	0	547	20	28	17	8	2	357
33	7	4	1	508	16	31	16	4	6	274
34	2	13	0	344	13	26	2	4	5	140
35	13	1	1	681	14	49	21	7	7	493
1	17	19	1	374	9	41	31	9	11	202
2	5	14	0	329	16	20	11	2	9	210
3	5	3	0	595	21	28	12	27	10	336
4	10	2	2	843	14	59	38	9	8	509
5	10	6	1	592	20	29	16	14	9	254
6	9	7	1	907	20	46	19	8	4	337
7	6	7	1	689	18	39	20	2	5	388
8	15	1	1	231	3	75	33	2	4	115
9	7	7	1	248	8	33	19	10	5	135
10	8	15	1	619	19	32	16	10	9	321
11	12	19	1	362	17	21	16	6	6	180
12	9	11	2	661	19	35	17	34	13	400
13	9	9	1	321	10	33	20	2	9	166
14	7	9	2	506	15	33	14	0	5	244
15	9	6	1	408	16	26	14	0	4	226
16	8	6	1	569	15	38	14	4	4	286
17	8	33	1	663	11	61	47	7	17	219
18	8	11	1	447	13	35	25	2	11	301
19	9	11	0	446	14	32	15	1	5	301
20	3	9	0	376	10	37	12	1	5	206
21	6	16	1	581	7	82	23	0	6	438
22	5	10	1	467	7	66	32	7	12	284
23	12	1	1	925	16	57	32	6	5	713
24	11	3	1	637	18	36	13	2	4	461
25	9	2	1	969	15	65	33	2	2	669
26	6	2	0	344	15	23	12	2	4	186
27	6	2	1	337	17	20	8	1	5	275
28	7	2	0	455	23	20	8	0	4	383
29	6	3	1	667	23	29	19	0	7	470
30	8	1	1	484	16	31	22	7	1	361
31	10	2	1	479	19	25	12	1	4	286
32	5	2	0	524	15	36	17	6	1	385
33	7	4	1	493	15	32	16	4	4	331
34	2	13	0	378	13	29	2	3	3	211
35	13	1	1	707	14	51	22	6	7	492