



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS**  
**CARRERA DE ECONOMÍA**

**TEMA:**

Análisis de la eficiencia técnica del sector de la Construcción en el Ecuador durante el período 2015-2018 mediante el método Data Envelopment Analysis (DEA)

**AUTORES:**

Cava Cubi Gloria Vanessa  
Silva Ramos Itzel Celeste

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
ECONOMISTA**

**TUTOR:**

Econ. Jorge Luis Delgado, Mgs.

**Guayaquil, Ecuador**

**16 de septiembre del 2020**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS**  
**CARRERA DE ECONOMÍA**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Cava Cubi, Gloria Vanessa y Silva Ramos, Itzel Celeste**, como requerimiento para la obtención del título de **Economista**.

### **TUTOR**

f. Jorge Luis Delgado S.

**Econ. Delgado Jorge Luis, Mgs.**

### **DIRECTOR DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_

**Econ. Guillen Franco Erwin José, Mgs.**

**Guayaquil, 16 de septiembre del año 2020**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
CARRERA DE ECONOMÍA**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotras, **Cava Cubi, Gloria Vanessa y Silva Ramos, Itzel Celeste**

### **DECLARAMOS QUE:**

El Trabajo de Titulación: **Análisis de la eficiencia técnica del sector de la Construcción en el Ecuador durante el período 2015-2018 mediante el método Data Envelopment Analysis (DEA)**, previo a la obtención del título de **Economista**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría. ,

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 16 días del mes de septiembre del año 2020**

### **AUTORES**

f.   
Cava Cubi Gloria Vanessa

f.   
Silva Ramos Itzel Celeste



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
CARRERA DE ECONOMÍA**

## **AUTORIZACIÓN**

Nosotras, **Cava Cubi, Gloria Vanessa y Silva Ramos, Itzel  
Celeste**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Análisis de la eficiencia técnica del sector de la Construcción en el Ecuador durante el período 2015-2018 mediante el método Data Envelopment Analysis (DEA)**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 16 días del mes de septiembre del año 2020**

### **AUTORES**

f.   
Cava Cubi Gloria Vanessa

f.   
Silva Ramos Itzel Celeste

## REPORTE DE URKUND

REMITENTE  
itzel\_silva12@hotmail.com

ARCHIVO  
Cava\_Silva\_Delgado\_TrabajoDeTitulación.docx

SIMILITUD  
0 %

COINCIDENCIAS

FUENTES

DOCUMENTO COMPLETO

MOSTRAR EN EL TEXTO

Citas



Paréntesis



Diferencias detalladas de texto



f.   
Gloria Vanessa Cava Cubi  
Autora

f.   
Econ. Jorge Luis Delgado Salazar  
Tutor

f.   
Itzel Celeste Silva Ramos  
Autora

## **Agradecimiento**

Gracias a Jehová Dios por sus abundantes e infinitas bendiciones sobre mi vida y la de toda mi familia, porque gracias a él podemos disfrutar de cada momento bueno, de aprendizaje en este camino llamado vida.

Gracias a mi increíble y hermosa tía, abuelita, madre que han sido pilares fundamentales en cada etapa de mi vida y crecimiento personal.

Gracias a mi hermosa compañera de tesis, por su apoyo e incondicional paciencia en todo momento Itzel Silva, porque lloramos juntas, reímos juntas, peleamos, pero nos graduamos en tiempos de Covid.

Y de manera especial al Econ. Jorge Delgado y su señora madre por toda la guía, apoyo, esmero y las pautas en este proceso de elaboración de tesis. Sus consejos y recomendaciones fueron claves para finalizar este trabajo.

*Gloria Vanessa Cava Cubi*

## Dedicatoria

A las 3 mujeres más importantes en mi vida:

Primero de manera especial a Susana Cubi, mi tía, amiga, confidente, hermana. Su paciencia, bondad, cuidado, protección, detalle, lecciones de vida y amor que ha sido infinita en todas las etapas de mi vida.

Segundo, a mi mamita, mi canita blanca, mi abuelita, mi mama se fue antes de lo planeado. Ella fue y será mi consejera, parte de mi corazón y de mis planes a futuro estaban con ella. Siempre que alguien te cuente un secreto lo guardas en tu corazón y te lo llevas a la tumba.

Tercero, a la mujer que me dio la vida, mi madre Hilda Cubi, la que sé que siempre estará ahí para escucharme, darme ese abrazo cálido, sincero y con amor que cada uno necesitamos en cualquier momento del día, o de la vida.

También a un especial ser humano mi amigo, mi papá que es sencillo, cálido y aunque no hablemos mucho ocupa un lugar especial en mi corazón.

Y en general a toda la familia: mis primos que adoro ese teams primos somos unos locos los 17 juntos, mi tío Raúl Cubi que en su momento ha tomado el lugar de papá, gracias por esos momentos, consejos, enseñanzas. Mi primo, hermano Ernesto Cubi que es mi amigo incondicional en todo tiempo, Proverbios 17:17. Mis hermanos: que son los tesoros que Dios brinda a la vida de cada persona.

keep the faith, Salmos 90:10

*Gloria Vanessa Cava Cubi*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirme en cada paso que he dado y cada reto que se me ha presentado; a mis ángeles del cielo, que estoy segura que durante todo este tiempo me han cuidado mis queridos papito Humberto y mamita Cona, y como no a mi ángel protector en la tierra mi mamita Amada que siempre ha velado por mi bienestar.

La vida me premio de una manera tan sublime, tan única porque me dio a los mejores padres del mundo, gracias a ellos por tanto y por todo, mis adorados padres Duque Silva y Margot Ramos, los seres más importantes de mi vida, aquellos que me brindaron su amor, cariño y comprensión que estuvieron en cada instancia de este largo caminar, gracias por saberme guiar por el camino del bien, por todos sus consejos, prometo nunca decepcionarlos y ser su más grande orgullo y a ti me querido hermano que siempre has estado pendiente de mí gracias, estoy seguro que Dios siempre nos bendecirá y nos permitirá cumplir cada uno de nuestros sueños.

Durante mi vida tuve la dicha de contar con mis ñañitos Segundito, Carlitos Homero, Walter y mis ñañitas queridas Fanny, Patricia, Marcia que a pesar de estar lejos siempre han estado pendiente de mí, quienes nunca me abandonaron y siempre me extendieron sus brazos llenos de amor gracias por no olvidarse de su sobrina que los quiere tanto. Y a mi doña Eliza quien siempre me aconsejo.

A veces salir de casa por buscar un futuro no es nada fácil, en mi caso tuve que dejar a mis padres, vivir en otra ciudad. Afrontar nuevos obstáculos puede ser tan complicado pero la vida nos da seres que están siempre para brindarnos ese gran apoyo, que muchas veces es tan necesario por eso y muchos más quiero agradecer a mi mejor amiga Joselyn Miranda que ha sido mi confidente mi compañera de vida mi cómplice mi apoyo incondicional durante toda mi etapa estudiantil, y como no agradecer a mis sombras como nos decían en la Universidad a las dos personas que desde primer semestre me acogieron y me acompañaron gracias amigos Gloria y Rafael ; también quiero expresar mi agradecimiento a mi querido amigo Moisés una persona que conocí los últimos años de mi carrera que me ha sabido brindar su amistad y dar consejos para lograr todo lo que me proponga. A mi querida primita Andrea mi pequeña soñadora quien siempre me hace sonreír con sus ocurrencias.

Por último, pero no menos importante gracias a mi tutor el Economista Jorge Delgado que durante esta etapa ha sabido encaminarnos y compartir sus conocimientos para que nuestro trabajo se desarrolle de la mejor manera.

*Itzel Celeste Silva Ramos*



## DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico con todo el amor a mis ángeles del cielo mi mamita Conita y mi papito Humberto sé que su presencia física no estará conmigo en uno de los días más importantes de mi vida, pero estoy segura que su espíritu siempre me acompañara; a ellos quienes mientras estaban conmigo siempre me cuidaron y me brindaron su amor, quienes me dieron grandes lecciones de vida, en donde la humildad y la honradez siempre estuvieron presentes. A mi otro bello ángel terrenal mi mamita Amadita que a pesar de la distancia no ha sido impedimento para que siempre este pendiente de mí, para brindarme su amor, que ha buscado de una u otra forma siempre mi bienestar. A mi tía Olga que durante estos años nos ha brindado cariño y apoyo incondicional.

A mis guerreros, mis héroes sin capa mis padres quienes siempre buscaron que cumpla cada sueño que he tenido que han sabido vencer las adversidades por ver a sus hijos triunfar, el poder desarrollar el presente trabajo no solo es mérito mío sino de ellos; quienes sin importar sus sueños los cambiaron por cuidarnos y educarnos quiero en estas pequeñas líneas expresarles el profundo amor y agradecimiento que les tengo

*Itzel Celeste Silva Ramos*



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
CARRERA DE ECONOMÍA**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_  
**ECON. ERWIN GUILLEN FRANCO, MGS.**  
DIRECTOR DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_  
**ING. FREDDY RONALDE CAMACHO VILLAGOMEZ PH. D**  
COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

f. \_\_\_\_\_  
**ECON. MARLON ESTUARDO PACHECO BRUQUE, MGS.**  
OPONENTE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
CARRERA DE ECONOMÍA**

**CALIFICACIÓN**

f. Jorge Luis Delgado S.

Econ. Jorge Luis Delgado Salazar, Mgs

## ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	2
1 INTRODUCCIÓN .....	2
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Objetivos.....	6
1.3 Justificación .....	6
CAPÍTULO II.....	10
2 Marco Teórico .....	10
2.1 Teoría del Bienestar .....	10
2.2 Eficiencia desde el enfoque de Pareto .....	13
2.3 Coeficiente de Debreu de utilización de Recursos .....	15
2.4 Eficiencia Técnica.....	22
2.5 Eficiencia apartir de Abraham Charnes, William Cooper y Edward Rhodes.....	24
2.6 Marco Referencial.....	30
CAPITULO III.....	55
3 Metodología de la Investigación .....	55
3.1 Método Científico.....	55
3.2 Tipo de Investigación .....	55
3.3 Alcance de la Investigación .....	56
3.4 Método.....	56

3.5	Herramientas .....	63
3.6	Fuentes.....	63
3.7	Población .....	64
3.8	Datos .....	64
3.9	Variables.....	64
CAPÍTULO IV.....		72
4	Resultados .....	72
4.1	Propuesta de Acción.....	100
5	CONCLUSIONES.....	103
5.1	Recomendaciones .....	105
6	Referencias .....	106
Anexos.....		125

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Caja de Edgeworth .....	11
<i>Figura 2</i> Eficiencia Técnica .....	57
<i>Figura 3</i> Tabla de Clasificación .....	63
<i>Figura 4</i> Clasificación Modelo 1 .....	89
<i>Figura 5</i> Clasificación Modelo 2 .....	94
<i>Figura 6</i> Clasificación Modelo 3 .....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Estudios Realizados Sobre la Eficiencia Técnica</i> .....	65
Tabla 2 <i>Descripción de Variables</i> .....	71
Tabla 3 <i>Estadísticos Descriptivos del ROE</i> .....	72
Tabla 4 <i>Estadísticos Descriptivos del ROA</i> .....	73
Tabla 5 <i>Estadísticos Descriptivos de los Ingresos</i> .....	73
Tabla 6 <i>Estadísticos Descriptivos Activo no Corriente</i> .....	74
Tabla 7 <i>Estadísticos Descriptivos Costo de Venta</i> .....	75
Tabla 8 <i>Estadísticos Descriptivos Costo de Venta</i> .....	75
Tabla 9 <i>Estadísticos Descriptivos de las Empresas Eficientes</i> .....	76
Tabla 10 <i>Codificación de las Actividades de las Empresas</i> .....	77
Tabla 11 <i>Empresas Eficientes 2015</i> .....	78
Tabla 12 <i>Comparación por Ingresos año 2015</i> .....	79
Tabla 13 <i>Eficiencia de las Empresas año 2016</i> .....	80
Tabla 14 <i>Comparación por Ingresos año 2016</i> .....	81
Tabla 15 <i>Eficiencia de las Empresas año 2017</i> .....	82
Tabla 16 <i>Comparación por Ingresos año 2017</i> .....	83
Tabla 17 <i>Eficiencia de las Empresas año 2018</i> .....	84
Tabla 18 <i>Comparación por Ingresos año 2017</i> .....	85
Tabla 19 <i>Estadística Descriptiva del Modelo</i> .....	86
Tabla 20 <i>Anova del Modelo</i> .....	87

Tabla 21	<i>Estimación de Parámetros</i> .....	87
Tabla 22	<i>VIF Modelo</i> .....	88
Tabla 23	<i>Estadística Descriptiva Modelo Logit</i> .....	88
Tabla 24	<i>Estimación de Parámetros Modelo Logit</i> .....	89
Tabla 25	<i>Clasificación Modelo Logit</i> .....	90
Tabla 26	<i>Prueba de Hosmer-Lemeshow</i> .....	90
Tabla 27	<i>Estadística Descriptiva Modelo 2</i> .....	91
Tabla 28	<i>Anova del Modelo</i> .....	91
Tabla 29	<i>Estimación de Parámetros Modelo 2</i> .....	91
Tabla 30	<i>VIF Modelo 2</i> .....	92
Tabla 31	<i>Estadística Descriptiva Modelo Logit 2</i> .....	93
Tabla 32	<i>Estimación de Parámetros Modelo Logit 2</i> .....	93
Tabla 33	<i>Clasificación Modelo Logit 2</i> .....	94
Tabla 34	<i>Prueba de Hosmer-Lemeshow</i> .....	95
Tabla 35	<i>Estadística Descriptiva Modelo 3</i> .....	95
Tabla 36	<i>Anova Modelo 3</i> .....	96
Tabla 37	<i>Análisis Parámetros Modelo 3</i> .....	96
Tabla 38	<i>VIF Modelo 3</i> .....	97
Tabla 39	<i>Estadística Descriptiva Modelo Logit 3</i> .....	97
Tabla 40	<i>Análisis Parámetros Modelo Logit 3</i> .....	98
Tabla 41	<i>Clasificación Modelo Logit 3</i> .....	99
Tabla 42	<i>Prueba de Hosmer - Lemeshow</i> .....	99
Tabla 43	<i>Escenarios de Probabilidad de Eficiencia Técnica</i> .....	100



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad analizar la eficiencia técnica de las empresas del sector de la construcción durante el período 2015-2018. Se aplicó el método análisis envolvente de datos (DEA), para el mencionado análisis se tomó todas las empresas del sector de la construcción de los años 2015 al 2018, adicional se realizó la respectiva depuración para evitar la presencia de datos atípicos. Se determinó la eficiencia técnica de las empresas, teniendo como inputs costo de venta, activos no corrientes, gasto en sueldos y como outputs los ingresos, rentabilidad económica y rentabilidad financiera. Demostrando que del total de las empresas del sector de la construcción en Ecuador en su mayoría las microempresas y pequeñas empresas lograron ser eficientes durante el período de tiempo analizado; concluyendo que una de las actividades que evidencia mayor cantidad de empresas técnicamente eficientes es la construcción de todo tipo de edificios residenciales: casas familiares, viviendas para ancianos, casas para beneficencia, orfanatos, cárceles.

Palabras Claves: Eficiencia Técnica, Sector de la Construcción, Empresas.

## **ABSTRACT**

The purpose of this research work is to analyze the technical efficiency of companies in the construction sector during the period 2015-2018. The data envelopment analysis (DEA) method was applied, for the aforementioned analysis all companies in the construction sector from 2015 to 2018 were taken, additionally the respective filtering was carried out to avoid the presence of atypical data. The technical efficiency of the companies was determined, taking as inputs cost of sale, non-current assets, spending on salaries and as outputs income, economic profitability and financial profitability. Demonstrating that of the total number of companies in the construction sector in Ecuador, the majority of micro and small companies managed to be efficient during the period of time analyzed; concluding that one of the activities that shows the greatest number of technically efficient companies is the construction of all types of residential buildings: family houses, homes for the elderly, houses for charity, orphanages, prisons.

Key Words: Technical Efficiency, Construction Sector, Companies.

## **CAPÍTULO I**

### **1 INTRODUCCIÓN**

En el Ecuador uno de los sectores que contribuye altamente al PIB es el de la construcción; además permite que otros sectores se dinamicen. Es por ello que, es importante que exista un adecuado uso de los factores de producción. Es importante destacar que en el mencionado sector se han presentado problemas como la ineficiencia en la ejecución de proyectos; falta de calidad en los trabajos, que esto a su vez no permite que exista una elevada rentabilidad operativa.

Por tal razón, se ha planteado la siguiente pregunta de investigación ¿Cuál es la eficiencia técnica del sector de la construcción en el Ecuador en el periodo 2015-2018? con la finalidad de conocer qué empresa ha utilizado menos unidades físicas de factores productivos. El objetivo de la presente investigación es “Analizar la eficiencia técnica del sector de la construcción en Ecuador durante el periodo 2015-2018, mediante el método DEA”.

El trabajo se estructura de la siguiente manera: en la primera sección se encuentra la introducción, la problemática donde consta el surgimiento de la investigación, además se plantea los objetivos, tanto general como específicos y, finalmente, se da a conocer el porqué de la investigación mediante la justificación, como también las aportaciones que tendrá el estudio realizado.

En el segundo capítulo se desarrolla el marco teórico y referencial; donde se especifica las teorías que sustentan el presente trabajo; además de la formulación del concepto de eficiencia; en cuanto al marco referencial,

aborda los diversos estudios que se han realizado a nivel mundial y nacional sobre la eficiencia técnica mediante el método DEA.

En el tercer capítulo se especifica la metodología que se aplica en el estudio, en la cual el método científico es el deductivo con un enfoque cuantitativo, el tipo de investigación es teórica–aplicada con un alcance descriptivo-correlacional; además de contar con las respectivas fuentes de recopilación de información, y herramientas para el análisis de la investigación.

En el cuarto capítulo se presenta los resultados de la eficiencia técnica que presenta cada empresa del sector de la construcción durante el periodo 2015-2018, en donde se tiene como inptus el costo de venta, activos no corrientes, gasto en sueldos mientras que los outputs son Roe, Roa e Ingresos.

Además, se presenta una propuesta de acción enfocada a dar créditos a empresas micro y pequeñas; puesto que se obtuvo como conclusión que dichas empresas son las que presentan eficiencia durante los diferentes años de estudio.

### **1.1 Planteamiento del Problema**

El sector de la construcción en el transcurso de los años ha estado inmerso en el desarrollo y avance tecnológico alrededor del mundo, interviniendo en la calidad de vida de cada país; es por ello que la importancia de este sector sigue siendo transversal en todas las economías, debido a que moviliza gran cantidad de insumos, genera empleos directos e indirectos y, de esta manera, contribuye significativamente a la formación del capital de los países (Burgos y Villegas, 2016).

Uno de los sectores de mayor influencia en la economía ecuatoriana ha sido el sector de la construcción; pero según la Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON, 2016), a partir del 2015 ha presentado problemas como es la disminución de la inversión de obras públicas; por ejemplo, construcción de vías y carreteras, construcción de obras de ingeniería civil relacionada con tuberías urbanas, obras de superficie en calle, carreteras, puentes, autopistas, puentes o túneles, construcción de vías de navegación, obras portuarias y fluviales; provocando una caída en dicho sector que aportaba con un 9% al PIB, lo cual afecta a otros sectores, desde el enfoque de que la economía depende del sector de la construcción, puesto que estimula a otros sectores económicos del país (Wilkinson et al., 2016).

Por otra parte, otro de los problemas radica en que al no existir políticas gubernamentales que incluyan asignaciones presupuestarias directas o a través de instituciones financieras. Es complicado dinamizar la economía del sector de la construcción que permite que se genere mayores fuentes de empleo, además de un importante movimiento de materia prima nacional (Córdova y Alberto, 2018), y al no cumplir con ello, varias empresas disminuyeron sus ventas y algunas tuvieron que cerrar.

Además, debido a diversos panoramas económicos que se presentaron alrededor del mundo, uno de los que más afectó este sector fue la caída del precio del barril del petróleo; lo que complica la aplicación de medidas económicas como el impuesto verde y la ley de plusvalía, la cual consistía en un impuesto al valor especulativo del suelo del 75%, el que impactó negativamente en el sector de la construcción y provocó cambios en la eficiencia de las empresas; de tal manera, afectó al país bajo la premisa

que “las empresas al ser más eficientes mejoran el nivel económico y social de un país ” (Salvador y Yambay, 2020, p. 20).

McKinsey Global Institute (2017) menciona que el sector de la construcción depende en gran medida del sector público, de la informalidad y, muchas veces, de la corrupción; lo que distorsiona el mercado presentado de esa forma otro de los problemas. Por lo tanto, toda esta situación radica en la ineficiencia en la ejecución de proyectos, procesos de diseño inadecuados y una inversión insuficiente de desarrollo de habilidades, I+ D e innovación. Es por ello que, es necesario mejorar la eficiencia de las actividades mediante el uso racional de los recursos de inversión, desarrollar calidad de trabajo y proporcionar una alta rentabilidad operativa en la construcción.

Ecuador en comparación con Perú, según la Federación Interamericana de la Industria de la Construcción (FCCI, 2018), contribuye con un 1.9% al PIB total de la FIIC; mientras que Perú contribuye con un 4.2%; y esto se debe a que en el caso de Perú ha tenido una mayor eficiencia del gasto público en infraestructura, logrando eliminar obstáculos de productividad y competitividad, impulsando contenidos nacionales en las cadenas globales de valor; y mejorando los procesos de diseño, contratación, construcción, operación y mantenimiento de infraestructura.

Como se ha evidenciado, existe una diferencia del 2.3% entre la aportación que tiene Perú y Ecuador a la Federación Interamericana de la Industria de la Construcción; que, siendo dos países que limitan geográficamente, en este caso, Perú posee una mejor eficiencia técnica en el mencionado sector. A partir de la problemática planteada, se ha formulado la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la eficiencia técnica de las

empresas del sector de la construcción en Ecuador durante el periodo 2015-2018?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Analizar la eficiencia técnica del sector de la Construcción en Ecuador durante el periodo 2015-2018, mediante el método DEA.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

1. Identificar las principales teorías económicas referentes a la eficiencia técnica.
2. Definir los estudios empíricos de medición de la eficiencia técnica por el método DEA en el sector de la construcción.
3. Estructurar un modelo DEA aplicado al sector de la construcción en Ecuador.
4. Determinar la eficiencia técnica de las empresas del sector de la construcción de forma comparativa entre 2015 y 2018.
5. Diseñar una propuesta política pública que permita la aproximación de las empresas del sector de la construcción de Ecuador, hacia la eficiencia técnica óptima.

## **1.3 Justificación**

La presente investigación busca determinar la eficiencia técnica del sector de Construcción en el Ecuador en el período 2015-2018. A su vez existen diversos estudios de la situación o estado del sector de la construcción, y cuánto aporta este al PIB local a través de regresiones lineales o estadísticos descriptivos. Sin embargo, hay métodos de uso internacional de análisis DEA, método envolvente de datos que usa variables de entrada y

salida (inputs-outputs), que permite indicar las falencias o los puntos de posibilidad de inferencia o afectación de una variable con relación a otra o entre ellas mismas.

A nivel mundial, las principales industrias en el cual se han usado el método envolvente de datos son: banca, atención médica, agricultura y ganadería, transporte, y educación. Las aplicaciones que tienen el mayor impulso de crecimiento recientemente son la energía y el medio ambiente, así como las finanzas (Liu et al. 2013). A su vez, el DEA permite usar diversas unidades de toma de decisiones DMU, que se usan para representar las condiciones de temporalidad, generalmente, como factores de poca variación en el tiempo, aunque afectan el rendimiento a largo plazo (Mariz et al. 2017). Por ello, no necesariamente forman una "frontera de producción" sino que conducen a una "frontera de mejores prácticas" (Charnes A., WW Cooper y E. Rhodes 1978 citado en García, 2009).

En el mundo, estudios que han investigado al sector de la construcción y han utilizado el método DEA, Nazarko y Chodakowska (2015), en 25 estados europeos período 2006-2012 usaron este método para explorar el impacto del desempeño económico de un país en la productividad laboral en su industria de la construcción. Por su parte, Araujo et al., (2012), a través de la aplicación del análisis de envoltura de datos en varias etapas para un grupo de empresas constructoras, entre los años 2005 y 2008 en las empresas nacionales en Brasil. Por otro lado, Hoe et al., (2018) examinaron el desempeño financiero de las empresas del sector de la construcción que cotizan en la Bolsa de Valores de Malasia, en el año 2015. Asimismo, Yuan et al., (2020) evaluaron la eficiencia técnica general, la eficiencia laboral, la



eficiencia del capital y la eficiencia del equipo de 30 sectores de la construcción chinos, para fomentar el crecimiento económico sostenible en la industria.

En el país se ha realizado diversos estudios en el sector de la construcción; entre ellos están: la contribución del sector de la construcción sobre el producto interno bruto PIB en el período 2010-2016, en el cual se aplicó una metodología concluyente correlacional integral. Se concluyó que el sector de la construcción contribuya de manera positiva en el total del producto interno bruto PIB real en Ecuador, periodo 2010-2016 (Yagual et al., 2018).

Por su lado, Cordova et al., (2018) investigaron sobre el Comportamiento asimétrico de los costos en el sector de la construcción del Ecuador, con la finalidad de evaluar el nivel de asimetría de los costos y gastos en relación con el cambio en el nivel de ventas; entre otros.

A nivel nacional, hay estudios que se han realizado usando el método de Análisis Envolvente de datos, y son: “Evaluación de la eficiencia en las empresas constructoras período 2014”, “Medición de la eficiencia en la industria de la construcción y su relación con el capital de trabajo en el 2011-2014”.

A nivel de la investigación del sector de la construcción existen diversos estudios que contienen uno o dos períodos que formarán parte del estudio: el ciclo económico y su impacto en el sector de la construcción período 2007-2015 usando el método cualitativo y descriptivo; la Industria de la Construcción en el período 2002-2016 usando el método regresión múltiple; la industria de la construcción: su participación en el PIB total durante el periodo 2012–2016 modelo de regresión múltiple; entre otros.

Una vez que se ha revisado los estudios a nivel internacional y local es necesario e importante determinar la eficiencia técnica mediante el DEA porque usa variables cuantitativas, cualitativas, ambientales; las cuales fortalecen este método teórico- práctico en el período 2015-2018, debido a que no hay estudios realizados en el período en el sector de la construcción en el país.

Este estudio es importante para la economía porque a través de los resultados contribuirá a la mejora de los recursos de manera eficiente e indicará cuáles fueron los factores que afectaron positiva o negativamente al sector de la construcción en esos períodos, en las diversas empresas que formarán parte de este estudio.

Este estudio ayudará a generar políticas públicas que favorezcan el crecimiento de este sector, que incide en 10% en el producto interno bruto, y genera alrededor de 20000 plazas laborales anuales.

Este trabajo de investigación cobra suma importancia en la academia porque no hay estudios realizados previamente en el período indicado, usando el método de Análisis Envolvente de Datos, el cual utiliza diversas variables de entrada y salida, y ha sido usado a nivel internacional en diversos sectores productivos, económicos y sociales.

## CAPÍTULO II

### 2 Marco Teórico

#### 2.1 Teoría del Bienestar

Existen 2 Teoremas del Bienestar:

El Primer Teorema sostiene que el equilibrio en un conjunto de mercados competitivos es eficiente en el sentido de Pareto. El Segundo Teorema del bienestar afirma que, si todos los agentes tienen preferencias convexas siempre hay un conjunto de precios a los que cada asignación eficiente en el sentido de Pareto constituye un equilibrio de mercado, para una asignación apropiada de las dotaciones. Es decir, si dos individuos tienen preferencias diferentes, pero convexas, se traza una línea recta entre los dos conjuntos de combinaciones que los separa, y la pendiente de esta recta mostrará los precios relativos; así cada dotación que sitúe a los dos agentes de ella hace que el equilibrio final del mercado sea la asignación original eficiente en el sentido de Pareto (Vargas, 2006).

Partiendo de la publicación que realizó Pareto en (1909) en su Manual de Política Económica, la primera contribución enmarca que un individuo puede desaparecer siempre que deje esa fotografía de sus gustos. La segunda y más importante contribución es un pedido parcial que admitía comparaciones de bienestar interpersonal. Propuso que el bienestar aumenta si la gente gana y nadie pierde. El bienestar disminuye si algunas personas pierden y nadie gana. Si algunos ganan y otros pierden, el cambio de bienestar es ambiguo, no hay veredicto. Este ordenamiento parcial más tarde fue llamado el criterio de Pareto.

El estado se llama Pareto óptimo. Pareto se dio cuenta de que normalmente hay muchos estados que comienzan con una asignación dada de los recursos iniciales. Para ilustrar la optimización de Pareto podría haber usado el concepto de la curva de contrato que fue inventada 25 años antes por Francis Ysidro Edgeworth (1881), pero usó tanto la curva de contrato como una caja que curiosamente hoy se llama una caja de Edgeworth, tal vez abarca la curva del contrato (Aronsson y Löfgren, 2007).

### 2.1.1 Caja de Edgeworth

Caja de Edgeworth señala el intercambio de dos bienes entre dos personas; permitiendo representar las dotaciones y preferencias de las dos personas mediante una gráfica en la que se pueden estudiar las condiciones antes del intercambio, y los diferentes casos cuando ya se presenta éste. En particular muestra cómo el intercambio mejora la distribución de los bienes de consumo, las dotaciones de los individuos (Vargas, 2006). En donde dichos puntos de optimización dependen de las diferentes decisiones de consumo, y otras variables como la asimetría de información.

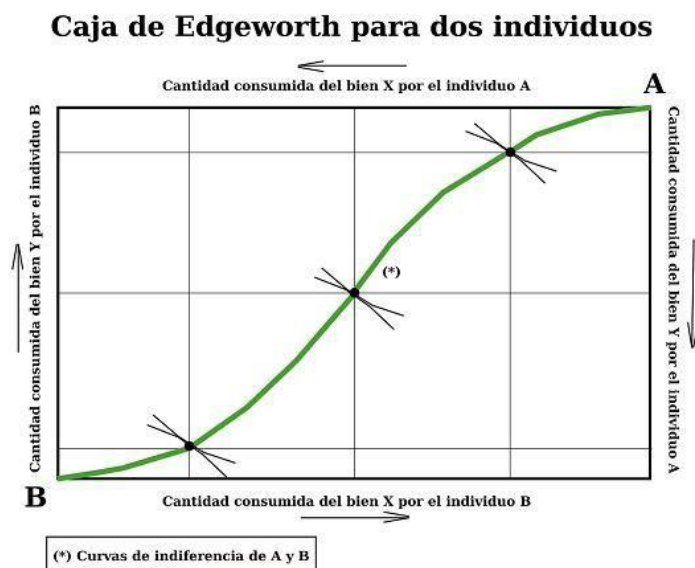


Figura 1 Caja de Edgeworth

### **2.1.2 Eficiencia y equilibrio**

Según Parkin et.al., (2013) se considera que los recursos se usan eficientemente cuando el beneficio marginal social supera el coste marginal social; en donde el equilibrio competitivo logra este resultado eficiente porque, sin externalidad, el precio es igual al beneficio marginal social para los consumidores, y el precio es igual al coste marginal social para los productores.

De esta manera, cuando las empresas se encuentran en competencia perfecta se alejan del equilibrio a largo plazo, se produce una entrada o salida del mercado; y el mercado competitivo sigue siendo eficiente mientras el beneficio marginal social es igual al coste marginal social.

### **2.1.3 Distribución de la Riqueza**

Hace un siglo, Pareto (1897) descubrió que en el alto rango de riqueza, y también los ingresos se distribuyen de acuerdo con una distribución de la ley de poder. Los parámetros de esta distribución pueden cambiar entre las sociedades, pero independientemente de las condiciones sociales o políticas, los impuestos; entre otros. Pareto afirma que la distribución de la riqueza obedece a esta ley de distribución general, que se conoció como la distribución de Pareto o la ley de Pareto (Levy, 2001).

Así también Levy (2001); especifica que la distribución de la riqueza de Pareto se muestra como una consecuencia robusta de la naturaleza estocástica multiplicativa del proceso de inversión. Sin embargo, encontramos que la distribución de Pareto solo puede ocurrir si el mercado es eficiente, lo que implica que el éxito y el fracaso de las inversiones se deben principalmente al azar. Por lo tanto, es el azar más que la capacidad de

inversión diferencial lo que impulsa la distribución de la riqueza de Pareto, y la desigualdad bastante extrema que implica.

## **2.2 Eficiencia desde el enfoque de Pareto**

A partir de la mitad del siglo XX, la teoría microeconómica aborda el concepto de eficiencia desde la perspectiva de Pareto que era un economista italiano; que tenía como criterio que ninguna persona puede mejorar sin empeorar a otra persona. El teorema del bienestar clásico sostiene que la eficiencia de Pareto se obtiene solo si:

- Existen mercados para todos los bienes posibles
- Los mercados son perfectamente competitivos
- Los costos de transacción son insignificantes
- No hay externalidades.

La suposición implícita es que las empresas siempre toman decisiones óptimas sobre el uso de insumos, y que la ineficiencia se produce en la forma en que los recursos se asignan entre las empresas. Y bajo este paradigma rigieron dos amenazas para la eficiencia que fueron los monopolios y las restricciones comerciales (McGlynn, 2008).

Por consiguiente, una asignación  $A$  es Pareto eficiente si y solo si no hay otra asignación factible  $B$ , de tal manera que  $B$  sea débilmente preferido por todos los individuos y estrictamente preferido por uno (Phelan y Rustichini, 2018).

Por otra parte, el Óptimo de Pareto está relacionado con el Teorema de Bienestar que trata sobre la distribución, que debe cumplir con los supuestos de convexidad y de completitud del mercado, en donde una

asignación óptima de Pareto puede ser alcanzada con un equilibrio competitivo para cierta asignación de las dotaciones iniciales.

Considerando que Pareto señala que cualquier cambio de situación afectaría a una economía sin perjudicar a otra; es decir; se produce una eficiencia si al producirse el cambio de esa situación se benefician alguno sin perjudicar a otra y, de esta manera, las partes involucradas están en condiciones iguales y al menos de una de ellas está mejor que antes; así como también si aumenta la utilidad de un individuo, sin que disminuya la de otro, aumentará el bienestar social (Reyes y Rains, 2014).

Es por ello, que una asignación eficiente en el sentido de Pareto presenta las siguientes características:

- a) No se puede aumentar el bienestar de las empresas implicadas o
  - b) no se logra aumentar el bienestar de una empresa sin afectar a otra, o
  - c) se han agotado las ganancias derivadas del comercio, o
  - d) no es posible realizar ningún intercambio mutuamente ventajoso
- (Vargas, 2006).

Según Samuelson y Nordhaus (2009) el óptimo de Pareto o eficiencia de asignación; la eficiencia se produce cuando ninguna posible reorganización de la producción o distribución puede mejorar a alguien sin empeorar a otra persona; es decir, en condiciones de eficiencia de asignación la satisfacción o la utilidad de una persona solo se puede aumentar disminuyendo la utilidad de otra persona; se puede pensar en el concepto de eficiencia intuitivamente en términos de la frontera de posibilidades de producción y, de esta manera, una economía es claramente ineficaz si está dentro de la PPF. Si se

transfieren al PPF, nadie necesita sufrir una disminución de la utilidad. Como mínimo, una economía eficiente está en su PPF; pero la eficiencia va más allá y requiere no solo que se produzca la combinación correcta de bienes, sino también que estos bienes se asignen a los consumidores para maximizar la satisfacción de los consumidores.

De esta manera, la eficiencia de Pareto requiere las siguientes condiciones:

- a) Competencia Perfecta
- b) Información Completa
- c) Sin externalidades

Cuando se cumplen estas tres condiciones, esto conducirá a la condición importante de eficiencia (Samuelson y Nordhaus, 2009):

*Relación de Precios = Relación de Costo Marginal = Relación de Utilidad Marginal*

Por otra parte, para Graue y Cervantes (2009); Pareto para elaborar el concepto de eficiencia utilizó las curvas de indiferencias, que son funciones que expresan el nivel de satisfacción de un individuo ante el consumo de un bien y, de esta manera, se estipula que se llega al óptimo de Pareto cuando ningún consumidor podría estar más satisfecho con un intercambio, sin perjudicar a otro. Es decir, por lo menos una de las partes involucradas mejora su posición sin empeorar la de su contraparte.

### **2.3 Coeficiente de Debreu de utilización de Recursos**

Debreu en 1951 en su trabajo mide la utilización de recursos en donde tiene como supuesto la competencia perfecta, y es un modelo microeconómico; mediante este mide la ineficiencia técnica y de asignación; tanto en la



producción como en el consumo; lo cual resuelve la dificultad formidable involucrada en la evaluación de precios; y se conoce que el coeficiente de Debreu es un concepto de (des) equilibrio que se basa en los siguientes fundamentos:

- a) Recursos
- b) Tecnología
- c) Preferencias (Raa, 2004).

Por otra parte, Debreu considera que si se parte de un conjunto de posibilidades de producción para cada unidad producida, en donde los recursos físicos están plenamente utilizados es imposible aumentar el grado de satisfacción de alguna unidad sin provocar un menor nivel de satisfacción en alguna otra. Y para que exista una situación considerada óptima para esa economía y cualquier desviación de esa posición tendrá que ser aproximada a través de un ratio que mida la utilización de recursos de ese sistema económico (Seijaz, 2004).

Koopman (1951) se basó en las consideraciones paretianas para determinar el entorno de referencia que va a delimitar el espacio de producción; por tanto un determinado punto del espacio de producción es eficiente cuando un aumento del output neto de un bien solo puede conseguirse con una disminución del output neto de cualquier otro bien (Seijaz, 2004).

Para Debreu (1954), un sistema económico con limitaciones tecnológicas y de recursos, necesidades y gustos individuales, un equilibrio de valoración con respecto a un conjunto de precios es un estado, en el que ningún consumidor puede mejorar sin gastar más, y ningún productor puede

obtener mayores ganancias y, es así que, un óptimo de Pareto es un estado en el que ningún consumidor puede mejorar sin empeorar a otro consumidor.

Por consiguiente Debreu (1951) menciona que usando la definición de optimización se procede a una prueba sin cálculo de la existencia intrínseca de los sistemas de precios asociados con los complejos óptimos de los recursos físicos: el teorema básico de la nueva economía del bienestar. Esta prueba es más general que las habituales, debido a que no requiere la existencia de derivados que, de hecho, no existen en casos simples y realistas; más completo, puesto que se trata de propiedades globales en lugar de locales de máximos o mínimos, más conciso, pues la naturaleza sintética del problema lo requiere. Da una explicación más profunda de la existencia intrínseca de los precios mediante su interpretación geométrica en el espacio de los productos básicos. Estas razones parecen justificar el mayor nivel de abstracción en el que se coloca.

Esta prueba se basa en propiedades de convexidad que implican la continuidad de cantidades de productos básicos. Si se descarta este supuesto de continuidad, la misma técnica muestra que para lograr una situación óptima el uso de un sistema de precios (real o virtual) sigue siendo suficiente, pero ya no es necesario. Ahora se mide la distancia desde el complejo de recursos físicos dado al conjunto de complejos óptimos, es decir, el mínimo de la distancia desde el complejo dado a un complejo óptimo variable.

Para evaluar dicha distancia se multiplica para cada producto, la diferencia entre la cantidad disponible y la cantidad óptima por el precio derivado del sistema intrínseco de precios, cuya existencia ha sido probada previamente. Se toma la suma de todas esas expresiones para todos los

productos, y se divide por un índice de precios para eliminar el factor multiplicativo arbitrario que afecta a todos los precios.

Luego, se demuestra que la función de distancia así definida alcanza su mínimo para un complejo óptimo resultante de una reducción de todas las cantidades del complejo no óptimo en una proporción  $p$ , el coeficiente de utilización de recursos de la economía

Este número, igual a 1 si la situación es óptima, menor que 1 si no es óptima, mide la eficiencia de la economía y resume:

- a) el subempleo de los recursos físicos,
- b) la ineficiencia técnica de las unidades de producción,
- c) la ineficiencia de la organización económica (debido, por ejemplo, a monopolios o un sistema de impuestos o aranceles indirectos) (Debreu, 1954).

Es necesario destacar, que el primero en introducir consideraciones teóricas a la eficiencia técnica fue Koopmans (1951), que indica que no es posible incrementar algún output (o disminuir algún input) sin incrementar algún insumo (o decrementar algún output). Asimismo, Debreu (1951) y Farrell (1957) introdujeron una medida de eficiencia de tipo radial, que permitiera cuantificar el nivel de eficiencia en el cual actuaban los productores.

Por tanto, la medida de cálculo de eficiencia propuesta por Debreu y Farrell tiene una menor restricción que el modelo de Koopmans, puesto que permite a las empresas eficientes reducir la cantidad de algunos inputs (o incrementar el output), mejorando su posición eficiente (Miró, 2016).

La eficiencia fue introducida en la década de 1950 por Koopmans (1951) en su monografía técnica da la definición de un punto eficiente: El punto

apostable en el espacio de los productos básicos se llama eficiente siempre que un aumento en una de sus coordenadas (la producción neta de un bien) se pueda lograr solo a costa de una disminución en alguna otra coordenada (la salida neta de otro bien). En otras palabras, un punto es eficiente si la salida se maximiza dadas las entradas (Meesters, 2009).

Debreu (1951) utiliza esta definición para desarrollar una medida de eficiencia, o, en sus propias palabras: una evaluación numérica de la "pérdida muerta" asociada con una circunstancia no óptima en un entorno económico. La idea general de esta medida es determinar la distancia entre la salida producida, y la salida que podría haberse producido dadas las entradas.

Según la definición de Koopmans (1951), un productor es eficiente si maximiza la producción dada la entrada que utiliza. Para transformar las entradas en salidas, se necesita un cierto tipo de tecnología. Dado que este tipo de eficiencia se ocupa únicamente de la tecnología, este tipo de eficiencia se denomina eficiencia técnica (TE), así también identifico una producción como técnicamente eficiente cuando no es posible incrementar uno o varios productos ( outputs) sin disminuir la cantidad de alguno de los otros productos, o incrementar alguno de los factores (inputs). Es por ello que las empresas consideran que son técnicamente eficientes cuando se sitúan en la frontera o en la parte superior de las posibilidades de producción.

Para Mirdehghan (2015) en la literatura de la DEA, hay dos nociones de eficiencia: eficiencia débil y eficiencia de Pareto-Koopmans. La medida de Farrell-Debreu se calcula en función de la frontera débilmente eficiente y, por lo tanto, posiblemente se ignoran los holguras no nulas existentes en su medición de eficiencia.

Por el contrario, el modelo original de Charnes, Cooper y Rhodes (CCR, 1978) se desarrolla con la intención de incorporar la noción de eficiencia total o eficiencia de Pareto-Koopmans. Charnes, Cooper y sus asociados han incorporado esta noción de eficiencia con el uso del infinitesimal no arquimedeano. Para ello, se considera que es eficiente para Pareto-Koopmans si y solo si es imposible hacer una mejora en la utilización de cualquier entrada o salida sin empeoramiento de algunas de las otras entradas y/o salidas. Por lo tanto, Charnes, Cooper y sus asociados relacionan el modelo CCR con la noción de eficiencia de Pareto-Koopmans (Charnes et al., 1985).

Harvey Leibenstein, (1966) indicó que los agentes económicos pueden no lograr la máxima eficiencia en sus decisiones productivas y comportamiento (Buttton y Weyman, 1994). Por supuesto, siempre es posible argumentar que la ineficiencia aparente solo surge de una falla del observador para darse cuenta de qué es lo que se está maximizando. Asimismo, Palerman (2011) mencionó que Leibenstein insistió en que a falta de una fuerte presión competitiva es poco probable que las empresas usen sus recursos de manera eficiente, y sugirió que la eficiencia X es generalizada.

A su vez, González (1999, p. 579) afirmó la visión neoclásica de la empresa se debe a Leibeinstein (1966), quien se basó en la evidencia empírica sugirió que las empresas en general, no minimizan los costes de producción, constituyendo este hecho la principal ineficiencia de la economía. El objetivo de la teoría de la eficiencia x fue reducir la ineficiencia de organizaciones e instituciones (Huil, 2014). Así también, Frantz (2018) argumentó que Leibenstein cuestionó si las empresas siempre fueron

eficientes, y dado que las empresas ineficientes constituirían una anomalía, Leibenstein lo llamó X, por desconocimiento.

En cambio, Alamitu (2014) definió que la eficiencia representa la capacidad de la gerencia para controlar costos y usar recursos disponibles para producir salida. Además, Leibenstein (1987) detalló que la teoría de la eficiencia X acomodaba una visión no heroica de los empresarios, que a su vez permite la inclusión o la formación empresarial en el modelo. Por esta razón, Vanagunas (1989, p. 393) aseguró que la teoría de la eficiencia X de Harvey Leibenstein sostenía que, las consideraciones de comportamiento, como la motivación de los trabajadores o la calidad de las decisiones gerenciales son las principales restricciones para la productividad de las organizaciones modernas.

Conforme a ello, Frantz (2004) aseveró que Leibenstein fue uno de los primeros economistas en las últimas décadas en explorar la economía del comportamiento. Sin embargo, el trabajo de Akerloff (2001) incluyó cuestiones de racionalidad, normas de trabajo e información asimétrica en países más y menos desarrollados. ( Frantz, 2004, p. 33). Por su lado, Mefford (2017) asintió que los gerentes siempre han sido hasta cierto punto economistas conductuales del armario dándose cuenta de que las organizaciones son sistemas socio-técnicos que deben combinar tecnología dura (planta y equipo) con tecnología suave (motivación y cultura organizacional) para lograr la máxima productividad. Ellos al darse cuenta de la experiencia de primera mano que la ineficiencia es endémica a cada organización, y es su responsabilidad tratar de reducirla o eliminarla.

Mientras Franz (1996) aseguró que si los consumidores desarrollan mejores formas de capturar el excedente del consumidor, someten a las empresas mayor presión para innovar y encontrar formas de reducir la ineficiencia X en sus existentes ocupaciones. Se concluye que, la teoría de la eficiencia X puede aplicarse en muchas áreas dentro de la empresa, así como dentro de la gestión del suministro con respecto a la decisión de Hacer o Comprar, la estrategia de abastecimiento, la estrategia del proveedor y la contratación (Franz, 1996).

#### **2.4 Eficiencia Técnica**

En 1957, Farrell demostró que la ineficiencia de costos podía descomponerse en dos componentes mutuamente excluyentes y exhaustivos: ineficiencia técnica y de asignación (Fare y Grosskopf, 2000, p. 93). Para empezar, el método se basó en gran medida en la teoría de la dualidad y no requiere un conocimiento directo de la especificación de la frontera de producción primaria o sus parámetros (Kopp y Diewert, 1982, p.319). Para probar la validez de hipótesis generales a partir de datos sobre entradas, salidas y mediante el uso de la dualidad de datos sobre precios, beneficios y costos (Hanoch y Rothschild, 1972, p. 256)

No obstante, después de que se logre la eficiencia de Farrell, puede existir una holgura adicional en las entradas y / o salidas individuales, lo que implica que el índice de Farrell no mide necesariamente la ineficiencia de Koopmans de 1951 quien realizó un análisis de la producción como una combinación eficiente de actividades (Ruggiero, 1998, p.138). Además, (Fasasi, 2017, p. 245) indicó que el análisis de eficiencia es un tema de interés dado que la productividad general de un sistema económico está directamente

relacionada con la eficiencia de producción de los componentes dentro del sistema.

En otras palabras, Erkoc (2012) sustentó que el fracaso de las empresas para producir en la frontera de "mejores prácticas", que puede ser llamado como la ineficiencia de producción ha sido elaborado por investigadores como: Hicks: 1935, Debreu:1951, Farrell: 1957, Leibenstein: 1966 sobre la base de diferentes enfoques. A su vez, el pionero en eficiencia técnica es Farrell inspirado por el trabajo de Debreu y Koopmans (Fare y Knox Lovell, 1978). Mientras que las medidas de eficiencia a largo plazo indicaron la eficiencia relativa de los factores variables y dinámicos, mientras que las medidas de eficiencia a corto plazo indicaron si las variables se emplean eficientemente en el proceso de producción" (Silva y Stefanou, 2007, p.398).

En efecto, Ko Li y Chu Ng (1995) aseguraron que el enfoque convencional de Farrell para la medición de la eficiencia puede identificar las empresas más ineficientes, no considera la eficiencia de un grupo de empresas a fondo. Porque en función de los datos de entrada y salida, se asigna un estado de eficiencia empírica, eficiente o ineficiente, a cada uno de los procesos y ese estado puede cambiar si cambian los datos de los procesos observados (Kuntz y Scholtes, 2000).

Por consiguiente, medir la eficiencia productiva de una industria es importante, tanto para el teórico económico como para la política económica Cook et al. (1991) Avanzando en el tema, el Análisis de envolvente de datos (DEA) es un método de programación lineal no paramétrico que se utiliza para determinar la eficiencia de un conjunto de empresas en comparación con la frontera de mejores prácticas (Markovits, 2011, p.11).



Por consiguiente, el análisis de envoltura de datos (DEA) se usa para crear una medida de eficiencia gerencial en un intento de reevaluar las teorías en conflicto sobre el impacto del desempeño organizacional en la sucesión del gerente, y las contra teorías sobre el impacto de la sucesión del gerente en el desempeño organizacional (Fizel y Deltri, 1998, p. 295).

Asimismo, los modelos tradicionales no paramétricos o DEA miden la eficiencia para entradas y salidas dadas sin permitir la reasignación de entradas (Fare et al. 1997). Debido a que, se calculan medidas de eficiencia técnica, de precios y de eficiencia económica dada la escala y los análisis de estos índices indican que existen economías de escala neutrales y no neutrales, se ha producido un avance tecnológico no neutro (ahorro de combustible), y la eficiencia de la planta está relacionada con la técnica de producción utilizada (Seitz, 1971). En particular Collier et al. (2011) aseguraron que la eficiencia técnica se puede estimar utilizando modelos de regresión caracterizados por múltiples entradas, múltiples entornos de salida sin datos de precios de entrada.

## **2.5 Eficiencia apartir de Abraham Charnes, William Cooper y Edward Rhodes**

Charnes A. fue un matemático de renombre internacional pionero de la investigación de operaciones (OR), y una de las grandes figuras de la ciencia de la gestión (MS). Las contribuciones fundamentales de Abe en optimización, estadísticas, finanzas, marketing y gestión de recursos humanos abarcaron una carrera de 50 años (Phillips y Seiford, 2011, p.325). Asimismo, una medida de eficiencia para entidades, sin fines de lucro, fue desarrollada por los autores en asociación con Edward Rhodes el cual facilita la distinción

entre "eficiencia del programa" y "eficiencia de gestión" (Charnes y Cobre, 1980).

Por su lado, Sufian (2007, p.175) afirmó que la metodología de Análisis de Envoltura de Datos (DEA), permite la descomposición de la eficiencia técnica en sus componentes puramente técnicos y de eficiencia de escala. Mientras Ahn et al. (1988) aseguraron que las relaciones de eficiencia y no eficiencia para los mismos conjuntos de DMU (unidades de toma de decisiones) se desarrollan para las guías de correspondencia Barker, Charnes, Cooper (BCC) y Charnes, Cooper y Rhodes (CCR) , tal cual para modelos aditivos y multiplicativos DEA. Por eso, para un modelo de Análisis de Envoltura de Datos "multiplicativo" (DEA) que emplea salidas e insumos virtuales al igual que el método de relación CCR para el análisis de eficiencia (Charnes et al., 1982).

Así mismo, la estructura de correspondencia de Charnes, Cooper y Rhodes (CCR) del método envolvente de datos el análisis de diversos aspectos del conjunto de producción como una opción a perspectivas más tradicionales, que los modelos de regresión econométrica, permitió comparar las eficiencias relativas (Ahn et al., 1988). También, Charnés et al (1996) afirmaron que el modelo de la relación (CCR), se extiende fácilmente a otras variantes DEA. El vector de entrada-salida de una organización sirve como centro para una celda dentro de la cual la clasificación de la organización permanece sin cambios bajo perturbaciones de los datos”

Por lo tanto, el DEA prometen ventajas que incluyen la ausencia de cualquier necesidad de asignación de pesos a priori (para reflejar el supuesto familiar importancia de varios productos o insumos) al evaluar la eficiencia

técnica (Charnés et al., 1988). Por consiguiente, El DEA intentaron identificar las fuentes y estimar las cuantías de ineficiencias abarcadas en los productos e insumos producidos por las sociedades encargadas que son las unidades de toma de decisiones DMU (Charnes et al., 1986).

Mientras, Rashidi y Barati, (2014) aseguraron que la forma de cuantificar la eficiencia de las unidades de toma de decisiones (DMU) con la configuración asignada ha sido de mayor relevancia en los últimos años incorporando la cadena de suministro de las DMU y el total agregado de sub-DMU.

A su vez, existen diversas maneras de especificar la agrupación de referencia DEA. Al cual se le extrajeron de una medida general de eficiencia para toda DMU iniciando de las magnitudes estudiadas de sus infinitas entradas y salidas sin necesidad del uso previamente de los valores o hipótesis de medida relativa. Por consiguiente, se proyectaron las fuentes y porciones de ineficiencia distribuida a cada input y cada output a cada DMU (Charnés et al., 1991). Se facilita una aportación en 6 calidades para las investigaciones en las que 3 son ineficientes y 3 son eficientes en, y estas últimas contienen porciones de DMU que son igualmente eficiente (Charnes et al., 1986).

Por otro lado, Banker et al (1984) argumentaron que en los medios de gestión, la programación matemática es usada con la finalidad de calificar un grupo de probables aspectos de acciones posibles en el medio para seleccionar la mejor. Sin embargo, el DEA modifica esa función y usa la programación matemática para adquirir resultados después de los hechos de

la eficiencia relativa, de los triunfos de la administración, que pueden ser elaborados o realizados.

Las técnicas de análisis de envoltura de datos se utilizaron para calcular y descomponer la eficiencia de costos según Mosheim (2002, p. 296). Estas estimaciones de diferentes características de producción pertenecen a la superficie de producción eficiente, a diferencia de las técnicas de regresión comúnmente empleadas que estiman la correspondencia de producción promedio (Banker et al., 1988).

Ahora bien, Gstach (1998, p. 2) indicó que las distribuciones parametrizadas para la ineficiencia y el ruido son necesarias para la identificación de la ineficiencia, cuando solo hay datos transversales disponibles. En otros aspectos, las técnicas adecuadas pueden diferir ampliamente, como se muestra. Una técnica final presentada explota rigurosamente las posibilidades de los datos de panel al descartar la parametrización de las distribuciones y las formas funcionales.

Pero hoy en día, la teoría principal-agente afirmaron que el desempeño de las empresas públicas está impulsado por mercados de capital y laborales eficientes, pero no dice nada sobre las empresas privadas, que son menos permeables a las fuerzas del mercado (tanto de capital como de trabajo) que las empresas públicas (Durand y Vargas, 2003, p. 667).

Por consiguiente, Tone (2001) explicó que el Análisis de Envoltura de Datos (DEA) usa directamente los insumos de entrada y de salida de las diversas unidades de toma de decisiones (DMU) que son medidas propuestas por, Charnes – Cooper – Rhodes (CCR), se asemeja a las teorías de Banker – Charnes – Cooper (BCC) y la medida de eficiencia de Russell. El lado dual

de este modelo puede interpretarse como la maximización de beneficios, en contraste con la maximización de la relación del modelo CCR.

Por su lado, (Banker et al., 1996) informó al evaluar la eficiencia, la DEA generalmente muestra un rendimiento superior, siendo los modelos BCC los mejores (excepto en "puntos de esquina"), seguidos por el modelo CCR y luego por COLS, con regresiones log-lineales que funcionan mejor que sus contrapartes de translog en casi todos los tamaños de muestra. Debido a la necesidad de considerar un comportamiento que varía localmente, solo se utilizan los modelos CCR y translog para retornos a escala, siendo CCR el que tiene mejor desempeño.

Por otra parte, (Bardhan et al., 1998) informaron que hay estudios en los cuales el Análisis de Envolvimiento de Datos (DEA) se usa en la primera etapa para identificar decisiones eficientes e ineficientes, unidades de fabricación (DMU). En la segunda etapa, las DMU así identificadas se incorporan como variables ficticias en las regresiones OLS (mínimos cuadrados ordinarios). Esto dio resultados muy satisfactorios tanto para las DMU eficientes como para las ineficientes.

Los métodos DEA convencionales suponen valores deterministas y precisos para las observaciones de entrada y salida. Sin embargo, los valores observados de los datos de entrada y salida en problemas del mundo real pueden ser de naturaleza aleatoria y difusa (Tavana et al., 2013)

Concluyendo, (Akca et al., 2012) analizaron que el análisis de envoltura de datos (DEA) ha demostrado ser una herramienta útil para evaluar la eficiencia o la productividad de las organizaciones, lo cual es de vital importancia práctica en la toma de decisiones gerenciales. La DEA

proporciona una cantidad significativa de información de la cual los analistas y gerentes derivan ideas y pautas para promover sus desempeños existentes.

Así mismo, Boscá et al. (2011) indicó que la eficiencia se analiza utilizando técnicas difusas de DEA y la clasificación se basa en el análisis estadístico de casos que incluyen situaciones representativas. El método permite eliminar la hipótesis, a veces (Alamitu Guyo, 2014) poco realista, de un equilibrio perfecto entre mayores entradas y salidas. Así mismo, (Mozaffari et al., 2012) afirmó que el análisis de envoltura de datos (DEA) es una de las herramientas de modelado que se utilizan con frecuencia para evaluar la eficiencia y el rendimiento de las unidades de toma de decisiones.

El análisis de envoltura es un método matemático, basado en modelos de programación lineal, para comparar las eficiencias relativas de múltiples unidades de toma de decisiones para transformar los múltiples tipos de entradas que cada uno consume en los tipos de múltiples salidas que cada uno produce (Benneyan et al., 2008). Los resultados de la DEA concluyeron que se pueden observar rendimientos de escala crecientes, constantes o decrecientes en diferentes regiones de la función de producción, mientras que el modelo logarítmico sugiere que los rendimientos crecientes de escala están en funcionamiento (Giokas, 1991, p.551).

Por lo tanto, (Tse Kuah y Yew Wong, 2011) argumentaron que los modelos de análisis de envoltura de datos convencionales (DEA) requieren que las entradas y salidas se midan de forma determinista. Sin embargo, en aplicaciones del mundo real, las mediciones están sujetas a ruidos y errores aleatorios e ignorar la aleatoriedad en la medición haría que una evaluación con DEA no sea del todo confiable.

Conforme a ello, Golany y Yaakov (1993) indicaron que el Análisis de envoltura de datos (DEA) supone, en la mayoría de los casos, que todas las entradas y salidas están controladas por la Unidad de toma de decisiones (DMU). Las entradas y / o salidas (Banker et al., 1984) que no se ajustan a este supuesto se denotan en DEA como factores no discrecionales (ND). Mientras Banker y Morey (1986) formularon varias variantes de modelos DEA que incorporaron ND con factores ordinarios. No obstante, (Zhou y Liu, 2015) aseguraron que en aplicaciones reales que involucran el uso de modelos de Análisis de Envoltura de Datos (DEA), las entradas y salidas indeseables se han encontrado y abordado con frecuencia, por ejemplo, a través de la transformación de datos.

Generalmente, Li y Cui (2008) afirmaron el análisis de envoltura de datos (DEA) se encuentra en la práctica, como en los servicios públicos y en el proceso de producción. En el contexto de la gestión, la asignación de recursos se debe lograr el objetivo de igualdad efectiva-eficiente-e intenta equilibrar los diferentes deseos de dos capas de gestión: el administrador central y cada sector. También, se aplica cuando los ingresos se incluyen en los modelos DEA, lo cual es central ya que la gestión del rendimiento y los ingresos auxiliares son cada vez más importantes (Merket y Morrell, 2012).

## **2.6 Marco Referencial**

### **2.6.1 Análisis de la Eficiencia a nivel Mundial**

Modelos de análisis de envoltura de datos para la evaluación de eficiencia del manejo forestal sostenible en Polonia en el cual según Maternak- Janus y Masternak (2019) el objetivo de la investigación fue analizar la eficiencia del manejo forestal como un enfoque para promover

silvicultura multifuncional sostenible. Con un total de 17 Direcciones Regionales de Bosques del Estado (RDSF) fueron estudiados. Así mismo, el método ha sido propuesto y utilizo criterios e indicadores (C & Is) como entradas y salidas de los modelos creados. Como resultado, se encontró que los RDSF eran altamente eficientes para convertir recursos en resultados de producción y no comerciales.

Otro estudio realizado, en Irán usa el método de análisis de envoltura de datos para medir la eficiencia de una cadena de suministro de gas y la eficiencia asociada de todos los elementos en la cadena durante un horizonte de planificación de 5 años que incorpora datos operativos mensuales reales e incluye etapas de producción, transmisión y distribución, numerosos tipos de entradas exógenas e indeseables, productos intermedios y salidas. Los resultados, ilustraron el puntaje de eficiencia total del NGSCN y la eficiencia e ineficiencia de las etapas de producción, transmisión y distribución. A su vez Sharahi et al. (2019) recomiendan que el modelo propuesto para este estudio se puede personalizar y aplicar en otras cadenas de suministro de energía, como agua, petróleo, electricidad y viento.

En otra importante investigación, en el sector financiero se usa el modelo de análisis de envoltura de datos tridimensional para medir la eficiencia financiera de las empresas que consideran tanto el capital de entrada como el de adquisición. Y se realizó, un análisis de eficiencia de 33 empresas en Corea que fabrican autopartes. Se concluyó que el desempeño comercial generado por la compañía es más eficiente que los activos de entrada existen muchas compañías ineficientes en comparación con el capital de adquisiciones. Por lo tanto, Hun\_Sin (2019) sugieren, al analizar la



eficiencia de una empresa, se necesitan una metodología de eficiencia y valores de medición que consideren tanto el capital de entrada como el de adquisición.

Otro aspecto de relevancia es la gestión de recursos hídricos El dragado de yacimientos es un tema clave y se usa el análisis de envoltura de datos (DEA) para evaluar la productividad del dragado en tres casos prácticos de dragado (embalse de Nanhua Cao Gongzhao I y Cao Gongzhao II) de sitios en Taiwán y la recopilación de datos fue de 54 días hábiles 8 de abril al 31 mayo del 2011. El método puede manejar varias combinaciones de factores de evaluación (entrada única, entrada múltiple, salida única y salida múltiple). Los resultados mostraron que el método propuesto puede aplicarse en general y evalúa correctamente los problemas relacionados con el rendimiento del dragado (Lai et al. 2019).

En otro ámbito, el sector hotelero turístico usa la metodología DEA para la Evaluación de la eficiencia y el sesgo tecnológico en el período 2018 en Taiwán debido que los hoteles turísticos pueden enfrentar diferentes fronteras de producción y sesgos tecnológicos entre la frontera del grupo y la metafrontera debido a la heterogeneidad tecnológica. Se concluyó que al comparar las curvaturas de la frontera del grupo y la metafrontera, se puede obtener el sesgo tecnológico relativo entre un grupo específico y toda la industria. Además, al investigar el sesgo tecnológico relativo, se puede determinar la dirección de mejora tecnológica necesaria para hoteles individuales (Yu y Chen, 2019).

Por otro lado, las empresas comerciales usan el análisis de envoltura de datos para evaluar sus eficiencias técnicas, de costos e ingresos. La

administración de la institución comercial busca minimizar los costos de insumos para un nivel dado de productos o maximizar los ingresos de los productos para un nivel específico de insumos. Se concluyó la importancia de preservar la eficiencia de costos / ingresos cuando se modifican los datos. Para eso, se determina el puntaje de eficiencia de costo de las unidades de toma de decisiones (DMU). Luego, para cada uno de ellos, se aumentan los resultados y se obtienen los valores del incremento requerido de insumos, mientras que la rentabilidad de la unidad bajo evaluación permanece sin cambios (Chamkhorami et al. 2019).

Además, el método (DEA) se ha usado para el análisis de la eficiencia a nivel de país y los sistemas nacionales de emprendimiento de una base de datos integral de 59 países que usan GEM, WDI, WCI para 2018. El análisis DEA siguió este marco para evaluar el desempeño de los países del estudio. Aunque la ineficiencia varía ampliamente entre países, mientras que el grupo de países impulsados por factores es el más ineficiente, mientras que las economías impulsadas por la innovación son las más eficientes. Se concluyó que, desde la perspectiva de las políticas, para promover el crecimiento económico, los responsables de las políticas deben considerar los sistemas nacionales de emprendimiento como su prioridad para que los empresarios puedan asignar recursos en la economía de manera efectiva (Tasnim et al. 2018).

Sin embargo, un campo importante como las microempresas usan el método Dea para el analisis de las microfinanzas africanas. Puesto que, las microfinanzas han desempeñado un papel clave en la lucha contra la exclusión y la promoción de emprendimiento en países en desarrollo. A

través, de la eficiencia técnica media (MTE), utilizando datos conjunto de 262 observaciones de 38 estudios entre 2006 y 2016. Los resultados mostraron una mejora en el nivel de eficiencia de las microfinanzas a lo largo del tiempo, lo que demuestra una mejor gestión de recursos en esta industria. Sin embargo, el nivel de eficiencia de la industria en su conjunto sigue siendo débil y deberían ser mejoradas (Francois-Seck et al. 2018).

Por otro lado, la evaluación de la eficiencia ambiental-económica es una forma efectiva de evaluar el grado de coordinación entre una economía y el medio ambiente. Se aplicó el modelo de análisis de envoltura de datos de red para evaluar la eficiencia ambiental-económica de un proceso de múltiples etapas con resultados indeseables en 30 provincias chinas durante el período 2001-2017. Los resultados mostraron que la eficiencia ambiental-económica promedio en todas las provincias fue generalmente baja, pero demostró una tendencia ascendente gradual durante el período de estudio. Se concluyó, que las provincias con diferentes modos de producción económica y eficiencia en el tratamiento de la contaminación deben implementar estrategias de mejora específicas de acuerdo con sus características (Qin y Sun, 2019).

De la misma manera, el desempeño del sector hotelero en Cerdeña (Italia) fue realizado usando datos empíricos recopilados de los balances de las empresas (de 2004 a 2013). Se hizo un análisis de envoltura de datos estándar (DEA) utilizando los ingresos por ventas como producto y el valor monetario de todos los activos tangibles e intangibles, así como los costos laborales como insumos. Los resultados empíricos mostraron que el incumplimiento comercial y el costo del dinero influyen negativamente en el desempeño de los hoteles y que las empresas ubicadas en áreas altamente

especializadas con una fuerte estacionalidad son relativamente ineficientes. Además, el índice de deuda a corto plazo y el índice de deuda a largo plazo impactan positivamente en la eficiencia (Pulina y Santoni, 2018).

En otro aspecto, el sector financiero es una de las estructuras más poderosas del mundo, sin embargo, las instituciones que conforman esta red de firmas bancarias ciertamente no son inmune a las presiones de la globalización del mercado y la innovación técnica que impulsan cambio dentro del panorama financiero. El objetivo del trabajo fue examinar la eficiencia de diez de los bancos comerciales más grandes del mundo durante el período desde 2006 hasta 2015 (Coffey, 2018). Utilizando un resultado de análisis de envoltura de datos (DEA) modelo orientado cómo estas firmas bancarias navegaron por la tumultuosa paisaje creado a manos de la crisis financiera más reciente. Los resultados mostraron que la gran mayoría de los bancos alcanzó la máxima eficiencia después de los años de crisis (2007-2008) con varios bancos experimentando sus niveles más bajos de eficiencia técnica durante el crisis en sí misma.

Una de las actividades prioritarias para promover el crecimiento económico y la competitividad dentro de cualquier región es la operación del transporte aéreo. Por ello, para la evaluación del desempeño de los 27 aeropuertos más importantes de Alemania en términos de su eficiencia técnica. Se empleó el método DEA. Los informes anuales de 2016 de varios aeropuertos sirvieron como la principal fuente de datos. Aplicando modelos DEA, CCR y BCC . Se identificó que 13 aeropuertos son capaces de transformar eficientemente las entradas en salidas, ya que emplean las mejores prácticas y procesos apropiados en la gestión de sus operaciones y

un total de 14 aeropuertos se clasificaron como ineficientes. Se concluyó que el manejo para estos ineficientes aeropuertos deberían apuntar principalmente a mejorar la eficiencia del proceso de transformación (Stichhauerova y Pelloneova, 2019 ).

Otro rubro importante en la economía, es el sistema de salud y para estimar la eficiencia técnica de los sistemas de salubridad en Asia. Se aplicó un enfoque de análisis de envoltura de datos (DEA) en los países asiáticos. El modelo utilizó el gasto en salud per cápita (todos los recursos de atención médica como proxy) como variable de entrada e indicadores comparables entre países de resultados de salud (por ejemplo, esperanza de vida saludable al nacer y mortalidad infantil por 1000 nacidos vivos) como variables de salida. Se concluyó Ahmed et al. (2019) que el 91% (42 de 46 países) de los países asiáticos estudiados fueron ineficientes con respecto al uso de los recursos del sistema de salud. La mayoría de los países eficientes pertenecían al grupo de altos ingresos (Chipre, Japón y Singapur) y solo un país pertenecía al grupo de ingresos medios bajos (Bangladesh).

El sector automotriz al ser uno de los promotores de actividad económica, se usa de Análisis de Envoltura de Datos (DEA) para la evaluación del desempeño de 76 concesionarios de Hyundai en Turquía en términos de servicios postventa como reparación y mantenimiento. Después de la recopilación de datos y el análisis de la DEA, informamos las filas de 76 distribuidores de servicios posventa y clasificamos las filas por regiones para destacar ciertas consideraciones regionales (como los destinos turísticos populares) en términos de rendimiento posventa. Se concluyó que gran variabilidad en diferentes regiones geográficas de Turquía infieren en las

ventas, y Por eso La distribución de beneficios al final del año puede causar conflictos entre los distribuidores y entre los distribuidores y la empresa matriz (Gencer y Akkucuk, 2018).

En la investigación realizada por Tomaa et al.(2015); titulada DEA applicability in assessment of agriculture efficiency on areas with similar geographically patterns; tenía como objetivo aplicar el método DEA a nivel regional con la finalidad de analizar el desempeño de la agricultura practicada en áreas planas montañosas y llanas del territorio Rumano; calculando eficiencias a escala de 36 condados ; dando como resultado que 14 condados logran completamente la eficiencia y operan en su escala óptima; mientras que los condados que no alcanza la eficiencia, se debe a que deberían disminuir sus inputs como horas de trabajo o aumentar sus niveles de outputs en el caso del valor de la producción a través de un mejor uso de capital fijo.

Según Li et al. (2017) en su investigación Analysis of Agriculture Total-Factor Energy Efficiency in China Based on DEA and Malquist indices; tiene como propósito mediante datos de panel de 30 regiones de China; utilizar la energía mecánica, térmica, química, biodámica como inputs y los valores de producción de la agricultura, silvicultura, cría de animales y valor de la pesca como outputs; y de esta manera utilizó el DEA para analizar la eficiencia energética del factor total agrícola ; obteniendo como resultados que la eficiencia energética del factor agrícola se encuentra en la región oriental, seguido de la región central y por último la región occidental.

Para Pratama y Sujarwo (2016) en la investigación "Technical efficiency of watermelon farming in Blambangan Village, Muncar, sub-district, Banyuwangi, East-Java, Indonesia"; que tiene objetivo analizar el nivel de

eficiencia técnica del uso de factores de producción en el cultivo de sandías; utilizando el método DEA; obteniendo como resultado que la eficiencia técnica promedio es de 0.901; en donde se determina que nivel de eficiencia de los productores de sandía esta relacionado con el tamaño de la agricultura.

En el estudio de Mendonça et al. (2017) sobre Grain intermodal terminals: evaluation of pure technical efficiency by Data Envelopment Analysis que tiene como objetivo verificar si los terminales con eficiencia productiva también tiene eficiencia técnica pura, utilizando la técnica DEA; en donde el enfoque fue mixto, con fines exploratorios; y se obtuvo como resultado que de las 12 unidades de tomas de decisiones se determino que solo tres tienen una eficiencia técnica total.

Para Buitrago et al. (2017) en su trabajo Análisis envolvente de datos para la medición de la eficiencia en instituciones de educación superior; la finalidad es analizar los estudios mas importantes alrededor del mundo sobre la medición de la eficiencia; como el tipo de método que se utilizó, las variables inputs y outputs; en donde se concluye que alrededor la temática mencionada a la nivel mundial han utilizado 254 inputs y 230 outputs para medir la eficiencia de la educación.

Para Dong et al, (2017) en su investigación Applying a Ruggiero three-stage super-efficiency DEA model to gauge regional carbon emission efficiency: evidence from China; en donde se utiliza un modelo Ruggiero de tres etapas y el modelo DEA , considerando los factores ambientales, dando como resultado que solo China oriental alcanza relativamente la eficiencia y aportando que los resultados son importantes para los responsables de las políticas de cambio climático en China.

Chen et al. (2016) en su investigación *The Energy Efficiency of China's Regional Construction Industry Based on the Three-stage DEA Model and the DEA-DA Model*; el objetivo fue medir la eficiencia energética en 30 provincias de China; se aplicaron dos métodos: el método DEA y el método DEA-DA (Modelo de Análisis de Envoltura de datos – Análisis Discriminante); concluyendo que después de eliminar la influencia de factores ambientales, se logra mejorar la eficiencia energética; además desde el punto de vista regional, el nivel de desarrollo de la economía de esas regiones tuvo efectos menos significativos sobre la eficiencia energética .

En la investigación de Keskin y Bozoklu (2016), titulada *Complexity of Measuring Advertising Efficiency: An Application of DEA Method in Turkey*; el objetivo fue medir la eficiencia de los gastos en publicidad en los ingresos por ventas de las empresas; por ello se recopilaron 22 datos sobre gastos en publicidad como inputs e ingresos de ventas como outputs; concluyendo que solo tres empresas son absolutamente eficientes durante el periodo 2009-2013.

Seyed (2017) en su trabajo *Efficiency ranking of decision making units in dataenvelopment analysis by using TOPSIS-DEA method* propuso el método TOPSIS-DEA; que es la unión del análisis de envoltura de datos y los métodos de toma de decisiones con criterios múltiples; dando como resultado que el método propuesto es válido; que utilizó 2 inputs y 2 outputs; y mediante este nuevo método sobrellevar la falta de clasificación de unidades de toma de decisiones que posee como desventaja el DEA.

En el trabajo de investigación *The extension and integration of the inverse DEA method* elaborado por Zhang y Cu (2016), tuvo como finalidad



analizar todas las posibles relaciones cambiantes y desarrollar diferentes modelos para las orientaciones de entradas y salidas, concluyendo que el método DEA inverso es una solución completa para los convencionales problemas del DEA.

Nowak et al. (2015) en su investigación *Technical efficiency and its determinants in the European Union agriculture*, tenía por objetivo medir la eficiencia técnica de la agricultura de 27 países de la Unión Europea; para lo que se utilizó el método DEA Y un modelo econométrico; que dio como resultado que la eficiencia técnica en la Unión Europa es muy diversa y que el tamaño de la granja como factor es irrelevante para medir la eficiencia técnica.

En la investigación de Souza et al. (2016) sobre *Aplicação da Análise Envoltória de Dados para avaliar a eficiência de hospitais do SUS em Mato Grosso*, se pretendía medir la eficiencia de 10 hospitales mediante el método DEA; en donde resulto que los hospitales privados son mas eficientes que los hospitales públicos; en donde las variables utilizadas son; tamaño, complejidad, demanda, financiación, calidad, enlace funcional.

En Argentina Rodríguez et al. (2017) realiza la investigación *Eficiencia Técnica en la agricultura familiar*; en donde utiliza dos métodos para describir la frontera de producción eficiente que es el DEA y SFA ( Análisis de la Frontera de Producción Estocástica); obteniendo resultados parecidos en cuanto al índice de eficiencia por los dos métodos mencionados; pero con la diferencia de que el SFA tiene la capacidad de dividir las desviaciones de la frontera en dos componentes que son: ineficiencia y error aleatorio.

En la investigación de Fontalvo (2017); titulada la eficiencia de las entidades prestadoras de salud en Colombia por medio de análisis envolvente de datos tiene por objetivo analizar la eficiencia técnica de las entidades prestadoras de salud; en donde se utilizó el metodología no paramétrica DEA; se extrajo la información de la Superintendencia de Salud de 17 entidades; dando como resultado que 12 entidades son eficientes globalmente, es decir el sector tiene una buena eficiencia.

En el ámbito de la eco-eficiencia el tratamiento de las aguas residuales para las plantas fue analizado en España, se seleccionó un grupo de 113 EDAR ubicadas en regiones utilizando la metodología que combina la evaluación del ciclo de vida (LCA) y el análisis envolvente de datos (DEA) para determinar la eficiencia operativa de cada unidad con el fin de obtener referencias ambientales para plantas ineficientes. Se concluyó que, debido a la dificultad operativa de las EDAR en varios factores, la ineficiencia técnica está inmersa en profundidad, el tamaño de la instalación, la influencia climática, la carga del afluente y la sobreutilización o infrautilización de la planta (Lorenzo-Toja ., et al 2015).

Otro sector importante en la economía es el sector financiero por ello, se ha aplicado el DEA a un conjunto de datos reales de 42 unidades bancarias en los países del Consejo de Corporaciones del Golfo para mostrar la viabilidad del enfoque propuesto. Y luego, generar decisiones estratégicas sobre fusiones y adquisiciones en la banca. La DEA convencional evalúa la eficiencia de los bancos basándose en la información recopilada sobre las cantidades de insumos utilizados para realizar el nivel observado de productos producidos. El tomador de decisiones de una unidad bancaria que desee

fusionarse / adquirir otra unidad bancaria debe decidir sobre el nivel de insumos y / o productos si se establece un objetivo de eficiencia para la nueva unidad bancaria (Gattoufi et al., 2012).

Así mismo, en Bangladesh emplearon el método de análisis envolvente de datos basado en holguras (SBM-DEA) para evaluar el nivel de eficiencia de las ganancias de los bancos individuales durante los años 2004 a 2011. Los hallazgos empíricos indican que el sector bancario de Bangladesh ha exhibido el nivel más alto y más bajo de ganancias eficiencia durante los años 2004 y 2011 respectivamente. Encontramos que solo ocho bancos han sido rentables durante el período de estudio. Los hallazgos concluyeron que la mayoría de los bancos de Bangladesh han experimentado economías de escala debido a que su tamaño es inferior al óptimo. Por lo tanto, disminuir o aumentar la escala de producción podría resultar en ahorros de costos o eficiencias (Sufian y Kamarudin, 2014).

Así mismo en el sector financiero se midió la eficiencia de los bancos comerciales que operan en la Federación de Bosnia y Herzegovina utilizando el método DEA en el período 2016-2017. Se lleva a cabo un análisis sobre 12 bancos que tuvieron una pérdida de beneficios general positiva a finales de 2016 y 2017 publicados por la Agencia Bancaria de la Federación de Bosnia y Herzegovina. El método de análisis de envolvente de datos (DEA) con dos parámetros de entrada y tres de salida se utiliza para medir la eficiencia. La eficiencia de cada banco se presenta para los años 2016 y 2017. Para el período observado, los bancos grandes se mostraron más eficientes que los bancos pequeños. Se concluyó que existe una diferencia significativa en la

eficiencia relativa de los dos bancos principales y el resto de los 10 bancos (Husejinović, 2019).

Por otro lado, se ha aplicado el método DEA para determinar la relación entre la eficiencia del servicio de justicia y los salarios de los jueces en los países europeos en dos etapas. Los datos proceden del informe del Sistema Judicial Europeo publicado por la Comisión Europea para la Eficiencia de la Justicia. En la primera etapa, la eficiencia del servicio de justicia se mide mediante un análisis envolvente de datos. En la segunda etapa, los resultados obtenidos de DEA se retroceden con variables que afectan a los tribunales mediante el modelo de regresión de Tobit. En el análisis de la DEA, el número de jueces y el personal de la oficina se usaron como variables de entradas, los casos resueltos como resultados. Se concluyó, que el aumento de los sueldos de los jueces es significativo para la eficiencia de los tribunales, pero ciertamente no es solo una solución para la eficiencia de los servicios de justicia (Deyneli, 2011).

Otra industria importante en la sociedad es la agricultura a través de la energía eólica. Basado en micro-datos de compañías que cotizan en bolsa de energía eólica, el modelo de análisis envolvente de datos (DEA) se utilizó para medir la eficiencia técnica de las empresas de energía eólica de China y esbozar el desarrollo de la industria de energía eólica a nivel micro. Los resultados mostraron que existen problemas de no eficiencia en la industria de energía eólica de China durante 2011-2015. El valor medio de la eficiencia de las empresas de energía eólica es del 32,5%. Por lo tanto, las empresas de gran escala, las compañías privadas y las entidades que toman la conducción y operación de parques eólicos como su actividad principal, así

como las empresas ubicadas en las tres áreas norte, tienen la mayor eficiencia en sus respectivas categorías (Xin-gang y Zhen, 2019).

Sin embargo, Ludena (2010) analizó el crecimiento de la productividad total de los factores en la agricultura en América Latina y el Caribe entre 1961 y 2007 empleando análisis envolvente de datos (DEA). Los resultados mostraron que, entre las regiones en desarrollo, América Latina y el Caribe muestra el mayor crecimiento de la productividad agrícola. El mayor crecimiento dentro de la región se ha producido en las últimas dos décadas, especialmente debido a las mejoras en la eficiencia y la introducción de nuevas tecnologías. Dentro de la región, los países con abundancia de tierras superan sistemáticamente a los países con limitaciones de tierras. Dentro de la agricultura, los cultivos y los sectores de no rumiantes han mostrado el mayor crecimiento entre 1961 y 2001, y la producción de rumiantes fue la peor.

La evaluación de la ecoeficiencia a través del análisis DEA y el índice de desacoplamiento en los países de América Latina se calcularon como el inverso de la intensidad de carbono (relación del PIB sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>, ambas de la base de datos de Indicadores de Desarrollo Mundial), los cambios en ecoeficiencia y elasticidad de desacoplamiento entre emisiones de CO<sub>2</sub> y cambios en el crecimiento económico. Se utilizaron datos de 16 países de América Latina, según quinquenios, de 1994 a 2013. Los resultados mostraron que el cambio de escala tecnológica en la producción de energía es el factor dominante que influye en la frontera de producción óptima en la muestra de países bajo análisis. Se concluyó que el aumento / disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita se debió a otros factores económicos y

ambientales más que a un efecto negativo / positivo de la tasa de crecimiento del PIB (Moutinho et al., 2018).

Así mismo, la medición de la Complejidad económica y desarrollo humano ha sido a través de la DEA en Asia y América Latina, este trabajo tuvo como objetivo determinar con qué eficiencia las naciones de América Latina y Asia miden el desempeño de un país en la conversión de Complejidad Económica en Desarrollo Humano, entre 2010 y 2014. Se Utilizó el (DEA), a través del Modelo de Retornos Variables de Escala (VRS) y análisis de ventanas. Los resultados mostraron que, en 2014, todos los países asiáticos, excepto China y Filipinas, fueron eficientes; por otro lado, Cuba fue el referente de los países ineficientes. El análisis de ventanas mostró que Japón, Corea del Sur y Singapur fueron eficientes a lo largo del tiempo (Ferraz et al., 2018).

El desempeño de la educación y la investigación en América Latina fue realizado mediante el Análisis Envolvente de Datos (DEA). Se analizaron quince países latinoamericanos considerando los factores que reflejan su avance en investigación y desarrollo, ciencia y tecnología, educación e innovación. Como insumos, el porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB) contribuyó a los gastos de educación e investigación y desarrollo. Mientras que los resultados son los servicios de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y las exportaciones de alta tecnología, así como el Índice Global de Innovación. Se concluyó que los países latinoamericanos presentan diferentes desempeños considerando el aporte del PIB para gastos de investigación y desarrollo, siendo este el principal insumo que contribuye con

las exportaciones de alta tecnología en los países latinoamericanos estudiados (Torres et al., 2020).

El índice de desempeño logístico de la DEA La logística y el transporte desempeñan cada vez más un papel fundamental en las relaciones comerciales internacionales. El objetivo del estudio fue proponer un enfoque de análisis envolvente de datos (DEA) para calcular un índice sintético de desempeño logístico general (DEA-LPI) y comparar el desempeño logístico de los países con LPI. Al abordar las seis dimensiones de LPI, el enfoque propuesto utiliza DEA como una herramienta para la toma de decisiones de múltiples criterios (MCDM). Se concluyó que el desempeño logístico depende en gran medida de los ingresos y el área geográfica (Martí et al., 2017).

Se desarrolló un análisis de eficiencia técnica (DEA) de los puertos de contenedores en América Latina y el Caribe utilizando un modelo de frontera estocástica orientado a insumos. Se empleó un panel de 10 años con datos sobre el rendimiento de los contenedores, el área de la terminal portuaria, la longitud del muelle y el número de grúas disponibles en 63 puertos. Los resultados mostraron una mejora en la eficiencia técnica promedio de los puertos en la región de América Latina y el Caribe de 52% a 64% entre 1999 y 2009; el puerto con mejor desempeño en 2009 logró una eficiencia técnica del 88% con respecto a la frontera. Se concluyó la asociación positiva y significativa entre la eficiencia técnica y las operaciones portuarias privadas (Serebrisky et al .,2016).

Examinar los niveles de eficiencia del sistema de salud y sus posibles determinantes en los países de América Latina y el Caribe (ALC) utilizando datos a nivel nacional para esos países, así como para otros países

emergentes y desarrollados. Los datos se analizan utilizando análisis envolventes de datos y avances econométricos que arrojan estimaciones confiables de la relación entre la eficiencia del sistema y sus posibles determinantes. Se recomendaron aumentar la eficiencia del sistema de salud podrían concentrarse en algunas áreas clave de políticas asociadas con un acceso más amplio a los servicios de salud y mejores resultados. Estas áreas incluyen aspectos generales de gobernanza, además de mejoras en dimensiones específicas de la calidad de las instituciones del sistema de salud, notablemente una mayor dependencia de la gestión basada en resultados en la producción de bienes y servicios de salud (Moreno-Serra et al., 2019).

### **2.6.2 Análisis de la Eficiencia en el Sector de la construcción**

A nivel de Latinoamérica uno de los países que ha realizado estudios en el sector de la construcción ha sido Brazil, para analizar la eficiencia de las empresas nacionales de construcción civil, a través de la aplicación del DEA en varias etapas, para un grupo de empresas de construcción, entre los años 2005 y 2008. Los resultados mostraron diferencias significativas en la eficiencia técnica y de escala según el nivel de facturación e indican que, en promedio, las puntuaciones de eficiencia técnica disminuyeron entre 2005 y 2008, así como la variación en la productividad total de los factores. El puntaje promedio de eficiencia técnica para el período fue de 0,433 y mostraron una tendencia a la baja desde 2006 (Araujo et al.2012).

Otro estudio a nivel de Iberoamérica fue realizado en Colombia para analizar la productividad total del factor, la eficiencia y sus especificaciones se realizó en cuatro grupos de la construcción: construcción de obras civiles, de



viviendas, bienes inmuebles y adecuación de las obras en los años 2005 y 2010 con el uso del método DEA. Los resultados mostraron una baja eficiencia que varía entre 78% y 54%. Determinando que, los factores específicos de la eficiencia han sido, el tamaño de la organización y el porcentaje de la compañía que obtiene en el mercado (De Jorge Morenon et al. 2020).

Así mismo, en el Medio Oriente se ha realizado investigaciones sobre el sector de la construcción usando el método (DEA) se utiliza para evaluar el desempeño de la industria de la vivienda en diferentes estados basados sobre los datos relevantes recopilados de los Centros Estadísticos de Irán durante 2006-2009. La investigación encontró que solo 37 por ciento de los estados operan técnicamente eficientes y el puntaje promedio de eficiencia obtenido por todos los estados es 0.94. La mayoría de los estados técnicamente eficientes tenían el oportunidad de emplear trabajadores migrados ilegalmente de países vecinos en la construcción de edificios actividades que utilizan las ventajas de menor nivel de pagos y menos compromiso con el trabajador regulaciones de seguros en el país (Mariz et al. 2017).

A su vez, en Europa también se ha usado el método DEA para analizar la productividad de la industria de la construcción, se discuten las diferencias y similitudes entre los sectores de la construcción en varios países europeos durante el período 2006-2012. Se estimaron utilizando el índice Malmquist. La regresión de Tobit se aplicó para explorar el impacto del desempeño económico de un país en la productividad laboral en su industria de la construcción. Los resultados mostraron revelan enormes diferencias en la productividad de la industria de la construcción en toda Europa (Nazarko y Chodakowska, 2015).

También, se ha realizado estudios en Malasia de la industria de construcción debido que es inversión económica y su relación con el desarrollo económico está bien posicionada. Por ello, se realizó la evaluación sobre la eficiencia de las empresas del sector de la construcción que cotizan en la Bolsa de Valores de Kuala Lumpur (KLSE) con el modelo de Análisis de Datos (DEA) en el año de 2015. Los resultados arrojaron que la eficiencia de las empresas del sector de la construcción se puede obtener utilizando el modelo DEA a través del análisis de coeficientes que definió como la relación de salidas totales a entradas totales. Y se concluyó que las empresas en un 60% si fueron eficientes a través del uso de tecnología, equipos, mano de obra, entre otros (Hoe et al. 2018).

Por su lado Liu y Zhang (2017) aplicaron el método de envoltura de datos (DEA) para cuantificar la eficiencia que poseen las empresas del sector que fue seleccionado, es decir en la industria de la construcción en la ciudad de Linyi, la aplicación se centra en datos de la sección transversal de la industria de la construcción en 12 condados de la ciudad de Linyi en 2014, lo que representa dos entradas (mano de obra y costos operativos) y un producto (impuesto sobre la renta). Los resultados mostraron que hay grandes brechas en el nivel de desarrollo de la productividad entre 12 condados en la industria de la construcción de Linyi. Se recomendaron sugerencias para mejorar el desempeño de la industria de la construcción y promover el desarrollo sostenible de la industria de la construcción entre diferentes condados.

Sin embargo, existen estudios de Ecoeficiencia de la Industria de la Construcción con salida de contaminación usando el enfoque DEA para evaluación de la eficiencia de la industria, con los datos del período 2008 a

2013, se midió la ecoeficiencia, la eficiencia económica y la eficiencia ambiental de la industria de la construcción en cada región y probó la correlación de estos tres tipos de eficiencia. Los resultados mostraron que la eficiencia de la industria de la construcción es la ecoeficiencia, seguida de la eficiencia económica y ambiental eficiencia, y hay mucho espacio para la mejora de la eficiencia ambiental. Se concluyó que la eficiencia de la industria de la construcción en diferentes regiones es obviamente diferente, y el valor promedio de eficiencia en el este el área es más alta que la del área central y occidental (Li et al. 2016 ).

Otro importante estudio referente al sector de construcción ha sido realizado en Vietnam porque la construcción es una de las industrias más cruciales que aporta una gran cartera en el desarrollo del país. Para la evaluación del desempeño se aplicó el método de análisis de envoltura de datos que ayuda a las empresas a determinar la eficiencia y buscar posibles alianzas estratégicas. Varias unidades de toma de decisiones (empresas constructoras) se seleccionan cuidadosamente de los mercados bursátiles que realizan tareas similares (casi el 70% de los ingresos totales gastados en trabajos de construcción. Los resultados mostraron que el número de empresas eficientes y el orden de clasificación cambian anualmente (Nhu-Ty, 2019).

En el trabajo de investigación *An Assessment of the Technical Efficiency of Construction Firms in Hong Kong* realizado por Wang y Chau (2014); tuvo por objetivo evaluar los índices de eficiencia mediante el método DEA; utilizando como output la producción; las inputs son pago por materiales de construcción, combustible, servicio de mantenimiento y capital; durante el

periodo 1981-1996; que tuvo como conclusión que la eficiencia técnica más alta proviene de las empresas con capital menos intensivo, con mayor tamaño y menor consumo de insumos.

Para Park et al. (2015) en su estudio "*Comparing the Efficiency and Productivity of Construction Firms in China, Japan, and Korea Using DEA and DEA-based Malmquist*" que tenía por objetivo analizar la eficiencia y la productividad de las empresas constructoras chinas, japonesas y coreanas durante 2005-2011; para ello utilizó el método DEA; teniendo como inputs el número de empleados, capital, total activos; y como output total ingresos; dando como resultado que son más eficientes las empresas constructoras de China comparado con Japón y Corea. Concluyendo que las empresas coreanas deben mejorar tanto en eficiencia como en productividad.

En la investigación realizada por Hoe et al. (2018); titulada *Evaluation on the efficiency of the construction sector companies in Malaysia with data envelopment analysis model* tenía por objetivo examinar el desempeño financiero de las empresas del sector de la construcción que cotizan en la bolsa de valores de Malasia en el año 2015 teniendo como inputs; ratio de liquidez, ratio de deuda, ratio deuda-capital y como outputs, ganancia por acción, rentabilidad sobre activos (ROA), y rentabilidad sobre capital (ROE); concluyendo que solo cuatro empresas de Malasia son totalmente eficientes.

Chiang et al. (2013) en su investigación *Evaluating construction contractors' efficiency in Hong Kong using Data Envelopment Analysis Assurance Region model*; tuvo como propósito investigar si las principales constructoras de Hong Kong son contratistas eficientes; por lo que utilizó el método DEA que es un enfoque no paramétrico para examinar la eficiencia

relativa entre diferentes empresas; por lo que presentó como inputs el total activos y número de empleados; mientras que output los ingresos; concluyendo que solo una empresa de Hong Kong es totalmente eficiente.

En la investigación desarrollada por Rescala et al. (2012); titulada dos modelos para determinar la eficiencia de una empresa constructora; que tuvo por objetivo determinar la eficiencia de las empresas constructoras para lo que utilizó el método DEA y el análisis de componentes principales (ACP); y como variables inputs activo corriente y bienes de uso; y como output el resultado total que 8 unidades eran eficiente.

En el estudio de Choy (2008) titulada "*Productive Efficiency Of Malaysian Construction Sector*", tuvo por objetivo determinar el desempeño del sector de la construcción en Malasia; por lo cual empleó el método DEA; para su investigación utilizó las variables productividad laboral, productividad de capital e intensidad de capital; concluyendo que solo invertir en capital no es suficiente para lograr la eficiencia.

Chistopoulos et al. (2016) en su investigación "*Investigation of the relative efficiency for the Greek listed firms of the construction sector based on two DEA approaches for the period 2006–2012*" que tuvo como propósito investigar la eficiencia relativa de las empresas griegas antes y durante la recesión es decir en los años 2006-2012; para lo que utilizó las siguientes variables ; razón ácida, ratio de efectivo, relación de intervalo defensivo, índice de rotación de activos, índice de rotación de cuentas por cobrar, Roe, Roa, margen de beneficio bruto, margen de beneficio neto, ventas netas sobre costo operativo ; obteniendo como conclusión que solo una empresa logra la eficiencia total.

En la investigación de Kapelko y Oude (2015) titulada “*Technical Efficiency And Its Determinants In The Spanish Construction Sector Pre- And Post-Financial Crisis*”; que tuvo como propósito el propósito del estudio fue estimar la eficiencia en el sector de la construcción antes y después del comienzo de la crisis financiera, es decir durante el periodo 2000-2010, para lo cual utilizó el método DEA, con las siguientes variables activos fijos, costos empleados, costo de material, ingresos operativos, activos fijos, ingresos de operaciones y obtuvo como conclusión que la eficiencia técnica aumenta según el tamaño del empresa; y también que la eficiencia técnica disminuye cuando las empresas son recién introducidas en el mercado mientras que las antiguas poseen una mejor eficiencia técnica.

Chau et al. (2005) en su estudio “*Technological progress and the productive efficiency of construction firms in Hong Kong, 1981- 2001*” tuvo por objetivo medir la eficiencia productiva de las empresas constructoras mediante el método DEA, que es una técnica no paramétrica que trabajó con las siguientes variables inputs, capital, trabajo, materiales de construcción, gastos generales de oficina y como output el valor total del trabajo realizado, menos el pago, a los subcontratistas de honorarios para evitar el doble conteo y obtuvo como conclusión que las empresas con más capital tienden a tener una mejor eficiencia productiva y con el tiempo mayor crecimiento en las tasas de eficiencia.

### **2.6.3 Análisis de la Eficiencia del Sector de la Construcción a nivel**

#### **Nacional**

En el Ecuador, el sector de la construcción representa alrededor del 9% al 10% del PIB, por cuantificar la relación entre el capital de trabajo desde el

ámbito financiero y el nivel de eficiencia de las compañías constructoras usando el Análisis de envoltura de datos (DEA) en el período 2011-2014) fue el objeto de estudio de Córdova y Alberto (2018). Con 58 empresas participantes, de las cuales se obtuvo la información financiera en un horizonte temporal de cuatro años las categorías de eficiencia analizadas indican la disminución de la eficiencia promedio en la sección de la construcción para los años 2012- 2013, y los resultados arrojaron un nexo efectivo entre la eficiencia y el capital de trabajo para todos los años. Lo que refleja que una estrategia financiera tradicional con énfasis en la disminución del capital de trabajo no encamina a un crecimiento en el nivel de eficiencia de las empresas de construcción. Se recomienda que la investigación puede beneficiar no solo a las empresas de construcción en el país, sino a una gama de empresas que desean mejorar su ventaja competitiva en función de su información financiera.

## **CAPITULO III**

### **3 Metodología de la Investigación**

#### **3.1 Método Científico**

El método científico que se aplicará en la investigación será el deductivo; puesto que abarca hechos que ya fueron comprobados y aceptados debidamente por la comunidad científica para en lo posterior realizar inferencias o predicciones en casos específicos, además este “método de razonamiento consiste en tomar conclusiones generales para obtener explicaciones particulares. El método se inicia con el análisis de los postulados, teoremas, leyes, principios, etcétera, de aplicación universal y de comprobada validez, para aplicarlos a soluciones o hechos particulares” (Bernal, 2010, pág. 59).

Mientras que el diseño de investigación que se utilizará se basa en la metodología cuantitativa; debido a que, para conocer la eficiencia técnica de las empresas se utilizará cifras que en lo posterior proporcionaran conclusiones claras.

#### **3.2 Tipo de Investigación**

En la investigación se tiene por propósito analizar la eficiencia técnica del sector de la construcción en Ecuador; para tener una perspectiva clara de cuáles son los factores que afectan positiva y negativamente al sector mencionado; y cuáles son las empresas que han logrado una mayor eficiencia; considerando la revisión literaria que se ha efectuado; se tiene un método para conocer lo antes mencionado y bajo la problemática especificada lo que implica que la investigación es teórica-aplicada.



### **3.3 Alcance de la Investigación**

En la presente investigación después de haber realizado una revisión de la literatura; se ha determinado que es necesario que las empresas sean capaces de crear más output sin consumir más inputs; de esta manera alcanzaría una eficiencia técnica, produciendo lo mismo, pero consumiendo menos; por tal motivo se determinó, que el alcance de esta investigación es descriptivo y correlacional; que según Hernández et al. (2010), en una investigación de tipo correlacional tiene la finalidad de conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos conceptos o más conceptos y en el caso descriptivo porque se considera el fenómeno estudiado, y se definen variables; además de permitir mostrar las dimensiones de un fenómeno o situación.

### **3.4 Método**

Teniendo por objetivo analizar la eficiencia técnica del sector de la construcción; es necesario utilizar un método que permita obtener índices de eficiencia técnica; por lo que se va utilizar el Método de Análisis de Envoltura de Datos (DEA), que es un método no paramétrico; en donde el mencionado método no se ajusta a una distribución en específico y por otra parte el paramétrico sí; además el método no paramétrico se focaliza en las unidades de análisis no en medidas poblacionales, utiliza múltiples insumos y múltiples productos, cada uno en diferentes unidades, pero no permite la inferencia estadística ni la utilización de las pruebas de hipótesis; mientras que el método paramétrico permite realizar pruebas estadísticas sobre los mismos, representa el ruido aleatorio que captura los procesos aleatorios generadores de ineficiencias que no están bajo el control de la entidad; provee medidas

absolutas y no relativas, pero son sensibles a los datos atípicos y se necesita gran cantidad de datos para obtener resultados confiables (Piraveedu et al., 2013); que permite la estimación de fronteras de producción y evaluación de la eficiencia de una muestra de unidades de producción; en donde el método DEA utiliza técnicas como la programación matemática que puede manejar un gran número de variables y relaciones (restricciones), y además no es necesario especificar una función de producción explícita (Cooper et al., 2007).

### Frontera de Posibilidades de Producción

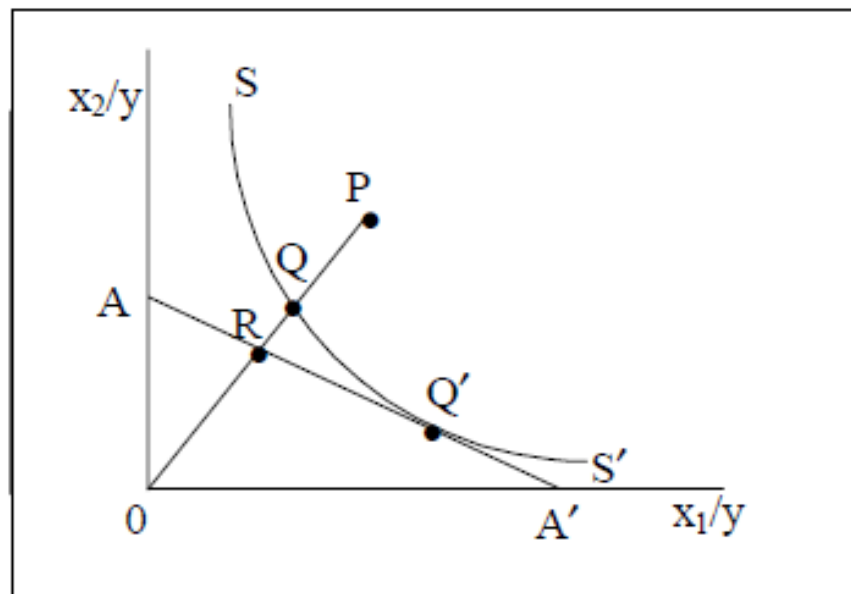


Figura 2 Eficiencia Técnica

Farrell ilustró sus ideas usando un ejemplo simple que involucra empresas que usan dos entradas ( $x_1$  y  $x_2$ ) para producir una salida única ( $y$ ), bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala. El conocimiento de la unidad isocuanta de la empresa totalmente eficiente, representada por  $SS'$  en la figura 1, permite medir la eficiencia técnica.

Si una empresa determinada usa cantidades de entradas, definidas por el punto  $P$ , para producir una unidad de salida, la ineficiencia técnica de esa

empresa podría estar representada por la distancia QP, que es la cantidad por la cual todas las entradas podrían reducirse proporcionalmente sin una reducción en la salida. Esto generalmente se expresa en términos porcentuales por la relación QP / OP, que representa el porcentaje por el cual todas las entradas podrían reducirse. La eficiencia técnica (TE) de una empresa se mide más comúnmente por la relación

$$TE_i = OQ/OP$$

Que es igual a uno menos QP / OP tomará un valor entre cero y uno, y por lo tanto, proporciona un indicador del grado de ineficiencia técnica de la empresa. Un valor de uno indica que la empresa es completamente eficiente técnicamente. Por ejemplo, el punto Q es técnicamente eficiente porque se encuentra en la isocuanta eficiente.

De esta manera, los índices de eficiencia de cada unidad analizada se calculan con el coeficiente de la suma ponderada de los inputs y la suma ponderada de los outputs

$$Eficiencia = \frac{\text{suma ponderada outputs}}{\text{suma ponderada inputs}}$$

Según Coelli (1996) mencionó que el DEA utiliza métodos de programación lineal para construir una frontera por partes no paramétrica sobre los datos, con la finalidad de calcular las eficiencias relativas de una frontera. Consideró que el programa de computadora tiene tres opciones que son:

- a) Modelo Estándar CRS Y VRS DEA; que implica el cálculo de eficiencias técnicas propuesto por Fare, Grosskopf y Lovell (1994)
- b) La extensión de los modelos para tener en cuenta el costo y la eficiencia de asignación

- c) La Aplicación de los métodos Malmquist DEA a los datos del panel para cualcula índices de cambio en la productividad total del factor, cambio tecnológico, cambio de eficiencia técnica y cambio de eficiencia de escala, los mismos que fueron discutidos por Fare, Grosskopf, Norris y Zhang en 1994.

Para el siguiente trabajo se utilizará la opción de retorno constante del modelo a escala ( CRS); en donde se definirá la siguiente notación suponiendo que K son los inputs y M los outputs para cada una de la N empresas o DMU.

Para la i-ésima DMU, estos están representados por los vectores  $x_i$  y  $y_i$  respectivamente. Los  $K \times N$  matriz de entrada, X y la  $M \times N$  matriz de salida Y; representa los datos de todas las N DMU; considerando que el propósito de DEA es construir una frontera de envoltura no paramétrica sobre los puntos de datos de manera que todos los puntos observados se encuentren dentro o debajo de la frontera de producción.

La mejor manera de introducir DEA es a través del formulario de relación. Para cada DMU nos gustaría obtener una medida de la relación de todas las salidas sobre todas las entradas, como  $u'y_i / v'x_i$ , donde u es  $M \times 1$  vector de pesos de salida y v es una  $K \times 1$  vector de pesos de entrada. Para seleccionar pesos óptimos especificamos el problema de programación matemática:

$$\begin{aligned} & \max_{u,v} (u'y_i/v'x_i) \\ \text{st} \quad & u'y_j/v'x_j \leq 1, j=1,2,\dots,N \\ & u, v \geq 0. \end{aligned}$$

Esto implica encontrar valores para  $u$  y  $v$ , de modo que la medida de eficiencia de la DMU  $i$ -ésima se maximice, sujeto a la restricción de que todas las medidas de eficiencia deben ser menores o iguales a uno. Un problema con esta formulación de proporción particular es que tiene un número infinito de soluciones. Para evitar esto, se puede imponer la restricción  $v'x_i = 1$ , que proporciona:

$$\begin{aligned} & \max_{u,v} (u'y_i), \\ \text{st} \quad & v'x_i = 1 \\ & u'y_j - v'x_j \leq 0, \quad j= 1,2,\dots,N, \\ & u, v \geq 0, \end{aligned}$$

donde la notación cambia de  $u$  y  $v$  a  $\mu$  a  $v$  refleja la transformación. Esta forma se conoce como la forma multiplicadora del problema de programación lineal.

Usando la dualidad en la programación lineal, uno puede derivar una forma de envoltura equivalente de este problema:

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{\theta,\lambda} \theta, \\ \text{st} \quad & -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \Theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \lambda \geq 0, \end{aligned}$$

Donde  $\theta$  es un escalar y  $\lambda$  es una  $N \times 1$  vector de constantes. Esta forma de envoltura implica menos restricciones que la forma del multiplicador ( $K + M < N + 1$ ) y, por lo tanto, generalmente es la forma preferida para resolver. Con el valor de  $\theta$  se obtendrá el puntaje de eficiencia para el  $i$ -ésimo DMU. Va a satisfacer  $\theta \leq 1$ , con un valor de 1 que indica un punto en la frontera y, por lo tanto, una DMU técnicamente eficiente, según la definición de Farrell

(1957). Teniendo en cuenta que el problema de programación lineal debe resolverse  $N$  veces, una vez por cada DMU en la muestra. Un valor de  $\theta$  entonces se obtiene para cada DMU.

### **Modelo Panel Logit**

Con la finalidad de diseñar una política pública que permita la aproximación de las empresas del sector de la construcción hacia la eficiencia, se realizará un modelo panel logit, para poder pronosticar la probabilidad de una empresa adquirir eficiencia técnica; en donde se utilizará la eficiencia técnica resultante de aplicar el método DEA como variable dependiente mientras que las otras variables serán las independientes.

Según Ferre (2019) los modelos de regresión logística tienen tres finalidades:

- Cuantificar la importancia de la relación existente entre cada una de las covariables y la variable dependiente.
- Clarificar la existencia de interacción y confusión entre covariables respecto a la variable dependiente (es decir, los odds ratio para cada covariable).
- Clasificar individuos dentro de las categorías (presente/ausente) de la variable dependiente.

Por tanto, se conoce que la regresión logística tiene por objetivo predecir la probabilidad de que ocurra  $Y$  conocidos los valores de las variables  $X$ . La ecuación general es de la forma:

$$P(Y) = \frac{1}{1 + e^{-(b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n)}}$$

Donde  $P(Y)$  es la probabilidad de que ocurra  $Y$ ,  $e$  es la función exponencial y el resto de coeficientes son análogos a los de la regresión lineal. Los valores posibles de estas ecuaciones varían entre 0 y 1. Un valor cercano a 0 significa que es muy improbable que,  $Y$  haya ocurrido, y un valor cercano a 1 significa que es muy probable que tuviese lugar.

En este caso se identifica que si la variable  $Y_i$  toma el valor 1 ( $Y_i = 1$ ) la empresa es eficiente y cero la empresa no es eficiente.

Por otra parte, Hosmer y Lemeshow (2000) desarrollaron una prueba de bondad de ajuste para modelos de regresión logística con respuestas binarias, propusieron agrupar en función del valor de las probabilidades estimadas. Esta prueba se obtiene calculando el estadístico chi-cuadrado de Pearson a partir de la tabla de  $2 \times g$  de frecuencias observadas y esperadas, donde  $g$  es el número de grupos. El estadístico de Hosmer y Lemeshow se compara con una distribución de chi-cuadrado con  $(g - 2)$  grado de libertad. David W. Hosmer, Stanley Lemeshow y Rodney X. Sturdivant sugieren que un valor que tiende a 1 indica que el modelo parece encajar bien (Trenca et al. , 2014).

El éxito predictivo de la regresión logística se puede evaluar mirando la tabla de clasificación. Se elige un valor de corte en la escala de probabilidad y clasifica todos los valores predichos por encima de ese como prediciendo un evento, y todos por debajo de ese valor de corte como no prediciendo el evento. El valor de corte más utilizado es 0,5. Por lo tanto, se puede crear una tabla de la siguiente manera:

	+	-
Predicted positive (above cutoff)	a	b
Predicted negative (below cutoff)	c	d

*Figura 3 Tabla de Clasificación*

Esperando muchos resultados en las casillas a y d, y pocos en las casillas b y c, lo que indica un buen ajuste (Trenca et al. , 2014)

### **3.5 Herramientas**

Este trabajo de investigación tiene un enfoque estadístico, analítico para lo cual se hará mayor énfasis en la técnica cuantitativa el cual permite, identificar variables, clasificarlas, aplicar técnicas estadísticas y matemáticas, analizar e interpretar los resultados y al final contribuir con recomendaciones y conclusiones.

Para este modelo se usa el software de gretl para los estadísticos descriptivos y para los modelos no paramétricos se usa el software DEA, y el Rstudio.

### **3.6 Fuentes**

Para esta investigación se trabaja con fuentes secundarias, debido a que los datos serán extraídos de la superintendencia de compañías de valores y seguros Supercías de los períodos 2015- 2018 para el pertinente estudio y el respectivo uso del análisis envolvente de datos.



### **3.7 Población**

Para este estudio, se tomarán todas las empresas que conforman el sector de construcción del Ecuador, en los períodos 2015 y 2018. Una vez depurada, analizada y realizada la clasificación oportunamente la población en general está conformada por alrededor: a) 1662 empresas en el 2015, b) 1536 compañías en el 2016, c) 1000 entidades en el período 2017 y d) 1465 en el 2018.

### **3.8 Datos**

Para el tratamiento de las variables se aplicó el método DEA en conjunto a las 5658 empresas en total de los 4 años de período de estudio, además de aplicar logaritmo natural a todos los valores de las variables. Así mismo, para determinar el ajuste del modelo se aplicó el Modelo Panel Logit en conjunto para determinar el estadístico de Hosmer y Leemeshow en Stata que permite realizar pronósticos el cual permitirá generar recomendaciones para mejoras en el sector de la construcción en cuanto al manejo de los recursos de insumos y productos. De esa manera lograra la eficiencia técnica.

### **3.9 Variables**

Para determinar las variables de entrada (inputs) y las variables de salida (outputs) se realizó un cuadro con las referencias de diversos países en los que se aplicó el método de análisis de envolvente de datos en el sector de la construcción en distintos períodos.

Se presenta a continuación:

Autor, año, título, variables inputs-outputs, y país

Tabla 1  
Estudios Realizados Sobre la Eficiencia Técnica

Autor	Año	Titulo	Variables		País
			Inputs	Outputs	
<b>Córdova Fernando</b>	2016	Evaluación de la Eficiencia como Herramienta de Gestión Empresarial. aplicación a empresas constructoras ecuatorianas	trabajo, materiales y recursos intermedios, propiedad planta y tecnología	producción	Ecuador
<b>Moreno, López, Robayo y Días</b>	2014	Productividad, eficiencia y sus factores explicativos en el sector de la construcción en Colombia 2005-2010	Capital (activo), insumos intermedios, gasto personal	producción (Ventas)	Colombia
<b>Gustavo Devincenzi</b>	2015	Medición de la eficiencia en la gestión de administración de una empresa constructora	Compra de materiales, gastos administrativos, gastos financieros, mano de obra	Resultado total, ventas	Argentina
<b>Chau, Poon, Wang y Lu</b>	2005	Technological progress and the productive efficiency of construction firms in Hong Kong 1981-2001	Capital, trabajo, insumos intermedios, gastos	Ingresos	Hong Kong

Autor	Año	Titulo	Variables		País
			Inputs	Outputs	
<b>Kapelko y Oude</b>	2015	Technical Efficiency And Its Determinants In The Spanish Construction Sector Pre- And Post- Financial Crisis	activos fijos, costos empleados, costo de material, ingresos operativos, activos fijos	Ingresos Operaciones	España
<b>Tsolas</b>	2011	Modelling profitability and effectiveness of Greek-listed construction firms: an integrated DEA and ratio analysis	Costo de ventas, costo administrativo	Ingresos	Grecia
<b>Ren-Jze y Jih- Shong</b>	2013	Efficiency measurement of the construction industry in Taiwan: a stochastic frontier cost function approach	Costo total, costo de capital, costo de mano de obra	producto bruto	Taiwán
<b>Araujo, Guiraes, Shikida</b>	2012	Analysis of the efficiency of national civil construction firms	empleados y equipo	ingresos brutos	Brasil

Autor	Año	Titulo	Variables		País
			Inputs	Outputs	
<b>Rescala et al.</b>	2012	Dos modelos para determinar la eficiencia de una empresa constructora	activo corriente, pasivo corriente, bienes de uso	Resultado total	Argentina
<b>Guerrini, Martini, Campedelli</b>	2013	Measuring the efficiency of the Italian construction industry	gasto personal, capital, gastos de funcionamiento	producción	Italia
<b>Flores, Morala y Rodriguez</b>	2009	Estudio de la eficiencia en la gestión de recursos de las empresas constructoras de Castilla y León porpuesta de aplicación del análisis DEA	consumos de materiales, gastos de personal, gastos financieros	Beneficios antes impuestos	España
<b>Wang y Chau</b>	2014	An Assesmenet of the Technical Efficiency of Construction Firms in Hong Kong	pago por materiales de construcción, combustible, servicio de mantenimiento, capital	producción	Hong Kong

Autor	Año	Titulo	Variables		País
			Inputs	Outputs	
Park et al	2015	Comparing the Efficiency and Productivity of Construction Firms in China, Japan, and Korea Using DEA and DEA-based Malmquist	número de empleados, capital, total activos	ingresos	China, Japón, Corea
Hoe et al.	2018	Evaluation on the efficiency of the construction sector companies in Malaysia with data envelopment analysis model	ratio de liquidez, ratio de deuda, ratio deuda-capital	ganancia por acción, rentabilidad sobre activos (ROA), y rentabilidad sobre capital (ROE)	Malaysia
Chiang et al	2013	Evaluating construction contractors' efficiency in Hong Kong using Data Envelopment Analysis Assurance Region model	total activos, número de empleados	los ingresos	Hong Kong
Choy	2008	Productive Efficiency Of Malaysian Construction Sector	productividad laboral, productividad de capital, intensidad de capital		Malaysia

Autor	Año	Titulo	Variables		País
			Inputs	Outputs	
<b>Chistopoulos et al.</b>	2016	Investigation of the relative efficiency for the Greek listed firms of the construction sector based on two DEA approaches for the period 2006–2012	razón ácida, ratio de efectivo, relación de intervalo defensivo, índice de rotación de activos	Roe, Roa, margen de beneficio bruto, margen de beneficio neto, ventas netas sobre costo operativo	Grecia
<b>(Nazarko y Chodakowska)</b>	2015	Measuring productivity of construction industry in Europe with Data Envelopment Analysis	números de empleados en el sector	Ingresos totales del negocio, excedente bruto de explotación	Europa
<b>(Liu y Zhang)</b>	2017	The Efficiency Analysis of the Construction Industry in Linyi City Based on DEA Model	mano de obra y costos operativos	impuesto sobre la renta	Linyi (Ciudad de China)

Autor	Trabajo	Materiales y Recursos Intermedios	Propiedad Planta y Equipo	Tecnología	Capital	Gasto personal	Gasto Administrativo	Gasto Financiero	Gastos de Funcionamiento	Activos Fijos	Activo Corriente	Total Activos	Pasivo Corriente	Bienes de Uso	Costo Total	Costo de Venta	Costo de Capital	Ratio de Liquidez	Ratio de Deuda	Ratio Deuda- Capital	Producción (Ventas)	Resultado Total	Ingresos Operacionales	Valor de Producción	Ganancia por Utilidad	ROA	ROE
Córdova Fernando (2016)	X	X	X	X																	X						
Moreno et al. (2014)		X			X	X															X						
Devincenzi (2015)	X	X					X	X													X	X					
Chau et al. (2005)	X	X			X	X	X	X													X						
Kapelko y Oude (2015)	X	X								X													X				
Tsolas (2011)																X					X						
Ren-Jze y Jih-Shong (2013)	X														X		X				X						
Araujo et al. (2012)	X		X																		X						
Rescala et al. (2012)											X		X	X								X					
Guerrini et al. (2013)					X	X			X															X			
Flores et al. (2009)	X					X		X															X				
Wang y Chau (2014)	X				X																X						
Park et al (2015)					X							X										X					
Hoe et al. (2018)																		X	X	X				X	X	X	
Chiang et al (2013)												X									X						

Después de analizar los diferentes estudios enfocados en el método de envoltura de datos en el sector de la construcción, se determina las siguientes inputs y outputs para calcular la eficiencia.

*Tabla 2*  
*Descripción de Variables*

Variables	Definición Conceptual	Obtención de la Supercias
Gasto en Sueldo	Pago a personal de oficina, personal de apoyo	Estado de Resultados
Costo de Venta	Costo en mano de obra, costo de materia prima y costos indirectos de fabricación	Estado de Resultados
Activo No Corriente	Bienes o derechos de la empresa	Estado de Situación Inicial
Roe	Indicador Financiero que mide la Rentabilidad sobre el Patrimonio	Utilidad / Patrimonio del Estado de Situación Inicial
Roa	Indicador Financiero que mide la Rentabilidad sobre los activos	Utilidad /Activo del Estado de Situación Inicial
Ingresos	Producción total	Estado de Resultados



## CAPÍTULO IV

### 4 Resultados

#### Estadísticos descriptivos de las variables inputs-outputs

#### Variables Outputs – Salidas

*Tabla 3*  
*Estadísticos Descriptivos del ROE*

Variable	Observaciones	Descripción ROE			
		Media	Desviación	Min	Max
Roe 2015	1658	0.5439	2.0914	0.000043	51.50
Roe 2016	1536	0.4068	0.6808	0.000174	9.51
Roe 2017	1000	0.6558	0.9529	0.113650	9.81
Roe 2018	1464	0.4859 4	1.6586	0.000106	39.22

El ROE indica la rentabilidad financiera o la rentabilidad segura para el accionista. Porque son los recursos de la empresa que son invertidos por los accionistas. Se aprecia en la tabla que el mayor número de empresas inmersas en el sector de la construcción fue en el 2015 un total de 1658 empresas, y el 2017 fue el período que este sector tubo alrededor de 1000 empresas.

*Tabla 4*  
*Estadísticos Descriptivos del ROA*

Descripción ROA					
Variable	Observaciones	Media	Desviación	Min	Max
Roa 2015	1658	0.109410	0.142160	0.000029	0.969510
Roa 2016	1536	0.112200	0.167410	0.000063	2.527900
Roa 2017	1000	0.174100	0.245880	0.002280	4.905700
Roa 2018	1464	0.104630	0.151220	0.000036	1.807200

La rentabilidad económica o ROA la abreviatura en inglés, durante los 4 años no presento mayor disparidad en los datos, eso se lo aprecia en la desviación, los valores mínimos y máximos fueron moderados. Y el comportamiento de esta variable ha sido secuencial.

*Tabla 5*  
*Estadísticos Descriptivos de los Ingresos*

Descripción Ingreso					
Variable	Observaciones	Media	Desviación	Min	Max
Ingreso 2015	1658	12.94900	1.6270	8.3040	20.0540
Ingreso 2016	1536	12.96000	1.6981	7.8438	19.3010
Ingreso 2017	1000	13.16600	1.6369	8.4366	19.8610
Ingreso 2018	1464	13.01300	1.6048	8.3779	20.1140

La variable ingreso o las ventas netas anuales, en este sector se ha manejado en manera lineal con las diversas medidas reglas aplicadas a este sector por parte del sector público y privado. Mayores empresas, mayores ingresos, menos empresas, las ventas disminuyen.

### **Variables inputs- entradas**

*Tabla 6  
Estadísticos Descriptivos Activo no Corriente*

Descripción Activo No Corriente					
Variable	Observaciones	Media	Desviación	Min	Max
Activo NC 2015	1658	11.0427	2.316147	3.34	19.2440
Activo NC 2016	1536	11.0420	2.338800	2.397	19.2490
Activo NC 2017	1000	10.8300	2.393300	1.386	18.5680
Activo NC 2018	1464	11.2440	2.319900	1.947300	19.426000

El activo no corriente o las máquinas de planta y equipo que las empresas utilizan para realizar y ejercer sus actividades comerciales, ha ido en movimiento lineal con las variables de resultados ingresos, rentabilidad económica y rentabilidad financiera.

*Tabla 7*  
*Estadísticos Descriptivos Costo de Venta*

Descripción Costo de Venta					
Variabl e	Observacione s	Media	Desviació n	Min	Max
CV 2015	1658	12.3090	1.975400	3.175100	19.891000
CV 2016	1536	12.2760	2.109100	3.321400	19.218000
CV 2017	1000	12.5110	2.024100	0.182320	19.017000
CV 2018	1464	12.3800	1.911400	2.267000	18.817000

El costo de venta, o el costo de inversión en los materiales, herramientas entre otras utilizadas en el sector de estudio. Los 4 años de período de análisis ha tenido regularidad en el movimiento de las variables descriptivas: medias moderadas, disparidad de datos sólida, valores mínimos entre 0.182320 y 3.175100, y los valores máximos sin presentar grandes volatilidades.

*Tabla 8*  
*Estadísticos Descriptivos Costo de Venta*

Descripción Gasto Sueldo					
Variable	Observaciones	Media	Desviación	Min	Max
GS 2015	1658	10.7590	1.6279	5.1761	18.4310
GS 2016	1536	10.7230	1.6860	5.9026	17.4250
GS 2017	1000	10.8020	1.7459	2.5257	17.4850
GS 2018	1464	10.7820	1.6420	4.6967	17.6750

El gasto valor no recuperable, pero una inversión en la mano de obra para que las actividades empresariales se puedan ejecutar, ha tenido

comportamiento a la par de los movimientos o cambios del sector de la construcción, porque el 2015 fue un período de auge, mientras los períodos 2017, 2018 períodos de recesión debido a las medidas aplicadas por parte del sector pública sobre el sector.

*Tabla 9*  
*Estadísticos Descriptivos de las Empresas Eficientes*

<b>Año</b>	2015	2016	2017	2018
Empresas Eficientes	12	11	6	12
Eficiencia Promedio	0.7330	0.7329	0.6939	0.7577
Mediana	0.7230	0.7210	0.6823	0.7440
Desviación	0.0555	0.0516	0.0565	0.0612
Máx	1	1	1	1
Min	0.5760	0.6430	0.6026	0.6450

En el año 2015 se aplicó el DEA a 1658 empresas resultando eficiente 12 empresas, en el año 2016 a 1536 empresas evidenciando que solo 11 empresas lograron ser eficientes, mientras que en el año 2017 de las 1000 empresas fueron eficientes 6 empresas y finalmente se tomó 1464 empresas en el año 2018 en donde 12 empresas fueron eficientes.

*Tabla 10*  
*Codificación de las Actividades de las Empresas*

Código	Actividad
F4100.10	Construcción de todo tipo de edificios residenciales: casas familiares, viviendas para ancianos, casas para beneficencia, orfanatos, cárceles.
F4100.20	Construcción de todo tipo de edificios no residenciales: edificios de producción industrial.
F4100.30	Montaje y levantamiento de construcciones prefabricadas en el lugar
F4210.11	Construcción de carreteras, calles, carreteras, y otras vías para vehículos o peatones.
F4210.12	Obras de superficie en calles, carreteras, autopistas, puentes o túneles, asfaltado de carretera, pintura y otros tipos de marcado de carretera.
F4210.20	Construcción de líneas de ferrocarril y metro
F4220.10	Construcción de obras de ingeniería civil relacionadas con: tuberías urbanas, construcción de conductos principales
F4220.20	Construcción de obras civiles para: centrales eléctricas, líneas de transmisión de energía eléctrica y comunicaciones
F4290.11	Construcción de vías de navegación, obras portuarias y fluviales, puertos deportivos, esclusas, presas y diques.
F4290.92	Obras de construcciones distintas de los edificios, por ejemplo: instalaciones deportivas al aire libre
F4312.04	Construcción de drenaje de terrenos de construcción incluido tierras agrícolas o forestales
F4321.01	Instalación de accesorios eléctricos, líneas de telecomunicaciones, redes informáticas y líneas de televisión por cable, incluidas líneas de fibra óptica, antenas parabólicas.
F4330.41	Pintura Interior O Exterior De Edificios, Incluye Pintura De Obras De Ingeniería Civil

A continuación, se va a presentar los resultados de las empresas que fueron eficientes en los años 2015 al 2018; en donde se utilizó todas las empresas del sector de la construcción, es decir se incluyó todas las actividades que realiza el mencionado sector y el tamaño. Además, se realizó

una comparación entre las empresas que poseen mayor ingreso con las empresas que fueron eficientes.

*Tabla 11*  
*Empresas Eficientes 2015*

Nombre de la Empresa	DEA	Tamaño de la Empresa
Constructora Amay C. Ltda.	1	Microempresa
Compañía De Servicios Y Construcciones Minachi S.A.	1	Microempresa
Consultrans, S.A.U.	1	Pequeña
Ferricolor & Construcciones S.A.	1	Pequeña
Censierly S.A.	1	Microempresa
Construcciones Y Servicios Servicaer Cia. Ltda.	1	Microempresa
Menyforzy S.A.	1	Microempresa
Inmobiliaria Ricajoti S.A.	1	Microempresa
Constructora Tenesaca Luna S.A.	1	Microempresa
Ingeniería Y Diseño De Telecomunicaciones I.D.T. Cia. Ltda.	1	Microempresa
Consisliv, Construcciones De Sistemas Livianos S.A.	1	Microempresa
Petreatos Del Norte Imbapetreatos Cia. Ltda.	1	Microempresa

En el año 2015 se aplicó el método de envoltura de datos a 1658 empresas resultando 12 empresas eficientes con el indicador de 1; en donde 10 fueron microempresas y 2 pequeñas; evidenciando que en este año no fueron ni medianas ni grandes empresas las eficientes.

*Tabla 12*  
*Comparación por Ingresos año 2015*

Nombre de la Empresa	Ingresos	DEA	Tamaño de la Empresa	Cod. Actividad
Construtora Norberto Odebrecht S. A.	\$512,008,098.37	0.704	Grande	F4290.93
Panamericana Vial S.A. Panavial	\$289,757,811.71	0.733	Grande	F4210.11
Hidalgo E Hidalgo S.A. Herdoiza Crespo	\$246,470,532.33	0.692	Grande	F4210.11
Construcciones S.A.	\$184,911,705.21	0.662	Grande	F4210.12
Constructora Amay C. Ltda. Compañía De Servicios Y Construcciones Minachi S.A.	\$787,382.16	1	Microempresa	F4210.11
Consultrans, S.A.U. Ferricolor & Construcciones S.A.	\$487,471.94	1	Microempresa	F4210.12
	\$133,881.59	1	Pequeña	F4100.20
	\$109,750.73	1	Pequeña	F4100.10
Censierly S.A. Construcciones Y Servicios	\$105,933.63	1	Microempresa	F4100.10
Servicaer Cia. Ltda.	\$80,257.30	1	Microempresa	F4210.11
Menyforzy S.A.	\$73,226.53	1	Microempresa	F4100.10
Inmobiliaria Ricajoti S.A. Constructora Tenesaca	\$59,749.97	1	Microempresa	F4210.11
Luna S.A. Ingenieria Y Diseño De Telecomunicaciones I.D.T. Cia. Ltda.	\$59,456.78	1	Microempresa	F4100.10
	\$45,360.46	1	Microempresa	F4220.20
Consisliv, Construcciones De Sistemas Livianos S.A.	\$44,215.78	1	Microempresa	F4290.11
Petres Del Norte Imbapetres Cia. Ltda.	\$43,692.42	1	Microempresa	F4100.10

De las 1658 empresas del año 2015, se referencia las 4 empresas con mayor nivel de ingreso del total de empresas; evidenciando que ninguna de ellas es eficiente; a pesar de ser parte del grupo de las grandes empresas; por otra parte, se observa que del grupo de las empresas eficientes la de mayor ingreso es una microempresa. Además, se identifica que la actividad con más empresas eficientes, es la de construcción de todo tipo de edificios



residenciales: casas familiares, viviendas para ancianos, casas para beneficencia, orfanatos, cárceles.

*Tabla 13*  
*Eficiencia de las Empresas año 2016*

Nombre de la Empresa	DEA	Tamaño de la Empresa
Constructora Vial Carrera & Asociados Convialcar S.A.	1	Pequeña
Obras-Equipos-Minería Obremin Cia. Ltda.	1	Pequeña
Compania De Construcciones J.C.L. S.A.	1	Mediana
Groercomsa S.A.	1	Microempresa
Upperconstruction S.A.	1	Microempresa
Constructora Bahía S.A. Consbahía	1	Pequeña
Gmg Diseño Y Construcción Gmgasesores Cia.Ltda.	1	Microempresa
Ironclad Proyectos De Ingeniería Y Comercio Cia. Ltda.	1	Microempresa
Proyectos & Construcciones Prosamnini S.A.	1	Microempresa
Construcciones Constgavsa S.A.	1	Pequeña
Mymasesoria S.A.	1	Microempresa

En el año 2016 se aplicó el método de envoltura de datos a 1536 empresas del sector de la Construcción tomando en cuenta las micro, pequeñas, medianas y grandes empresas; resultando 11 eficientes; entre ellas 6 son microempresas, 4 pequeñas y 1 mediana; evidenciando que en el caso planteado no existe empresas grandes que sean eficientes.

*Tabla 14*  
*Comparación por Ingresos año 2016*

Nombre de la Empresa	Ingresos	DEA	Tamaño de la Empresa	Cod. Actividad
China Camc Engineering Co., Ltd.	\$241,142,836.87	0.7220	Grande	F4220.11
Hidalgo E Hidalgo S.A.	\$227,690,998.96	0.7000	Grande	F4210.11
Panamericana Vial S.A. Panavial	\$207,242,466.19	0.7380	Grande	F4210.11
'Consortio Línea 1" - Metro De Quito: Acciona	\$164,249,964.63	0.7040	Grande	F4210.20
Groercomsa S.A.	\$2,472,153.03	1	Mediana	F4312.04
Compania De Construcciones J.C.L. S.A.	\$1,648,539.00	1	Mediana	F4100.10
Upperconstruction S.A.	\$1,400,164.10	1	Mediana	F4220.20
Constructora Vial Carrera & Asociados Conviaicar S.A.	\$445,209.39	1	Pequeña	F4100.10
Mymasesoria S.A.	\$168,097.59	1	Pequeña	F4100.10
Gmg Diseño Y Construcción Gmgasesores Cia.Ltda.	\$131,952.86	1	Pequeña	F4100.10
Constructora Bahia S.A. Consbahia	\$100,297.90	1	Pequeña	F4210.11
Proyectos & Construcciones Prosamnini S.A.	\$80,001.45	1	Microempresa	F4210.11
Obras-Equipos-Mineria Obremin Cia. Ltda.	\$57,033.84	1	Pequeña	F4100.10
Construcciones Constgavsa S.A.	\$40,530.09	1	Pequeña	F4100.10
Ironclad Proyectos De Ingenieria Y Comercio Cia. Ltda.	\$39,998.61	1	Microempresa	F4220.11

De las 1536 empresas del año 2016, se referencia las 4 empresas con mayor nivel de ingreso del total de empresas; evidenciando que ninguna de ellas es eficiente; a pesar de ser parte del grupo de las grandes empresas;

por otra parte, se muestra las empresas que fueron eficientes; observando que de ese grupo la de mayor ingreso es una mediana. Además, se identifica que la actividad con más empresas eficientes, es la de construcción de todo tipo de edificios residenciales: casas familiares, viviendas para ancianos, casas para beneficencia, orfanatos, cárceles.

*Tabla 15*  
*Eficiencia de las Empresas año 2017*

Nombre de la Empresa	DEA	Tamaño de la Empresa
Yongping Cia. Ltda.	1	Pequeña
Constructora Alencons & Refah S.A.	1	Microempresa
Campull Construcciones Cia. Ltda.	1	Microempresa
Servigood S.A.	1	Pequeña
Green Network Telecomunicaciones S.A.	1	Microempresa
Construone S.A.	1	Pequeña

Por otra parte, en el año 2017 se aplicó el método de envoltura de datos a 1000 empresas resultando 6 empresas eficientes, en este caso 3 microempresas y 3 pequeñas; evidenciando que durante este año no existe medianas ni grandes empresas que sean eficientes.

*Tabla 16*  
*Comparación por Ingresos año 2017*

Nombre de la Empresa	Ingresos	DEA	Tamaño de la Empresa	Cod. Actividad
'Consortio Línea 1" - Metro De Quito: Acciona	\$422,204,351.48	0.6717	Grande	F4210.20
Hidalgo E Hidalgo S.A.	\$249,957,134.72	0.6323	Grande	F4210.11
China Camc Engineering Co., Ltd.	\$199,914,433.41	0.6742	Grande	F4220.11
Panamericana Vial S.A. Panavial	\$142,549,519.13	0.6468	Grande	F4210.11
China Gezhouba Group Company Limited	\$86,928,804.28	0.6323	Grande	F4290.11
Yongping Cia. Ltda.	\$500,518.58	1	pequeña	F4100.10
Servigood S.A.	\$390,975.43	1	Pequeña	F4100.20
Construone S.A.	\$278,618.85	1	Pequeña	F4100.10
Campull Construcciones Cia. Ltda.	\$54,638.83	1	Microempresa	F4100.10
Green Network Telecomunicaciones S.A.	\$40,227.25	1	Microempresa	F4321.01
Constructora Alencons & Refah S.A.	\$36,464.70	1	Microempresa	F4210.12

De las 1000 empresas del sector de la construcción se referencia las 5 empresas con mayores ingresos, evidenciado que ninguna de ellas es eficiente. Por otra parte, se identifica de las empresas eficientes las de mayor ingreso son las pequeñas, y la actividad que abarca mayor número de empresas eficientes son las encargadas de la construcción de todo tipo de

edificios residenciales: casas familiares, viviendas para ancianatos, casas para beneficencia, orfanatos, cárceles.

*Tabla 17*  
*Eficiencia de las Empresas año 2018*

Nombre de la Empresa	DEA	Tamaño de la Empresa
Redieg S.A.	1	Microempresa
Inmanser S.A.	1	Microempresa
Bryamith Cia.Ltda.	1	Microempresa
Cutaneop S.A.	1	Mediana
Buceo Industrial Y Metalmeccanica Febacruz S.A.	1	Pequeña
Constructora Onma N M Cia.Ltda.	1	Microempresa
Briocompany S.A.	1	Pequeña
Construcciones Y Servicios Zapata Gonzales Cia. Ltda.	1	Pequeña
Yerovi-Garces Constructores Cia. Ltda.	1	Mediana
Compañía Constructora Jhorj Cia. Ltda.	1	Microempresa
Servilesvamag Cia. Ltda.	1	Pequeña
Yongping Cia. Ltda.	1	Pequeña

En el año 2018 se aplicó el método de análisis de envoltura de datos en 1464 empresas del sector de la Construcción las cuales eran micro, pequeñas, medianas y grandes empresas; resultando 12 eficientes; entre ellas 5 son microempresas, 5 pequeñas y 2 medianas; evidenciando que en el caso planteado no existe empresas grandes que sean eficientes.

*Tabla 18*  
*Comparación por Ingresos año 2017*

Nombre de la Empresa	Ingreso	DEA	Tamaño	Cod. Actividad
'Consortio Línea 1" - Metro De Quito: Acciona	\$543,478,116.67	0.716	Grande	F4210.20
Hidalgo E Hidalgo S.A.	\$278,046,799.22	0.707	Grande	F4210.11
Construcciones Y Prestaciones Petroleras S.A. Cpp	\$168,458,502.25	0.71	Grande	F4100.30
China Camc Engineering Co., Ltd.	\$88,826,892.00	0.74	Grande	F4220.11
Yerovi-Garces Constructores Cia. Ltda.	\$1,787,985.28	1	Mediana	F4100.10
Cutaneop S.A.	\$1,631,809.37	1	Mediana	F4100.20
Yongping Cia. Ltda.	\$444,942.35	1	Pequeña	F4100.10
Briocompany S.A.	\$233,514.63	1	Pequeña	F4100.10
Construcciones Y Servicios Zapata Gonzales Cia. Ltda.	\$189,965.93	1	Pequeña	F4210.12
Servilesvamag Cia. Ltda.	\$185,888.07	1	Pequeña	F4100.10
Buceo Industrial Y Metalmeccanica Febacruz S.A.	\$100,398.24	1	Pequeña	F4290.11
Inmanser S.A.	\$80,265.89	1	Microempresa	F4321.01
Bryamith Cia.Ltda.	\$70,756.52	1	Microempresa	F4330.41
Constructora Onma N M Cia.Ltda.	\$59,438.65	1	Microempresa	F4290.92
Compañía Constructora Jhorj Cia. Ltda.	\$24,572.91	1	Microempresa	F4100.10
Redieg S.A.	\$13,928.61	1	Microempresa	F4100.10

De las 1464 empresas del año 2018, se referencia las 4 empresas con mayor nivel de ingreso del total de empresas; evidenciando que ninguna de ellas es eficiente; a pesar de ser parte del grupo de las grandes empresas; por otra parte, se muestra las empresas que fueron eficientes; observando que las que poseen mayor ingreso en el grupo de las empresas eficientes son

las medianas. Así también de la actividad que se repiten con mayor frecuencia dentro del grupo de empresas eficientes son las de construcción de todo tipo de edificios residenciales: casas familiares, viviendas para ancianos, casas para beneficencia, orfanatos, cárceles.

### **Modelo Panel Logit**

#### **Modelo 1 Variable Eficiencia Técnica con variable de control periodo de gobierno**

Se analiza el análisis de la eficiencia técnica con la inclusión de la variable de control referente al periodo de gobierno, estipulando como 1 al periodo del presidente Econ. Rafael Correa en los periodos 2015-2016 mientras que 0 al gobierno del Lic. Lenin Moreno durante los periodos 2017-2018.

*Tabla 19*  
*Estadística Descriptiva del Modelo*

---

<u>Regression Analysis</u>	
Number of obs	= 5,658
F(4, 5653)	= 80.57
Prob > F=	0
R-squared=	0.054
Adj R-squared=	0.053
Root MSE=	0.082

---

Tabla 20  
Anova del Modelo

Source	SS	df	MS
Model	2.14206344	4	0.53551586
Residual	37.5751511	5,653	0.00664694
Total	39.7172146	5,657	0.0070209

Tabla 21  
Estimación de Parámetros

Y	Coef.	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]
Ingresos	0.0235	0.00179	13.09	0	0.01999 0.0270
Activo No Corriente	-0.0076	0.00059	-12.96	0	-0.0088 -0.0065
Costo de Venta	-0.0176	0.00136	-12.95	0	-0.0203 -0.0150
Periodo de Gobie.	0.0004	0.00218	0.19	0.84 9	-0.0038 0.0047
_cons	0.0043	0.00929	0.47	0.63 7	-0.0138 0.0226

Se presenta el siguiente modelo de regresión en donde se utilizó 5658 empresas pertenecientes a los años 2015 al 2018; la variable dependiente es el DEA y las variables independientes son Ingreso, Costo de Venta, Activo no Corriente y la variable de control periodo de Gobierno; se encuentra como resultado que la variable de control posee un Pvalue de 0.849 por lo tanto no es significativa para el modelo.

Además, se determina que tanto el Activo no Corriente como el Costo de Venta tienen una relación inversamente proporcional con un coeficiente de -0.0076868 y -0.0176834 respectivamente.



*Tabla 22*  
*VIF Modelo*

Variable	VIF	1/VIF
Ingreso	7.43	0.134593
Costo de Venta	6.39	0.156445
Activo no Corriente	1.64	0.609716
Periodo de Gobierno	1	0.998285
Mean VIF	4.12	

En cuanto a la estimación realizada es necesario determinar si existe problemas de dependencia entre las variables predictoras, por lo tanto, se identificó mediante el cálculo del Factor de Inflación de la Varianza (VIF) que no existe multicolinealidad puesto que la media del VIF es igual a 4.12. De acuerdo a Vega y Guzmán (2011) muestra como “regla general, si  $VIF_j \geq 10$ , entonces existe multicolinealidad” (p.10).

*Tabla 23*  
*Estadística Descriptiva Modelo Logit*

Regression Analysis	
Number of obs=	5,658
LR chi2(4)=	171.17
Prob > chi2=	0
Pseudo R2=	0.3597

Tabla 24  
Estimación de Parámetros Modelo Logit

Y	Coef.	Std. Err.	z	P>z	[95% Conf. Interval]	
Ingreso	0.8536	0.1903312	4.49	0	0.4806	1.226688
Act. No Cte.	-0.7606	0.081609	-9.32	0	-0.9205	0.6006853
Costo de Vta	-0.7096	0.0890981	-7.96	0	-0.8842	0.5350032
Periodo de Gob.	0.1538	0.3634761	0.42	0.672	-0.5585	0.8662304
_cons	-0.8004	1.720658	-0.47	0.642	-4.1728	2.571962

En la estimación logística de los Ingresos, Activo no Corriente, Costo de Venta se determina que si influyen en el DEA, por lo tanto, son significativos, además que el Activo no corriente y costo de venta tiene una relación inversamente proporcional con respecto a la eficiencia técnica, demostrando que al aumentar el costo de Venta la probabilidad de la empresa de ser eficiente disminuye 0.71; mientras que si aumenta los activos no corriente la probabilidad de una empresa de ser eficiente disminuye en 0.76.

Classified	True		Total
	D	~D	
+	7	2	9
-	33	5616	5649
Total	40	5618	5658

Figura 4 Clasificación Modelo 1

*Tabla 25*  
*Clasificación Modelo Logit*

Sensitivity	Pr( + D)	17.50%
Specificity	Pr( --D)	99.96%
Positive predictive value	Pr( D +)	77.78%
Negative predictive value	Pr(~D -)	99.42%
False + rate for true ~D	Pr( +~D)	0.04%
False - rate for true D	Pr( - D)	82.50%
False + rate for classified +	Pr(~D +)	22.22%
False - rate for classified -	Pr( D -)	0.58%
Correctly classified		99.38%

*Tabla 26*  
*Prueba de Hosmer-Lemeshow*

Hosmer-Lemeshow	
Number of observations =	5658
Number of groups=	10
Hosmer-Lemeshow chi2(8)=	5.03
Prob > chi2=	0.754

Para determinar si existe la bondad de ajuste de la regresión logística se realizó la prueba de Hosmer-Lemeshow en donde la hipótesis nula es que no hay diferencias entre los valores observados y los valores pronosticados, por lo tanto, el P Value al ser mayor a 0.05 no se rechaza la hipótesis nula, es decir tiene un buen ajuste el modelo.

**Modelo 2 Variable Eficiencia Técnica con variable de control gasto en obra publica**

*Tabla 27  
Estadística Descriptiva Modelo 2*

Regression Analysis	
Number of obs =	5,658
F(5, 5652)=	64.47
Prob > F=	0
R-squared=	0.054
Adj R-squared=	0.0531
Root MSE	0.08153

*Tabla 28  
Anova del Modelo*

Source	SS	df	MS
Model	2.14307445	5	0.428614889
Residual	37.5741401	5,652	0.006647937
Total	39.7172146	5,657	0.007020897

*Tabla 29  
Estimación de Parámetros Modelo 2*

Y	Coef.	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]	
Ingreso	0.0235	0.0017	13.09	0	0.0200	0.0270
Act. No Cte	-0.0076	0.0005	-12.96	0	-0.0088	-0.0065
Costo de Vta	-0.0177	0.0013	-12.95	0	-0.0203	-0.0150
Periodo de Gob.	-0.00014	0.0026	-0.05	0.958	-0.0052	0.0049
Gasto Pública	Obra 0.00078	0.0020	0.39	0.697	-0.0031	0.0047
_cons	-0.0111	0.0409	-0.27	0.785	-0.0915	0.0691

En el siguiente modelo de regresión se utilizó 5658 empresas pertenecientes a los años 2015 al 2018; la variable dependiente es el DEA y las variables independientes son Ingreso, Costo de Venta, Activo no Corriente y la variable de control Gasto en obra pública; se encuentra como resultado que la variable de control con coeficiente de 0.000782, posee un Pvalue de 0.697 por lo tanto no es significativa para el modelo.

Además, se determina que tanto el Activo no Corriente como el Costo de Venta tienen una relación inversamente proporcional con un coeficiente de -0.00769 y -0.0177 respectivamente.

*Tabla 30*  
*VIF Modelo 2*

Variable	VIF	1/VIF
Ingreso	7.43	0.134521
Costo de Vta	6.4	0.156364
Act. No Cte	1.64	0.609673
Periodo de Gob.	1.42	0.702831
Gasto en Obra Publica	1.42	0.703247
Mean VIF	3.66	

Además, se realizó el cálculo de la inflación de la varianza determinando que la media del VIF es de 3.66 por lo tanto, no existe multicolinealidad en el modelo planteado.

*Tabla 31*  
*Estadística Descriptiva Modelo Logit 2*

Regression Analysis	
Number of obs=	5,658
LR chi2(5)=	171.89
Prob > chi2=	0
Pseudo R2=	0.3612

*Tabla 32*  
*Estimación de Parámetros Modelo Logit 2*

Y	Coef.	Std. Err.	z	P>z	[95% Conf.Interval]	
Ingreso	0.87245	0.19295	4.52	0	0.49426	1.25064
Act. No Cte	-0.76488	0.08209	-9.32	0	-0.9257	-0.6039
Costo de Vta	-0.7204	0.09043	-7.97	0	-0.8976	-0.5431
Periodo de Gob.	-0.03822	0.4386	-0.09	0.93	-0.8979	0.82146
Gasto Obra Públicas	0.26911	0.31860	0.84	0.39	-0.3553	0.89356
_cons	-6.2295	6.65516	-0.94	0.34	-19.273	6.81438

En la estimación logística de los Ingresos, Activo no Corriente y Costo de Venta se determina que si influyen en el DEA por lo tanto, son significativos mientras que el gasto de gobierno no incide en el modelo. Además, el Activo no corriente y costo de venta tiene una relación inversamente proporcional con respecto a la eficiencia técnica, demostrando que al aumentar el costo de Venta la probabilidad de la empresa de ser eficiente disminuye 0.72; mientras

que si aumenta los activos no corrientes la probabilidad de una empresa de ser eficiente disminuye en 0.76

Classified	True		Total
	D	~D	
+	7	2	9
-	33	5616	5649
Total	40	5618	5658

Figura 5 Clasificación Modelo 2

Tabla 33  
Clasificación Modelo Logit 2

Sensitivity	Pr( + D)	17.50%
Specificity	Pr( --D)	99.96%
Positive predictive value	Pr( D +)	77.78%
Negative predictive value	Pr(~D -)	99.42%
False + rate for true ~D	Pr( +~D)	0.04%
False - rate for true D	Pr( - D)	82.50%
False + rate for classified +	Pr(~D +)	22.22%
False - rate for classified -	Pr( D -)	0.58%
Correctly classified		99.38%

*Tabla 34*  
*Prueba de Hosmer-Lemeshow*

Hosmer-Lemeshow	
Number of observations=	5658
Number of groups=	10
Hosmer-Lemeshow chi2(8)=	5.1
Prob > chi2=	0.7466

Se realizó la prueba de Hosmer-Lemeshow para determinar si el modelo posee un buen ajuste y al rechazarse la hipótesis nula se determina que existe un buen ajuste el modelo.

### **Modelo 3 Variable Eficiencia Técnica**

En el siguiente modelo se considerará las siguientes variables independiente: ROE, ROA, Ingreso, Activo No Corriente, Costo de Venta, periodo de gobierno y gasto obra pública.

*Tabla 35*  
*Estadística Descriptiva Modelo 3*

Regression Analysis	
Number of obs =	5,658
F(5, 5652)=	106.21
Prob> F=	0
R-squared=	0.0859
Adj R-squared=	0.0851
Root MSE=	0.08015



Tabla 36  
Anova Modelo 3

Source	SS	df	MS
Model	3.41115525	5	0.682231051
Residual	36.3060593	5,652	0.006423577
Total	39.7172146	5,657	0.007020897

Tabla 37  
Análisis Parámetros Modelo 3

Y	Coef.	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]	
Roe	0.00228	0.00071	3.18	0.0010	0.00087	0.00369
Roa	0.08550	0.0065	13.16	0.0000	0.072766	0.09825
Ingresos	0.01983	0.00178	11.11	0.0000	0.016339	0.02333
Act. No Cte	0.00471	0.00062	-7.6	0.0000	0.005927	0.00349
Costo de Vta	0.01656	0.00134	-12.32	0.0000	0.019203	0.01392
_cons	0.00567	0.00904	-0.63	0.5300	0.023413	0.01205

En el siguiente modelo se determina que tanto el Roe como el Roa tienen una relación directamente proporcional en relación a la eficiencia técnica, en el caso del Roe teniendo el estadístico PValue de 0.001 determinando que la variable es significativa, de igual manera el Roa es significativo con un PValue de 0.00.

*Tabla 38*  
*VIF Modelo 3*

Variable	VIF	1/VIF
Ingreso	7.59	0.131738
Costo de Vta	6.42	0.155849
Activo No Cte	1.86	0.538913
Roa	1.14	0.873899
Roe	1.04	0.961304
Mean VIF	3.61	

Se realizó el cálculo de la inflación de la varianza dando como resultado la media del VIF de 3.61 por lo tanto, el modelo no tiene problemas de multicolinealidad.

*Tabla 39*  
*Estadística Descriptiva Modelo Logit 3*

Regression Analysis	
Number of obs=	5,658
LR chi2(7)=	219.07
Prob > chi2=	0
Pseudo R2=	0.4604

Tabla 40  
Análisis Parámetros Modelo Logit 3

Y	Coef.	Std. Err.	z	P>z	[95% Conf. Interval]	
Roe	0.116132	0.035829	3.24	0.001	0.045909	0.186354
Roa	2.714569	0.45085	6.02	0.000	1.830919	3.59822
Ingresos	0.842963	0.204402	4.12	0.000	0.442343	1.243582
Act. No Cte	-0.7593	0.093698	-8.1	0.000	-0.94295	-0.57565
Costo de Vta	-0.76687	0.09707	-7.9	0.000	-0.95712	-0.57662
_cons	-0.92754	1.856585	-0.5	0.617	-4.56638	2.711305

En la estimación logística del Roe, Roa, Ingresos, se determina que son variables que influyen directamente proporcional en la eficiencia técnica; mientras que el Activo no Corriente y Costo de Venta, son inversamente proporcional a la eficiencia técnica, bajo ese análisis se evidencia que las variables mencionadas son significativas mientras que el periodo de gobierno y gasto en obra pública no incide en el modelo.

Por otro lado, se establece que si se aumenta el costo de Venta la probabilidad de la empresa de ser eficiente disminuye 0.77; mientras que si aumenta los activos no corrientes la probabilidad de una empresa de ser eficiente disminuye en 0.75.

Classified	True		Total
	D	~D	
+	10	3	13
-	30	5615	5645
Total	40	5618	5658

Figura 6 Clasificación Modelo 3

*Tabla 41*  
*Clasificación Modelo Logit 3*

Sensitivity	Pr( + D)	25.00%
Specificity	Pr( --D)	99.95%
Positive predictive value	Pr( D +)	76.92%
Negative predictive value	Pr(~D -)	99.47%
False + rate for true ~D	Pr( +~D)	0.05%
False - rate for true D	Pr( - D)	75.00%
False + rate for classified +	Pr(~D +)	23.08%
False - rate for classified -	Pr( D -)	0.53%
Correctly classified		99.42%

*Tabla 42*  
*Prueba de Hosmer - Lemeshow*

Hosmer-Lemeshow	
Number of observations =	5658
Number of groups =	10
Hosmer-Lemeshow chi2(8) =	7.13
Prob > chi2 =	0.5225

Se realizó la prueba de Hosmer- Lemeshow para determinar el ajuste del modelo, en este caso se rechaza la hipótesis nula por lo tanto el modelo posee de un buen ajuste.

## Escenarios para alcanzar la eficiencia

Se plantea dos escenarios para que una empresa logre eficiencia técnica; un escenario pesimista con los siguientes supuestos: con un Roe de 0.85, un Roa de 0.75, la empresa debería tener ingresos de \$ 162 754.79, activos no corrientes \$20.09 y un costo de venta de \$ 59 874.14.

Por otra parte, en el escenario optimista se plantean los siguientes supuestos: Roe de 0.98, Roa de 0.96, con ingresos de \$ 442 413.39, activos no corrientes de \$ 2.72 y costo de venta de \$ 156 373.08.

*Tabla 43*  
*Escenarios de Probabilidad de Eficiencia Técnica*

Escenario	Probabilidad
Pesimista	64.78%
Optimista	94.37%

En la tabla 43. Se evidencia la probabilidad para que una empresa logre la eficiencia bajo los supuestos planteados; en donde en un escenario favorable la empresa tendría una probabilidad del 94.37% de obtener la eficiencia técnica; es decir tener mayores ingresos con un activo corriente mínimo y un costo de venta que represente el 35.35% del total de los ingresos.

### 4.1 Propuesta de Acción

Considerando que el sector de la Construcción a diferencia de otros sectores, se identifica por tener actividades dispersas, diversas y distintas conlleva a que la gestión de la calidad en el entorno de la construcción sea más difícil, por lo tanto el mencionado sector se encuentra vulnerable frente

a las fluctuaciones que se presente en la economía del país, por ello es necesario la intervención del Gobierno con políticas públicas que permitan a las empresas mantenerse en el mercado y alcanzar la eficiencia técnica.

Además, considerado la petición realizada por la CAMICON (2017); en donde ellos estipulan que debe adoptarse políticas que ayuden a fomentar el dinamismo en el mencionado sector; como también tratar de regular o tratar de erradicar los actos de corrupción. Asimismo, evidencia que una de las formas en las que el sector de la construcción en años atrás logro tener una fuerte intervención en la economía fue cuando se dio la participación del Banco Ecuatoriano de Seguridad Social (BIESS) a través del financiamiento de créditos hipotecarios a sus afiliados, y mediante esta medida lograron crear fuentes de empleo y dinamizar otros sectores que se relacionan en la dotación de insumos con respecto al sector analizado en la presente investigación.

Por consiguiente, tomando en cuenta lo antes mencionado y referenciando que el hecho de otorgar créditos ayuda a las empresas, además cabe destacar que basándose en los resultados obtenidos las empresas que han sido eficientes en su mayoría son micro y pequeñas empresas, que necesitan de financiamiento para seguir expandiéndose en la industria de la construcción, por ese motivo es necesario la aplicación de políticas públicas que encaminen a los Bancos a otorgar créditos a empresas del mencionado sector, pero que los créditos lleven bajas tasas de interés y sea fácil de adquirirlo, y que se tenga en cuenta las empresas que se dedican a la *construcción de todo tipo de edificios residenciales: casas familiares, viviendas para ancianos, casas para beneficencia, orfanatos, cárceles*, ya que varias de las empresas dedicadas a esa actividad resultaron ser

eficientes. Teniendo como probabilidad del 94.37% que una empresa sea eficiente es necesario que el costo de ventas sea el 35.35% del total de ingresos, además de tener un bajo activo no corriente y altos indicadores de rentabilidad. Esta información podría ser utilizada para otorgar créditos de manera eficaz a empresas y permitir que el sector tenga un mayor impacto en la economía ecuatoriana.

## 5 CONCLUSIONES

El sector de la construcción en el país representa alrededor del 9% al 10% del PIB, por lo tanto, es uno de los generadores claves de la economía a nivel nacional. En el mundo este sector representa alrededor del 3% del PIB. Sin embargo, este sector presenta diversos problemas como la ineficiencia en la ejecución de proyectos, falta de calidad en los trabajos, entre otros.

Por ello, se analizó diversas teorías económicas referentes a la medición de la eficiencia técnica, las cuales fueron estudiadas inicialmente en 1951 por Pareto explica su método óptimo en pleno mitad del siglo xx, seguido en el mismo período 1951 por Koopmans y Debreu la teoría de la ineficiencia técnica y de asignación. Luego en 1957, Michael Farrell explica que la eficiencia permite la inclusión de múltiples insumos y productos. Después, en 1966 Leibstein menciona la eficiencia X, que indica la inversión en costos para obtener unos altos ingresos. Pero la teoría más significativa para explicar la eficiencia técnica fue presentada en 1978 por Charnes, Rhodes y Cooper a través del método envolvente de datos.

El método envolvente de Datos (DEA) ha sido aplicado en diversos campos alrededor del mundo, en el sector hotelero en 2018 estudio realizado por Pulina y Santoni, Salud, Agricultura, Construcción, entre otros. Uno de los estudios más significativos en el sector de análisis fue realizado en Europa por Nazarko y Chodakowska en 2015 en 25 estados europeos. Por otro lado, en Latinoamérica y a nivel de país son pocos los estudios realizados aplicando DEA y siendo el sector de la construcción, sector a analizar.



Se aplicó el método DEA al sector de la construcción en el país en los períodos 2015-2018, usando datos de corte transversal, con el método lógico deductivo e información secundaria. Aplicando Logit para modelar los datos atípicos. Se usó el software gretl para los estadísticos descriptivos. Mientras que para la obtención de resultados se aplicó el DEA, se usó Rstudio, y Stata.

Los resultados arrojaron que, en el 2015, 12 empresas eran eficientes con el valor exacto de 1, y en el 2018 también hubo 12 empresas eficientes. También se puede inferir que las variables de salida: Ingresos, rentabilidad económica y rentabilidad financiera se movieron a la par que las variables de entrada: gasto en sueldos, costo de venta. Porque mayor inversión de las empresas en sus recursos, mayor rentabilidad o retorno económico.

A su vez se aplicó el logit panel en stata con el total de 5658 empresas en conjunto de los 4 años de período de análisis, en el cual los resultados arrojaron que existe un adecuado ajuste en el modelo. Es decir, los datos son robustos y las empresas que son técnicamente eficiente en el uso de los recursos con las variables inputs y outputs en los períodos analizados son las microempresas y pequeñas empresas.

Mientras las grandes empresas a pesar de sus altos niveles de ingresos deben mejorar en cuanto al uso de sus recursos. Tanto en los períodos de auge 2015- 2016 y los períodos de escases solo 12 empresas del total resultaron ser eficientes y corresponden al grupo de micro y pequeñas empresas.

Por ello se recomendarán políticas públicas para mejorar la inversión en este sector debido a que el sector público destina sus recursos en

alrededor del 80% para el manejo y dinamismo de este sector. Y el sector civil o privado 20%.

## **5.1 Recomendaciones**

En referencia a los resultados obtenidos del trabajo de investigación se recomienda que futuras investigaciones determinen factores que no permiten a las empresas grandes ser eficientes; para ello es necesario aplicación de encuestas y tomar en cuenta las externalidades en cuanto a los bienes públicos que se presentan en el país.

Además, al grupo de empresas ineficientes se les recomienda un mejor manejo en el costo de venta, ya que incide de manera negativa al momento de alcanzar la eficiencia, es decir a un mayor nivel de costo de venta menor probabilidad de alcanzar la eficiencia, como también es necesario que exista una mayor liquidez en la empresa por lo tanto mayor nivel de activos a corto plazo.

## 6 Referencias

- Ahmed, S., Hasan, M., MacLennan, M., Dorin, F., Ahmed, M., Hasan, M., . . . Khan, J. (26 de Marzo de 2019). *Measuring the efficiency of health systems in Asia: a data envelopment analysis*. doi:10.1136/bmjopen-2018-022155
- Ahn, T., Charnes, A., & Cooper, W. (1988). Efficiency characterizations in different DEA models. *Socio-Economic Planning Sciences*, 22(6), 253-257. doi:https://doi.org/10.1016/0038-0121(88)90007-9
- Ahn, T., Charnes, A., & Cooper, W. (1988). Some statistical and DEA evaluations of relative efficiencies of public and private institutions of higher learning. *Socio-Economic Planning Sciences*, 22(6), 256-269. doi:https://doi.org/10.1016/0038-0121(88)90008-0
- Akcay, A., Ertek, G., & Buyukozkan, G. (2012). Analyzing the solutions of DEA through information visualization and data mining techniques: SmartDEA framework. *Expert Systems with Applications*, 39(9), 7763-7775. doi:https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.01.059
- Alamitu Guyo, J. (Octubre de 2014). *Effect of technology adption on operational efficiency of commercial banks in Kenya*. Obtenido de [http://erepository.uonbi.ac.ke/bitstream/handle/11295/76654/Guyo\\_Effect%20of%20technology%20adoption.pdf?sequence=3](http://erepository.uonbi.ac.ke/bitstream/handle/11295/76654/Guyo_Effect%20of%20technology%20adoption.pdf?sequence=3)
- Araujo Jr, A., Guaimares Nogueira, D., & Djissey Shikida, C. (2012). Analysis of the efficiency of national civil construction firms. *Brazilian Business Review*, 9(3), 45-70. doi:DOI: 10.15728/bbr.2012.9.3.3
- Aronsson, T., & Löfgren, K.-G. (2007). Welfare Theory: History and Modern Results. *Department of Economics Umeå University*. Obtenido de [http://www.usbe.umu.se/digitalAssets/8/8218\\_ues726.pdf](http://www.usbe.umu.se/digitalAssets/8/8218_ues726.pdf)
- Banker, R., Chang, H., & Cooper, W. (1996). Chapter 11 Simulation studies of efficiency, returns to scale and misspecification with nonlinear functions in DEA. *Annals of Operations Research*, 66, 231-253. doi:https://doi.org/10.1007/BF02187300

- Banker, R., Charnes, A., & Cooper, W. (Septiembre de 1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092. doi:<https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- Banker, R., Charnes, A., Cooper, W., & Maindiratta, A. (1988). A Comparison of DEA and Translog Estimates of Production Frontiers Using Simulated Observations from a Known Technology. *Studies in Productivity Analysis*, 33-55. doi:[https://doi.org/10.1007/978-94-009-3253-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-009-3253-1_2)
- Bardhan, I., Cooper, W., & Kumbhakar, S. (Marzo de 1998). A Simulation Study of Joint Uses of Data Envelopment Analysis and Statistical Regressions for Production Function Estimation and Efficiency Evaluation. *Journal of Productivity Analysis*, 9(3), 249-278. doi:<https://doi.org/10.1023/A:1018339122236>
- Benneyan, J., Sunnetci, A., & Ceyhan, M. (2008). Data envelopment analysis models for identifying and benchmarking the best healthcare processes. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 4(3), 305. doi:10.1504/ijssca.2008.021842
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación: Administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (Tercera ed.). (O. Fernández, Ed.) Colombia: Pearson Educación.
- Boscá, J., Liern, V., Sala, R., & Martínez, A. (2011). Ranking decision making units by means of soft computing dea models. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 19(1), 115-134. doi:<https://doi.org/10.1142/S0218488511006915>
- Buitrago, O. Y., Espitia, A. A., & Molano, L. G. (2017). Análisis envolvente de datos para la medición. *Revista Científica General José María Córdova*, 15(19), 47-173. doi:<http://dx.doi.org/10.21830/19006586.84>
- Burgos, K. O., G, V. S., & Villegas., A. M. (2016). *La construcción alrededor del mundo*.

- Button, K., & Weyman-Jones, T. (1994). X-efficiency and technical efficiency. *Public Choice*, 80(1-2), 83-104. doi:<https://doi.org/10.1007/BF01047949>
- Camicom. (2017). *La Cámara De La Industria De La Construcción* . Obtenido De [Http://Www.Camicon.Ec/Wp-Content/Uploads/2017/03/Propuesta-Camicon-Presidenciales.Pdf](http://www.camicon.ec/Wp-Content/Uploads/2017/03/Propuesta-Camicon-Presidenciales.Pdf)
- Chamkhorami, K., Hosseinzadeh, F., Reza , G., & Rostamy, M. (2019). Preserving cost and revenue efficiency through inverse data envelopment analysis models. *Information Systems and Operational Research*. doi:<https://doi.org/10.1080/03155986.2019.1627780>
- Charnes, A., & Cooper, W. (1980). Auditing and accounting for program efficiency and management efficiency in not-for-profit entities. *Accounting, Organizations and Society*, 5(1), 87-107. doi:[https://doi.org/10.1016/0361-3682\(80\)90025-2](https://doi.org/10.1016/0361-3682(80)90025-2)
- Charnes, A., Cooper, W., & Li, S. (Abril de 1989). Using Data Envelopment Analysis to Evaluate Efficiency in the Economic performance of chinese cities. *Socio-Economic Planning Sciences*, 23(6), 325-344. doi:[10.1016/0038-0121\(89\)90001-3](https://doi.org/10.1016/0038-0121(89)90001-3)
- Charnes, A., Cooper, W., & Seiford, B. G. (1985). Foundations Of Data Envelopment Analysis For Pareto-Koopmans Efficient Empirical Production Functions. *Center For Cybernetic Studies*. Obtenido de <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a154244.pdf>
- Charnes, A., Cooper, W., & Thrall, R. (1986). Classifying and characterizing efficiencies and inefficiencies in data development analysis. *Operations Research Letters*, 5(3), 105-110. doi:[https://doi.org/10.1016/0167-6377\(86\)90082-9](https://doi.org/10.1016/0167-6377(86)90082-9)
- Charnes, A., Cooper, W., & Thrall, R. (1991). A structure for classifying and characterizing efficiency and inefficiency in Data Envelopment Analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 2(3), 197-237. doi:<https://doi.org/10.1007/BF00159732>

- Charnes, A., Cooper, W., Seiford, L., & Stutz, J. (1982). A multiplicative model for efficiency analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, 16(5). doi:[https://doi.org/10.1016/0038-0121\(82\)90029-5](https://doi.org/10.1016/0038-0121(82)90029-5)
- Charnés, A., Rosseau, J., & Semple, J. (Marzo de 1996). Sensitivity and stability of efficiency classifications in Data Envelopment Analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 7, 5-18. doi:<https://doi.org/10.1007/BF00158473>
- Chau, K., Wang, Y., Poon, S., & Lu, L. (2005). Technological Progress and the Productive Efficiency of Construction Firms in Hong Kong, 1981-2001. *Journal of Construction Research*, 6(2), 195-207. doi:10.1142/S1609945105000390
- Chen, Y., Liu, B., Shen, Y., & Wang, X. (2016). The Energy Efficiency of China's Regional Construction Industry Based on the Three-stage DEA Model and the DEA-DA Model. *KSCIE Journal of Civil Engineering*, 20(1), 34-47. doi:<https://doi.org/10.1007/s12205-015-0553-3>
- Chiang, Y. H., Li, J., Choi, T. N., & Man, K. F. (2013). Evaluating construction contractors' efficiency in Hong Kong using Data Envelopment Analysis Assurance Region model. *Journal of Facilities Management*, 11(1), 52 - 68. doi:10.1108/14725961311301466
- Choy, C. F. (2008). Productive efficiency of Malaysian construction sector. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/239919065\\_Productive\\_Efficiency\\_Of\\_Malaysian\\_Construction\\_Sector](https://www.researchgate.net/publication/239919065_Productive_Efficiency_Of_Malaysian_Construction_Sector)
- Christopoulos, A. G., Dokas, I. G., Katsimardou, S., & Vlachogiannatos, Konstantinos. (2016). Investigation of the relative efficiency for the Greek listed firms of the construction sector based on two DEA approaches for the period 2006–2012. *Oper Res Int J*, 16, 423–444. doi:10.1007/s12351-015-0207-8
- Coelli, T. (1996). *A guide to DEAP Version 2.1 A Data Envelopment Analysis (Computer) Program*.

- Coffey, D. (6 de 2018). *Banking Efficiency within the World's Largest Banks: Application of Data Envelopment Analysis to the Global Financial Crisis of 2008*. Obtenido de <https://digitalworks.union.edu/theses/1635>
- Collier, T., Johnson, A., & Ruggiero, J. (2011). Technical efficiency estimation with multiple inputs and multiple outputs using regression analysis. *European Journal of Operational Research*, 208(2), 153-160. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.08.024>
- Construcción, F. I. (2018). *La Evolución Económica de los Países Miembros de la FIIC : 2017-2018*. Obtenido de [https://www.fiic.la/Documentos/LXXIX%20Reunion-de-Consejo-Directivo-FIIC-9-octubre-2018-Peru/La-Evolucion-Economica-de-los-Paises-Miembros-de-la-FIIC-2017-2018\\_Presentacion-Ejecutiva\\_Definitiva-25\\_09\\_2018\\_1.pdf](https://www.fiic.la/Documentos/LXXIX%20Reunion-de-Consejo-Directivo-FIIC-9-octubre-2018-Peru/La-Evolucion-Economica-de-los-Paises-Miembros-de-la-FIIC-2017-2018_Presentacion-Ejecutiva_Definitiva-25_09_2018_1.pdf)
- Cook, W., Kazakov, A., Roll, Y., & Seiford, L. (1991). A data envelopment approach to measuring efficiency: Case analysis of highway maintenance patrols. *The Journal of Socio-Economics*, 20(1), 83-103. doi:[https://doi.org/10.1016/1053-5357\(91\)90019-P](https://doi.org/10.1016/1053-5357(91)90019-P)
- Cordova León, J., Duque Espinoza, G., & Álvarez Arguello, C. (2018). Comportamiento asimétrico de los costos en el sector de la construcción del Ecuador. *Tendencias*, 19(2), 74-91. doi:<https://doi.org/10.22267/rtend.181902.98>
- Córdova, F., & Alberto, F. (Abril de 2018). Measurement of efficiency in the construction industry and its relationship with working capital. *Revista ingeniería de construcción*, 33(1). doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000100069>
- Córdova, J., & Alberto, C. (Abril de 2018). Measurement of efficiency in the construction industry and its. *Revista Ingeniería de Construcción*, 33(1), 69-82. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v33n1/0718-5073-ric-33-01-00069.pdf>

- De Jorge Moreno, J., López Robayo, O., & Díaz Castro, J. (2020). *Productividad, eficiencia y sus factores explicativos en el sector de la construcción en Colombia 2005-2010*. doi:<http://dx.doi.org/10.15446/cuad.econ.v33n63.45347>
- Debreu, G. (1951). The Coefficient of Resource Utilization. *Journal in JSTOR*, 19(3), 273-292. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/1906814> .
- Debreu, G. (1954). Valuation equilibrium and pareto optimum. *Cowles Commission for reserch in economics*, 40, 588-592. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC528000/pdf/pnas00734-0050.pdf>
- Deyneli, F. (2011). Analysis of relationship between efficiency of justice services and salaries of judges with two-stage DEA method. . *European Journal of Law and Economics*, 34(3), 477-493. doi:10.1007/s10657-011-9258-3
- Dong, F., Long, R., Bian, Z., Xu, X., Yu, B., & Wang, Y. (2017). Applying a Ruggiero three-stage super-efficiency DEA model to gauge regional carbon emission efficiency: evidence from China. *Nat Hazards*, 87, 1453–1468. doi:<https://doi.org/10.1007/s11069-017-2826-2>
- Durand, R., & Vargas, V. (Marzo de 2003). Ownership, organization, and private firms' efficient use of resources. *Strategic Management Journal*, 24(7), 667-675. doi:<https://doi.org/10.1002/smj.321>
- Erkoc, T. (2012). Estimation Methodology of Economic Efficiency: Stochastic Frontier Analysis vs Data Envelopment Analysis. *International Journal of Academic Research in Economics and Management Sciences*, 1(1).
- Fare, R., & Grosskopf, S. (Marzo de 2000). Theory and Application of Directional Distance Functions. *Journal of Productivity Analysis*, 93-103. doi:<https://doi.org/10.1023/A:1007844628920>
- Fare, R., & Knox Lovell, C. (s.f.). Measuring the Technical Effkiency of Production. *Journal of economic t'heory*, 150-162. doi:DOI: 10.1016 / 0022-0531 (78) 90060-1



- Fare, R., Grabowski, R., Grosskopf, S., & Kraft, S. (1997). Efficiency of a fixed but allocatable input: A non-parametric approach. *Economics Letters*, 56(2), 187-193. doi:[https://doi.org/10.1016/S0165-1765\(97\)81899-X](https://doi.org/10.1016/S0165-1765(97)81899-X)
- Fasasi, A. (2017). Technical Efficiency in Food Crop Production in Oyo State, Nigeria. *Journal of Human Ecology*, 22(3), 245-249. doi:<https://doi.org/10.1080/09709274.2007.11906028>
- Ferraz, D., Moralles, H., Campoli, O. F., & Rebelatto, D. (2018). Economic Complexity and Human Development: DEA performance measurement in Asia and Latin America. *Scielo*, 25(4). doi:<http://dx.doi.org/10.1590/0104-530x3925-18>
- Ferre, M. E. (2019). *Regresión logística*. doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.2628915>
- Fizel, J., & Deltri, M. (4 de diciembre de 1998). Managerial Efficiency, Managerial Succession and Organizational Performance. *Managerial and Decision Economics*, 18(4), 295-308. doi:[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1468\(199706\)18:4<295::AID-MDE828>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1468(199706)18:4<295::AID-MDE828>3.0.CO;2-W)
- Fontalvo, T. J. (2017). Eficiencia de las entidades prestadoras de salud (EPS) en Colombia por medio de análisis envolvente de datos. *Revista chilena de ingeniería*, 25(4), 681-692. doi:<http://dx.doi.org/10.21830/19006586.84>
- Francois-Seck, F., Al-Mouksit, A., & Harouna, W. (Febrero de 2018). *DEA and SFA research on the efficiency of microfinance*. Obtenido de HAL archives-ouvertes: <https://hal-univ-tlse2.archives-ouvertes.fr/hal-01794625/document>
- Frantz, R. (2004). The behavioral economics of George Akerlof and Harvey Leibenstein. *The Journal of Socio-Economics*, 33, 29-44. doi:<https://doi.org/10.1016/j.socec.2003.12.005>
- Frantz, R. (2018). Harvey Leibenstein, and an anomaly called. *Journal of Behavioral Economics for Policy*, 2(1), 25-31.

- Franz, R. (1996). Consumer X-inefficiency and the problem of market regulation. *Renaissance in Behavioral Economics, Essays in Memory of Harvey*, 1-17.
- Galip Gencer, Y., & Akkucuk, U. (2018). Measuring aftersales productivity by multi attribute decision making methods: An application in the automotive sector. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 5(9), 88-95. Obtenido de <http://www.sciencegate.com/IJAAS.html>
- Gattoufi, S., Amin, G., & Emrouznejad, A. (2012). A new inverse DEA method for merging banks. *Journal of Management Mathematics*, 25(1), 73-87. doi:10.1093/imaman/dps027
- Giokas, D. (1991). Bank branch operating efficiency: A comparative application of DEA and the loglinear model. *Omega*, 19(6), 549-557. doi:[https://doi.org/10.1016/0305-0483\(91\)90005-E](https://doi.org/10.1016/0305-0483(91)90005-E)
- Golany, B., & Yaakov, R. (1993). Some extensions of techniques to handle non-discretionary factors in data envelopment analysis. *Journal of Productivity Analysis* volume, 4, 419-432. doi:<https://doi.org/10.1007/BF01073549>
- González Fidalgo, E. (1999). *Recursos, Capacidades, Tecnología y Eficiencia*.
- Graue, A., & Cervantes, E. (2009). *Fundamentos de Economía* (Primera ed.). (P. M. Guerrero, Ed.) Pearson Educación de México.
- Gstach, D. (Agosto de 1998). Technical efficiency in noisy multi-output settings. *Sixth Slovak Summer School of Economics*, 1-16. Obtenido de <https://epub.wu.ac.at/id/eprint/1282>
- Hanoch, G., & Rothschild, M. (1972). Testing the Assumptions of Production Theory: A Nonparametric Approach. *Journal of Political Economy*, 80(2), 256-275. doi:<https://doi.org/10.1086/259881>
- Hernández, R. S., Fernández, C. C., & Baptista, M. d. (2010). *Metodología de la Investigación* (Quinta ed.).

doi:[http://jbposgrado.org/material\\_seminarios/HSAMPIERI/Metodologia-Sampier-20edicion.pdf](http://jbposgrado.org/material_seminarios/HSAMPIERI/Metodologia-Sampier-20edicion.pdf)

Hoe , W., Shun, L., Siew, W., & Kim, H. (2018). Evaluación de la eficiencia de las empresas del sector de la construcción en Malasia con el modelo de análisis de envoltura de datos. *Journal of Physics*, 995(1). doi: 10.1088 / 1742-6596 / 995/1/012022

Hoe, L. W., Jinn, L. S., Siew, L. W., & Hai, T. K. (2018). Evaluation on the efficiency of the construction sector companies in Malaysia with data envelopment analysis model. *Journal of Physics*, 995. doi:10.1088/1742-6596/995/1/012022

Huil, M. (14 de Noviembre de 2014). *Critical view on Leibenstein's X-Efficiency Theory*.

Hun\_Sin, J. (2019). A study on the financial efficiency analysis method by redesigning the DEA model. *OPSEARCH*, 347-363. doi:<https://doi.org/10.1007/s12597-019-00433-9>

Husejinović, A. (2019). Efficiency of commercial banks operating in Federation of Bosnia and Herzegovina using DEA method. *Sustainable Engineering and Innovation*, 1(2), 106-111. doi:10.37868/sei.v1i2.83

Institute, M. G. (2017). *Reinventing construction through a productivity revolution*. McKinsey & Company. Obtenido de <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution>

Junior, A., Nogueira, D., & Shikida, C. (2012). Analysis of the efficiency of national civil construction firms. *Brazilian BusinessReview*, 9(3), 45-70. doi:<https://doi.org/10.15728/bbr.2012.9.3.3>

Kapelko, M., & Oude, A. (2015). Technical Efficiency And Its Determinants In The Spanish Construction Sector Pre- And Post-Financial Crisis. *International Journal Of Strategic Property Management*, 19(1), 96–109. Doi:10.3846/1648715X.2014.973924

- Keskin, Y. B., & Bozoklu, Ç. P. (2016). Complexity of Measuring Advertising Efficiency: An Application of DEA Method in Turkey. *Chaos, Complexity and Leadership*, 193-207. doi:10.1007/978-3-319-18693-1\_20
- Ko Li, S., & Chu Ng, Y. (1995). Measuring the productive efficiency of a group of firms. *International Advances in Economic Research*, 377-390. doi:https://doi.org/10.1007/BF02295790
- Kopp, R., & Diewert, E. (August de 1982). The decomposition of frontier cost function deviations into measures of technical and allocative efficiency. *Journal of Econometrics*, 19, 319-331. doi:https://doi.org/10.1016/0304-4076(82)90008-2
- Kuntz, L., & Scholtes, S. (2000). Measuring the Robustness of Empirical Efficiency Valuations. *Science Management* , 46(6), 745-873. doi:https://doi.org/10.1287/mnsc.46.6.807.11937
- Lai, H.-H., Chang, K.-H., & Lin, C.-L. (2019). A Novel Method for Evaluating Dredging Productivity Using a. *Hindawi: Research Article*(2019), 1-22. doi:https://doi.org/10.1155/2019/5130835
- Leibenstein, H. (1987). Entrepreneurship, entrepreneurial training, and x-efficiency theory. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 8, 191-205. doi:https://doi.org/10.1016/0167-2681(87)90003-5
- Levy, M. (2001). Market Efficiency, the Pareto Wealth Distribution,. *The Jerusalem School of Business Administration at The Hebrew University of Jerusalem*. doi:10.1.1.10.1356
- Li, N., Jiang, Y., Yu, Z., & Shang, L. (2017). Analysis of Agriculture Total-Factor Energy Efficiency in China Based on DEA and Malmquist indices. *Energy Procedia*, 142, 2397-2402. doi:10.1016/j.egypro.2017.12.173
- Li, R., Zhou, H., & Tian , R. (2016). Eco-efficiency Evaluation of Construction Industry with Pollution Output: a DEA Approach. *The Italian Association of Chemical Engineering*, 55, 451-456. doi:DOI: 10.3303/CET1655076

- LI, X., & CUI, J. (Noviembre de 2008). A Comprehensive Dea Approach for the Resource Allocation Problem based on Scale Economies Classification. *Journal of Systems Science and Complexity*, 21, 540-557. doi:<https://doi.org/10.1007/s11424-008-9134-6>
- Liu, & Zhang. (2017). The Efficiency Analysis of the Construction Industry in Linyi City Based on DEA Model. *Management Information and Optoelectronic Engineering*, 137-145. doi:[https://doi.org/10.1142/9789813202689\\_0019](https://doi.org/10.1142/9789813202689_0019)
- Lorenzo-Toja, Y., Vázquez-Rowe, I., Chenel, S., Marín-Navarro, D., Moreira, M., & Feijoo, G. (2015). Eco-efficiency analysis of Spanish WWTPs using the LCA + DEA method. *Water Research*, 68, 651-666. doi:10.1016/j.watres.2014.10.040
- Ludena, C. (2010). Agricultural Productivity Growth, Efficiency Change and Technical Progress in Latin America and the Caribbean. *SSRN Electronic Journal*. doi:10.2139/ssrn.1817296
- Mariz, F., Almeida, M., & Aloise, D. (2017). A review of Dynamic Data Envelopment Analysis: state of the art and applications. *International Transactions in Operational Research*, 25(2), 469-505. doi:10.1111/itor.12468
- Markovits Somogyi, R. (2011). Measuring efficiency in transport: the state of the art of applying data envelopment analysis. *Journal Transport*, 11-19. doi:<https://doi.org/10.3846/16484142.2011.555500>
- Martí, L., Martín, J., & Puertas, R. (2017).
- Maternak- Janus, A., & Masternak, K. (2019). Data envelopment analysis models for the assessment of efficiency of sustainable forest management in Poland. *Folia Forestalia Polonica*, 61(3), 182-196. doi:<https://doi.org/10.2478/ffp-2019-0018>
- McGlynn, E. A. (2008). *Identifying, Categorizing, and Evaluating Health Care Efficiency Measures*. Agency for Healthcare Research and Quality, Southern California Evidence-based Practice Center—RAND

- Corporation, Santa Monica, CA. Obtenido de <https://archive.ahrq.gov/research/findings/final-reports/efficiency/efficiency.pdf>
- Meesters, A. (2009). Efficiency of financial institutions. Obtenido de <https://www.rug.nl/research/portal/files/13087272/02c2.pdf>
- Mefford, R. (2017). X-efficiency: economists and managers view it differently. *Journal of Behavioral Economics for Policy*, 1(2), 25-30.
- Mendonça, M. G., Angélico, M. C., Musettic, M. A., Batalhad, M. O., & Sproessere, R. L. (2017). Grain intermodal terminals: evaluation of pure technical efficiency by Data Envelopment Analysis. *Production*, 27. doi:10.1590/0103-6513.205416
- Merket, R., & Morrell, P. (2012). Management and economic perspectives on the size of airlines. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 853-862. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tre.2012.02.002>
- Mirdehghan, M. (2015). Pareto-Koopmans Efficiency and Network. *Omega*. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2015.07.008>
- Miró, A.-P. (2016). Evaluation of technical efficiency of the hotel sector and campsites in Spain. *Dimensión Empresarial*, 14(1), 27-38. doi:10.15665/rde.v14i1.473
- Moreno, R., Anaya, M. M., & Smith, P. (2019). Potential determinants of health system efficiency: Evidence from Latin America and the Caribbean. *Plos One*, 14(5). doi:10.1371/journal.pone.0216620
- Mosheim, R. (2002). Organizational Type and Efficiency in the Costa Rican Coffee Processing Sector. *Journal of Comparative Economics*, 30(2), 296-316. doi:<https://doi.org/10.1006/jcec.2002.1773>
- Moutinho, V., Fuinhas, J., Marques, A., & Santiago, R. (2018). Assessing eco-efficiency through the DEA analysis and decoupling index in the La.

*Journal of Cleaner Production*, 205, 512-524.  
doi:10.1016/j.jclepro.2018.08.322

Mozaffari, S., Gerami, J., & Jablonsky, J. (Octubre de 2012). Relationship between DEA models without explicit inputs and DEA-R models. *Central European Journal of Operations Research*, 22, 1-12.  
doi:https://doi.org/10.1007/s10100-012-0273-4

Nazarko, J., & Chodakowska, E. (23 de Octubre de 2015). Measuring Productivity of Construction Industry in Europe with Data Envelopment Analysis. 122, 204-212.  
doi:https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.026

Nazarko, J., & Chodakowska, E. (2015). Measuring Productivity of Construction Industry in Europe with Data Envelopment Analysis. *Procedia Engineering*, 122, 204-212. doi:10.1016/j.proeng.2015.10.026

Nhu-Ty, N. (2019). Performance Evaluation in Strategic Alliances: A Case of Vietnamese Construction Industry. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 21, 85-99. doi:https://doi.org/10.1007/s40171-019-00230-9

Nowak, A., Kijek, T., & Domanska, K. (2015). Technical efficiency and its determinants in the European Union agriculture. *Agric.Econ – Czech*, 61(6), 275–283. doi:10.17221/200/2014 -AGRICECON

Park, J.-L., Yoo, S.-K., Lee, J.-S., Kim, J.-H., & Kim, J.-J. (2015). Comparing the Efficiency and Productivity of Construction Firms in China, Japan, and Korea Using DEA and DEA-based Malmquist. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 14(1), 57-64.  
doi:https://doi.org/10.3130/jaabe.14.57

Parkin, M., Powel, M., & Matthews, K. (2013). *Introducción a la Economía*. Madrid. Obtenido de <https://www.biblionline.pearson.com/Pages/BookRead.aspx>

Perelman, M. (2011). Retrospectives: X-Efficiency. *Journal of Economic Perspectives*, 25(4), 211-222. doi:DOI: 10.1257 / jep.25.4.211

- Phelan, C., & Rustichini, A. (2018). Pareto efficiency and identity. *Theoretical Economics* 13 ((13), 979-1007. doi:10.3982/TE2719
- Phillips, F., & Seiford, L. (febrero de 2011). Abraham Charnes. *Profiles in Operations Research. International Series in Operations Research & Management Science*(147), 325-342. doi:https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6281-2\_18
- Pirateque, J. E., Piñeros, J. H., & Mondragón, L. (2013). "Eficiencia de los establecimientos bancarios (EB): una aproximación mediante modelos DEA,". Obtenido de [https://www.banrep.gov.co/docum/Lectura\\_finanzas/pdf/be\\_798.pdf](https://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/be_798.pdf)
- Pratama, A. Y., & Sujarwo. (2016). Technical efficiency of watermelon farming in Blambangan Village, Muncar, sub-district, Banyuwangi, East-Java, Indonesia . *Agricultural Socio-Economics Journal*, XVII(2), 60-66. Obtenido de <https://agrise.ub.ac.id/index.php/agrise/article/view/194>
- Pulina, M., & Santoni, V. (2018). A two-stage DEA approach to analyse the efficiency of the hospitality sector. *SAGE Journals*, 24(3), 352-365. doi:https://doi.org/10.1177/1354816618758733
- Qin, X., & Sun, Y. (Abril de 2019). Cross-Regional Comparative Study on Environmental–Economic Efficiency and Driving Forces behind Efficiency Improvement in China: A Multistage Perspective. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(7). doi:http: 10.3390/ijerph16071160
- Raa, T. t. (2004). Debreu's Coefficient of Resource Utilization, the Solow Residual, and TFP:. *Department of Econometrics and Operations Research of Tilburg*. Obtenido de [https://editorialexpress.com/cgi-bin/conference/download.cgi?db\\_name=mwetit2005&paper\\_id=2](https://editorialexpress.com/cgi-bin/conference/download.cgi?db_name=mwetit2005&paper_id=2)
- Rashidi, F., & Barati, R. (2014). On the Comparison of Supply Chain with Sub-Dmus in Dea. *Advances in Environmental Biology*, 8, 1-4.
- Rescala, C., Devincenzi, G., Rohde, G., Bonaffini, M. L., Giraudó, M. V., Bernaola, G., & Pavón, R. (2012). Dos modelos para determinar la



eficiencia de una empresa. *TRIM*, 5, 21-38. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4761085>

Reyes, O. B., & Rains, F. S. (2014). Teoría del bienestar y el óptimo de Pareto como problemas microeconómicos. *Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas*, 2(3). doi: 10.5377/reice.v2i3.1457

Rodríguez, R. S., Brugiafreddo, M. P., & Raña, E. (2017). Technical efficiency in family farming: data envelopment analysis (DEA) vs. Stochastic frontiers approach (SFA). *Revista Electrónica Nova Scientia*, 9(18), 342 - 370. doi:<http://dx.doi.org/10.21640/ns.v9i18.697>

Ruggiero, J. (1998). Measuring technical efficiency. *European Journal of Operational Research*, 138-150. doi:[https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00010-7](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00010-7)

Salvador, A. C., & Yambay, M. A. (Abril de 2020). Eficiencia de las empresas manufactureras de Ecuador del 2007 al 2018: dos enfoques de análisis intraindustrial. *X-Pedientes Económicos*, 4(8), 19-37. Obtenido de [https://ojs.supercias.gob.ec/index.php/X-pedientes\\_Economicos/article/view/109](https://ojs.supercias.gob.ec/index.php/X-pedientes_Economicos/article/view/109)

SAMUELSON, P. A., & NORDHAUS, W. D. (2009). *ECONOMICS* (nineteenth ed.). (D. Reiner, Ed.) McGraw-Hill.

Seijaz, A. (2004). *Evaluación de la eficiencia en la educación secundaria* (Primera ed.). (C. Iglesias, Ed.) España: Gesbiblo, S.L.

Seitz, W. (August de 1971). Productive Efficiency in the Steam-Electric Generating Industry. *Journal of political Economy*, 79(4), 878-886. doi:<https://doi.org/10.1086/259794>

Serebrisky, T., Sarriera, J., Suárez-Alemán, A., Araya, G., Briceño-Garmendía, C., & Schwartz, J. (2016). Exploring the drivers of port efficiency in Latin America and the Caribbean. *Transport Policy*, 31-45. doi:10.1016/j.tranpol.2015.09.004

- Seyed, A. R. (2017). Efficiency ranking of decision making units in data envelopment analysis by using TOPSIS-DEA method. *Journal of the Operational Research Society*, 68(8), 906–918. doi:10.1057/s41274-017-0237-0
- Sharahi, S., Khalili, K., Reza, A., & Rashidi, A. (2019). A new network data envelopment analysis models to measure the efficiency of natural gas supply chain. *Operational Research*. doi:https://doi.org/10.1007/s12351-019-00474-4
- Silva, E., & Stefanou, S. E. (2007). Dynamic Efficiency Measurement: Theory and Application. *American Journal of Agricultural Economics*, 89(2), 398-419. doi:https://doi.org/10.1111/j.1467-8276.2007.00999.x
- Souza, P. C., Scatena, J. H., & Kehrig, R. T. (2016). Aplicação da Análise Envoltória de Dados para avaliar a eficiência de hospitais do SUS em Mato Grosso. *Revista de Saúde Coletiva*, 26(1). doi:http://dx.doi.org/10.1590/S0103-73312016000100016
- Stichhauerova, E., & Pelloneova, N. (2019). An efficiency assessment of selected german airports using the dea model. *Journal of Competitiveness*, 11(1), 135-151. doi:https://doi.org/10.7441/joc.2019.01.09
- Sufian, F. &. (2014). Efficiency and Returns to Scale in the Bangladesh Banking Sector: Empirical Evidence from the Slack-Based DEA Method. *Engineering Economics*, 25(5). doi:https://doi.org/10.5755/j01.ee.25.5.5035
- Sufian, F. (2007). The efficiency of Islamic banking industry in Malaysia: Foreign vs domestic banks. *Humanomics*, 23(23), 174-192. doi:https://doi.org/10.1108/08288660710779399
- Tasnim, N., Naser, M., & Afzal, I. (2018). An empirical investigation of country level efficiency and national systems of entrepreneurship using Data Envelopment Analysis (DEA) and the TOBIT model. *Journal of Global*

*Entrepreneurship Research*, 1-17. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1186/s40497-018-0138-y>

- Tavana, M., Khanjani, R., Hatami, A., Agrell, P., & Paryab, K. (2013). Chance-constrained DEA models with random fuzzy inputs and outputs. *Knowledge-Based Systems*, 52, 32-52. doi:<https://doi.org/10.1016/j.knosys.2013.05.014>
- Tomaa, E., Dobrea, C., Donaa, I., & Cofasa, E. (2015). DEA applicability in assessment of agriculture efficiency on areas. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 6, 704-711. doi:[10.1016/j.aaspro.2015.08.127](https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.127)
- Tone, K. (2001). A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 130(3), 498-509. doi:[https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00407-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00407-5)
- Torres-Samuel, M., Vásquez, C., Luna, M., Bucci, N., Viloría, A., Crissien, T., & Manosalva, J. (2020). Performance of Education and Research in Latin American Countries through Data Envelopment Analysis (DEA). *Procedia Computer Science*, 170, 1023-1028. doi:[10.1016/j.procs.2020.03.079](https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.079)
- Trenca, I., Petria, N., & Corovei, E. (2014). A macroprudential framework for european commercial banking sector. An early warning system with logit approach. *Revista Economică*, 66(2), 100-114.
- Tse Kuah, C., & Yew Wong, K. (2011). Una revisión de los modelos de análisis de envoltura de datos para manejar variaciones de datos. En IEEE (Ed.), *Conferencia Internacional IEEE sobre Ingeniería Industrial y Gestión de Ingeniería*. Singapur: Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos. doi:[10.1109/IEEM.2011.6117897](https://doi.org/10.1109/IEEM.2011.6117897)
- Vanagunas, S. (October de 1989). Max Weber's Authority Models and the Theory of X-Inefficiency: The Economic Sociologist's Analysis Adds More Structure to Leibenstein's Critique of Rationality. *The American*

*Journal of economics and Sociology*, 393-400. doi:  
<https://doi.org/10.1111/j.1536-7150.1989.tb02125.x>

Vargas, G. S. (2006). *Introducción a la Teoría Económica* (Segunda ed.). (P. M. Rosas, Ed.) México. Obtenido de <https://www.biblionline.pearson.com/Pages/BookRead.aspx>

Vega, J. C., & José, G. (2011). Regresión PLS y PCA como solución al problema de multicolinealidad en regresión Múltiple. *Revista de Matematica: Teoría y Aplicaciones*, 18(1), 9-20. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rmta/v18n1/a02v18n1.pdf>

Wang, Y., & Chau, K. (Febrero de 2014). An Assessment of the Technical Efficiency of Construction Firms in Hong Kong. *International Journal of Construction Management*, 1(1), 21-29. doi: 10.1080/15623599.2001.10773021

Weng Hoe, L., Shun Jinn, L., Weng Siew, L., & Kim Hai, T. (2018). Evaluation on the efficiency of the construction sector companies in Malaysia with data envelopment analysis model. *International Seminar on Mathematics and Physics in Sciences and Technology*, (págs. 28-29). Hotel Katerina, Malaysia.

Wilkinson, S., Chang-Richards, A. Y., Sapeciay, Z., & Costello, S. B. (Abril de 2016). Improving construction sector resilience. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 7(2), 173-185. Obtenido de <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-04-2015-0020>

Xin-gang, Z., & Zhen. (2019). The technical efficiency of China's wind power list enterprises: An estimation based on DEA method and micro-data. *Renewable Energy*, 133, 470-479. doi:10.1016/j.renene.2018.10.049

Yagual Velástegui, A. M., Lopez Franco, M. L., Sánchez León, L., & Narváez Cumbicos, J. G. (2018). La contribución del sector de la construcción sobre el producto interno bruto PIB en Ecuador. *Revista Lasallista de Investigación*, 15(2), 286-299. doi:<https://doi.org/10.22507/rli.v15n2a22>

- Yu, M.-M., & Chen, L.-H. (2019). Evaluation of efficiency and technological bias of tourist hotels by a meta-frontier DEA model. *Journal of the Operational Research Society*, 71(5), 718-732. doi:<https://doi.org/10.1080/01605682.2019.1578625>
- Yuan, F., Tang, M., & Hong, J. (14 de Abril de 2020). *Estimación de la eficiencia y potencial de reducción de la industria de la construcción china a través de SE-DEA y red neuronal artificial*. doi:<https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2019-0564>
- Zhang, Z., & Cu, J.-c. (2016). The extension and integration of the inverse DEA method. *Journal of the Operational Research Society*, 67(9), 1212–1220. doi:10.1057/jors.2016.2
- Zheng, J., Liu, X., & Bigsten, A. (Mayo de 1998). Ownership Structure and Determinants of Technical Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Chinese Enterprises (1986–1990). *JOURNAL OF COMPARATIVE ECONOMICS*, 26, 465-484.
- Zhou, Z., & Liu, W. (Marzo de 2015). DEA Models with Undesirable Inputs, Intermediates, and Outputs. *International Series in Operations Research & Management Science*, 415-446. doi:[https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7553-9\\_15](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7553-9_15)

**Anexos**  
**Anexo 1**

Guayaquil, 16 de septiembre de 2020.

Ingeniero  
**Freddy Camacho Villagómez**  
COORDINADOR UTE A-2020

**ECONOMÍA**

En su despacho.

De mis Consideraciones:

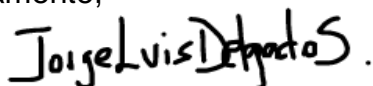
Economista Jorge Luis Delgado Salazar, Docente de la Carrera de Economía, designado TUTOR del proyecto de grado de Gloria Vanessa Cava Cubi, cúmpleme informar a usted, señor Coordinador, que una vez que se han realizado las revisiones al 100% del avance del proyecto avaló el trabajo presentado por el estudiante, titulado **“Análisis de la eficiencia técnica del sector de la Construcción en el Ecuador durante el período 2015-2018 mediante el método Data Envelopment Analysis (DEA)”** por haber cumplido en mi criterio con todas las formalidades.

Este trabajo de titulación ha sido orientado al 100% de todo el proceso y se procedió a validarlo en el programa de URKUND dando como resultado un 0% de plagio.

Cabe indicar que el presente informe de cumplimiento del Proyecto de Titulación del semestre A-2020 a mi cargo, en la que me encuentro designado y aprobado por las diferentes instancias como es la Comisión Académica y el Consejo Directivo, dejo constancia que los únicos responsables del trabajo de titulación Análisis de la eficiencia técnica del sector de la Construcción en el Ecuador durante el período 2015-2018 mediante el método Data Envelopment Analysis (DEA), somos el Tutor Econ. Jorge Luis Delgado y la Srta Gloria Vanessa Cava Cubi y eximo de toda responsabilidad a el coordinador de titulación y a la dirección de carrera.

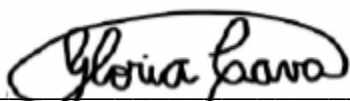
La calificación final obtenida en el desarrollo del proyecto de titulación fue: 10/10 Diez sobre Diez.

Atentamente,



---

**Econ. Jorge Luis Delgado Salazar**  
PROFESOR TUTOR-REVISOR PROYECTO DE GRADUACIÓN



---

**Gloria Vanessa Cava Cubi**  
PROFESOR TUTOR-REVISOR PROYECTO DE GRADUACIÓN

Guayaquil, 16 de septiembre de 2020.  
Ingeniero

**Freddy Camacho Villagómez**  
COORDINADOR UTE A-2020

ECONOMÍA

En su despacho.

De mis Consideraciones:

Economista Jorge Luis Delgado Salazar, Docente de la Carrera de Economía, designado TUTOR del proyecto de grado de Itzel Celeste Silva Ramos, cúmpleme informar a usted, señor Coordinador, que una vez que se han realizado las revisiones al 100% del avance del proyecto **avaló** el trabajo presentado por el estudiante, titulado **“Análisis de la eficiencia técnica del sector de la Construcción en el Ecuador durante el período 2015-2018 mediante el método Data Envelopment Analysis (DEA)”** por haber cumplido en mi criterio con todas las formalidades.

Este trabajo de titulación ha sido orientado al 100% de todo el proceso y se procedió a validarlo en el programa de URKUND dando como resultado un 0% de plagio.

Cabe indicar que el presente informe de cumplimiento del Proyecto de Titulación del semestre A-2020 a mi cargo, en la que me encuentro designado y aprobado por las diferentes instancias como es la Comisión Académica y el Consejo Directivo, dejo constancia que los únicos responsables del trabajo de titulación Análisis de la eficiencia técnica del sector de la Construcción en el Ecuador durante el período 2015-2018 mediante el método Data Envelopment Analysis (DEA), somos el Tutor Econ. Jorge Luis Delgado y la Srta Itzel Celeste Silva Ramos y eximo de toda responsabilidad a el coordinador de titulación y a la dirección de carrera.

La calificación final obtenida en el desarrollo del proyecto de titulación fue: 10/10 Diez sobre Diez.

Atentamente,



---

**Econ. Jorge Luis Delgado Salazar**  
PROFESOR TUTOR-REVISOR PROYECTO DE GRADUACIÓN



---

**Itzel Celeste Silva Ramos**  
PROFESOR TUTOR-REVISOR PROYECTO DE GRADUACIÓN



**Presidencia  
de la República  
del Ecuador**



**Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes**



## **DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN**

Yo, **Cava Cubi Gloria Vanessa**, con C.C: # 095883368-3 autora del trabajo de titulación: **Análisis de la eficiencia técnica del sector de la Construcción en el Ecuador durante el período 2015-2018 mediante el método Data Envelopment Analysis (DEA)**, previo a la obtención del título de **Economista** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **16 de septiembre** del **2020**

f. 

Cava Cubi Gloria Vanessa

**C.C: # 095883368-3**





**Presidencia  
de la República  
del Ecuador**



**Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes**



**SENESCYT**

Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## **DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN**

Yo, **Silva Ramos Itzel Celeste**, con C.C: # 172140948-8 autora del trabajo de titulación: **Análisis de la eficiencia técnica del sector de la Construcción en el Ecuador durante el período 2015-2018 mediante el método Data Envelopment Analysis (DEA)**, previo a la obtención del título de **Economista** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **16 de septiembre** del **2020**

f. 

**Silva Ramos Itzel Celeste**

**C.C: # 172140948-8**



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Análisis de la eficiencia técnica del sector de la Construcción en el Ecuador durante el período 2015-2018 mediante el método Data Envelopment Analysis (DEA).		
AUTOR(ES)	Gloria Vanessa Cava Cubi, Itzel Celeste Silva Ramos		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Econ. Marlon Pacheco Bruque, Mgs. / Econ. Jorge Luis Delgado Salazar, Mgs.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ciencias Económicas y Administrativas		
CARRERA:	Economía		
TÍTULO OBTENIDO:	Economista		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	16 de septiembre del 2020	No. DE PÁGINAS:	126
ÁREAS TEMÁTICAS:	Microeconomía, Construcción, Estadística		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Eficiencia Técnica, Sector de la Construcción, Empresas, Ingresos, Rentabilidad, Costo De Venta.		
RESUMEN/ABSTRACT	<p>El presente trabajo de investigación tiene como finalidad analizar la eficiencia técnica de las empresas del sector de la construcción durante el período 2015-2018. Se aplicó el método análisis envolvente de datos (DEA), para el mencionado análisis se tomó todas las empresas del sector de la construcción de los años 2015 al 2018, adicional se realizó la respectiva depuración para evitar la presencia de datos atípicos. Se determinó la eficiencia técnica de las empresas, teniendo como inputs costo de venta, activos no corrientes, gasto en sueldos y como outputs los ingresos, rentabilidad económica y rentabilidad financiera. Demostrando que del total de las empresas del sector de la construcción en Ecuador en su mayoría las microempresas y pequeñas empresas lograron ser eficientes durante el periodo de tiempo analizado; concluyendo que una de las actividades que evidencia mayor cantidad de empresas técnicamente eficientes es la construcción de todo tipo de edificios residenciales: casas familiares, viviendas para ancianos, casas para beneficencia, orfanatos, cárceles.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTORES:	<p>Teléfono: +593-991219925 +593-9959445888</p>	<p>E-mail: gloriaacava@hotmail.com itzel_silva12@hotmail.com</p>	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	<p>Nombre: <b>Camacho Villagómez Freddy Ronalde</b> Teléfono: +593-4-2206953 ext 1634 E-mail: <a href="mailto:freddy.camacho.villagomez@gmail.com">freddy.camacho.villagomez@gmail.com</a> / <a href="mailto:freddy.camacho@cu.ucsq.edu.ec">freddy.camacho@cu.ucsq.edu.ec</a></p>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			