

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA**  
**MAESTRÍA EN ECONOMÍA**



**TESIS**

**ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE EFICIENCIA DE GASTO PÚBLICO EN  
SANEAMIENTO EN EL PERÚ Y SUS DETERMINANTES: UN ANÁLISIS  
COMPARATIVO REGIONAL, PERIODO 2015 - 2016**

**PRESENTADA POR:**

**YURI GIOVANI ROMAN LAZARINOS**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**MAGISTER SCIENTIAE EN ECONOMÍA**

**MENCIÓN EN PROYECTOS DE INVERSIÓN**

**PUNO, PERÚ**

**2017**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO  
PROGRAMA DE MAESTRÍA  
MAESTRÍA EN ECONOMÍA



TESIS

ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE EFICIENCIA DE GASTO PÚBLICO EN  
SANEAMIENTO EN EL PERÚ Y SUS DETERMINANTES: UN ANÁLISIS  
COMPARATIVO REGIONAL, PERIODO 2015 - 2016

PRESENTADA POR:

YURI GIOVANI ROMAN LAZARINOS

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN ECONOMÍA  
MENCIÓN EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE



M.Sc. NÉSTOR COLLANTES MENIS

PRIMER MIEMBRO



Dr. RAÚL MACHACA PORTILLO

SEGUNDO MIEMBRO



M.Sc. KARIN MARGARET ÁLVAREZ ROZAS

ASESOR DE TESIS



M.Sc. FAUSTINO FLORES LUJANO

Puno, 29 de diciembre de 2017.

ÁREA: Economía.

TEMA: Niveles de eficiencia de gasto público.

## DEDICATORIA

A los docentes del país con su vocación jamás quebrantada forjan nuevas generaciones con valores y principios sólidos.

A mi familia por haber brindado su apoyo y sobre todo su amor incondicional a lo largo de toda mi carrera profesional.

## AGRADECIMIENTOS

- A los docentes de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, a sus autoridades y personal administrativo, por haberme motivado y brindado las facilidades para terminar mis estudios de maestría y para optar mi grado académico.

**ÍNDICE GENERAL**

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1

**CAPÍTULO I****PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN**

1.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA	3
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA GENERAL	5
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ESPECÍFICOS	5
1.4. OBJETIVOS	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	6
1.5. HIPÓTESIS	6
1.5.1. Hipótesis general	6
1.5.2. Hipótesis específicos	6
1.6. JUSTIFICACIÓN	7

**CAPÍTULO II****MARCO TEÓRICO**

2.1.	TEORÍA SOBRE LA EFICIENCIA	8
2.1.1.	Eficacia, eficiencia y efectividad	9
2.1.2.	Eficiencia técnica, eficiencia precio y eficiencia económica	10
2.2.	TÉCNICAS DE ESTIMACIÓN DE EFICIENCIA	13
2.2.1.	Estimación de frontera eficiente por Análisis Envolvente de Datos (DEA)	14
2.3.	ANTECEDENTES	21

**CAPÍTULO III****METODOLOGÍA**

3.1.	MÉTODO UTILIZADO EN LA INVESTIGACIÓN.	24
3.2.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	25
3.2.1.	Tipo de estudio	25
3.2.2.	Fuentes de información	25
3.2.	ÁMBITO O LUGAR DE ESTUDIO	26
3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA	27
3.4.	DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
3.5.	Modelo Econométrico	30
3.6.	Técnicas e instrumentos	31

**CAPÍTULO IV****RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. IDENTIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE EFICIENCIA DEL GASTO EN SANEAMIENTO EN LAS REGIONES DEL PERÚ	33
4.1.1. Estimación del Índice de Eficiencia de Gasto Público en Saneamiento.	41
4.2. DETERMINANTES DE LA EFICIENCIA DE GASTO PÚBLICO EN SANEAMIENTO	44
4.2.1. Análisis Estadístico descriptivo de los determinantes de la eficiencia del gasto público en saneamiento.	48
4.2.2. Análisis de los resultados de la Estimación del modelo con datos panel	50
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	58
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS	62

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
1. Gasto per cápita en saneamiento en el Perú, periodo 2013 – 2015	35
2. Cobertura de agua en el Perú, periodo 2013 – 2015	37
3. Cobertura del alcantarillado en el Perú, periodo 2013 – 2015	39
4. Eficiencia de Gasto Público, metodología DEA VRS – orientado al Insumo y al producto, periodo 2013 – 2015	42
5. Estadística descriptiva de los determinantes de eficiencia de gasto público en saneamiento	49
6. Tests de probabilidad conjunta	53
7. Modelo de determinante de eficiencia de gasto público en saneamiento, en las regiones del Perú	54



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Eficiencia técnica	11
2. Eficiencia precio o asignativa	12
3. Métodos de estimación de eficiencia	13
4. Gasto per cápita en saneamiento en el Perú, periodo 2013 – 2015	35
5. Gasto per cápita en saneamiento en el Perú, periodo 2013 – 2015	36
6. Cobertura de agua en el Perú, periodo 2013 – 2015	38
7. Cobertura de agua en el Perú, periodo 2013 – 2015	38
8. Cobertura de alcantarillado en el Perú, periodo 2013 – 2015	40
9. Cobertura de alcantarillado en el Perú, periodo 2013 – 2015	40
10. Mapa de Eficiencia Gasto en Saneamiento, bajo la metodología DEA orientado insumo – producto, periodo 2013 – 2015	43
11. Relación de variable de Eficiencia de Gasto Público en Saneamiento y con el Gasto Per cápita en Saneamiento regional, periodo 2013-2015	45
12. Relación de variable de Eficiencia de Gasto Público en Saneamiento y el avance de Ejecución Presupuestal en el rubro de saneamiento, periodo 2013-2015	46
13. Relación de variable de Eficiencia de Gasto Público en Saneamiento y el avance de Ejecución Presupuestal total regional, periodo 2013-2015	47
14. Relación de variable de Eficiencia de Gasto Público en Saneamiento y con el Crecimiento del PBI, periodo 2013-2015	47
15. Relación de variable de Eficiencia de Gasto Público en Saneamiento y con el Gasto Per cápita en Saneamiento regional, per cápita. período 2013-2015	48



16. Residuos	52
17. Normalidad de los errores del modelo	52

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
1. Data del modelo de índice de eficiencia	63
2. Data del modelo de determinantes de eficiencia de gasto en saneamiento	65
3. Resultados de estimación de la frontera de eficiencia, orientado al insumo periodo 2013	67
4. Resultados de estimación de la frontera de eficiencia, orientado al producto periodo 2013	68
5. Resultados de estimación de la frontera de eficiencia, orientado al insumo periodo 2014	69
6. Resultados de estimación de la frontera de eficiencia, orientado al producto periodo 2014	70
7. Resultados de estimación de la frontera de eficiencia, orientado al insumo periodo 2015	71
8. Resultados de estimación de la frontera de eficiencia, orientado al producto periodo 2015	72
9. Resultados de estimación de determinantes de eficiencia, modelo original	73
10. Resultados de estimación de determinantes de eficiencia, modelo robusto a heterocedasticidad	74
11. Resultados de estimación de determinantes de eficiencia, modelo robusto a heterocedasticidad y auto correlación	75

## RESUMEN

El trabajo de investigación se realiza en el contexto de las regiones del Perú, para el periodo 2013 - 2015. El objetivo de la investigación es analizar los niveles de eficiencia de gasto público en saneamiento e identificar las variables que la determinan. En principio se identifican las regiones eficientes e ineficientes en el gasto a través del índice de eficiencia, la cual es implementada sobre la base de la teoría económica del productor y la metodología no paramétrica de análisis envolvente de datos, y teniendo en cuentas las variables: Gasto en saneamiento como variable de insumo y la cobertura de agua potable y el alcantarillado de las regiones como variable de producto. Posteriormente se establece la relación del índice de eficiencia de gasto en saneamiento con las variables de avance de ejecución de presupuesto en saneamiento, avance de ejecución de presupuesto total, la productividad regional (variable proxy tasa de crecimiento de PBI) y educación regional como determinantes de la eficiencia, estas variables fueron obtenidos a partir de la teoría económica y la evidencia empírica. Para este último se empleó, la metodología paramétrica de panel data con extensión de efectos fijos. Los resultados de investigación, es que se encuentran regiones eficientes a Lima, Moquegua, Arequipa, Ancash y Tacna con índices de 1, 0.837, 0.832, 0.800 y 0.703 respectivamente; y las regiones menos eficientes fueron Pasco, Puno, Loreto, Cajamarca y Ucayali con puntajes de 0.437, 0.451, 0.456, 0.456 y 0.481 respectivamente, y las variables determinantes resultaron ser significativas para el presente estudio.

**Palabras clave:** avance de gasto en saneamiento, cobertura de agua potable, eficacia, eficiencia y gasto en saneamiento.

## ABSTRACT

This research work is carried out in the context of the regions of Peru, for the period 2013 - 2015. The objective of the research is to analyze the efficiency levels of public spending on sanitation and identify the variables that determine it. In principle, efficient and inefficient spending regions are identified through the efficiency index, which is implemented based on the economic theory of the producer and the non-parametric methodology of data envelopment analysis, taking into account the following variables: Sanitation expenditure as an input variable and coverage of drinking water and sewerage in the regions as a product variable. Subsequently, the relationship of the efficiency index of sanitation expenditure with the variables of advancement of budget execution in sanitation, progress of execution of the total budget, regional productivity (variable proxy GDP growth rate) and regional education as determinants of efficiency, these variables were obtained from economic theory and empirical evidence. For the latter it was used, the parametric methodology of panel dates with extension of fixed effects. The results of research, is that efficient regions are found in Lima, Moquegua, Arequipa, Ancash and Tacna with indexes of 1, 0.837, 0.832, 0.800 and 0.703 respectively; and the least efficient regions were Pasco, Puno, Loreto, Cajamarca and Ucayali with scores of 0.437, 0.451, 0.456, 0.456 and 0.481 respectively, and the determining variables were found to be significant for the present study.

**Keywords:** advance in sanitation expenditure, effectiveness, efficiency, expenditure on sanitation and potable water coverage.

## INTRODUCCIÓN

La necesidad de la cobertura nacional, Regional y Local de los servicios sociales básicos y particularmente el de saneamiento es uno de los instrumentos más efectivos para reducir la pobreza y aumentar del desarrollo humano, por consiguiente a mayores niveles de gasto social, con adecuados niveles de eficiencia y calidad y garantizando la cobertura nacional de los servicios sociales básicos, es un menor nivel de pobreza y consecuentemente un mayor nivel de desarrollo humano.

Por señalado, el objetivo de la presente investigación es el analizar los niveles de eficiencia en el gasto público en saneamiento del país y determinar los diversos factores que influyen, buscan explicar cómo las diversas regiones utilizan sus recursos financieros, unos con eficiencia y otros con ineficiencia en relación al avance de la ejecución presupuestal y la eficiencia en el gasto público en la línea de saneamiento.

Durante la última década, la inversión en el rubro de saneamiento en el Perú, tuvo un importante crecimiento dado el déficit en dicho servicio, por el que los gobiernos de turno impulsaron y priorizaron la orientación de la inversión en saneamiento, sin embargo es aún insuficiente ya que aún persiste una brecha deficitario en zonas urbano marginales y sector rural, por lo que se hace necesario continuar con mayor atención gubernamental a dichos sectores de la población.

La presente investigación tiene su importancia debido a que el tema del acceso del agua y saneamiento en el Perú se encuentra enmarcado dentro de los objetivos del milenio de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), así como

también se encuentra en el marco de los objetivos del bicentenario del país. Por lo que se hace necesario una evidencia empírica que permite conocer las regiones eficientes y las ineficientes en el uso de sus presupuestos orientados al saneamiento y ello permita replantear las estrategias y políticas sectoriales para mejorar la eficiencia y eficacia en el manejo de sus recursos económicos.

Por lo señalado, el presente trabajo de investigación titulado “ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE EFICIENCIA DE GASTOS PÚBLICOS EN SANEAMIENTO EN EL PERÚ Y SUS DETERMINANTES: UN ANÁLISIS COMPARATIVO REGIONAL PERIODO 2015 – 2016”, busca contribuir a la mejora sostenible del índice del desarrollo humano (IDH), entre los habitantes de las diversas regiones del país.

## CAPÍTULO I

### PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA

El tema de agua y el saneamiento en general son cada vez más importantes en la agenda mundial y en las políticas públicas del Perú, por ello uno de los objetivos del milenio de las Naciones Unidas fue reducir a la mitad para el año 2015, el porcentaje de personas sin agua potable y alcantarillado; así mismo las políticas públicas del Perú es alcanzar la cobertura universal de usuarios urbanos en el 2021, y lograr la cobertura universal de beneficiarios rurales en el año 2030 (MVCS, 2016).

En la actualidad existen 5 millones de personas que no cuentan con agua potable, cerca de 11 millones carecen de alcantarillado y soportan mala calidad de vida, solo el 62% del desagüe captado por las EPS se recicla en plantas de tratamiento, los servicios en agua y saneamiento son insostenibles por insuficiente inversión, graves problemas económicos de los operadores, falta de apoyo estatal y normas legales inadecuadas (MVCS, 2016).



Ante este problema el Ministerio de Vivienda y Construcción y Saneamiento, asignó presupuesto del 62% más del 2016, presupuesto superado en los últimos 10 años aumento en este rubro en los últimos 10 años; así como convocar a la inversión privada, para: Desarrollar infraestructura de producción agua potable, Ejecución de obras de Saneamiento, Tratamiento de aguas residuales para reúso y aprovechamiento de residuos sólidos, Gestión de los servicios de agua y saneamiento.

Según el Ministerio de Economía y Finanzas el presupuesto asignado en saneamiento para el 2017 es de S/ 5,988.46 de millones de soles, 15.14% del presupuesto total después de presupuesto de transportes con 35.46% y posterior a ello se encuentra a educación con 14.29% del presupuesto total. De los cuales las regiones de Puno, Cajamarca, Cusco, La Libertad, Apurímac y Lambayeque cuentan con mayores presupuestos en este el rubro con 10.3%, 9.4%, 6.6%, 6.1%, 5.9% y 5.8% del presupuesto total de saneamiento y las regiones con bajo presupuesto fueron Pasco, Tacna, Tumbes, Moquegua, Ucayali, Madre de Dios y Callao con 1.8%, 1.3%, 1.2%, 1.1%, 0.7%, 0.5%, 0.4% y 0.1% respectivamente.

Según CEPAL (1999), la cobertura universal en servicios sociales básicos es uno de los instrumentos más efectivos para reducir la pobreza y aumento de desarrollo humano, por tanto, “a mayores niveles de gasto social, con adecuados niveles de eficiencia y calidad, y garantizando la cobertura universal de los servicios sociales básicos, es un menor nivel de pobreza, especialmente por NBI, y un mayor nivel de desarrollo humano”.

En este contexto la presente investigación se enfocara en los niveles de eficiencia de gasto público en saneamiento de las regiones del Perú, en el cual se responderán las siguientes interrogantes.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA GENERAL**

¿Cuáles son los niveles de eficiencia de gasto público en saneamiento en el Perú y que factores determinan su eficiencia?

## **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ESPECÍFICOS**

- ¿Cuáles son las regiones eficientes y las regiones ineficientes en el gasto público de saneamiento a través del índice de eficiencia?
- ¿Qué relación existe entre el avance de ejecución de presupuesto total y la eficiencia de gasto público en saneamiento de las regiones?
- ¿Qué relación existe entre el avance de ejecución de presupuesto en saneamiento y la eficiencia de gasto público en saneamiento de las regiones?
- ¿Qué relación existe entre la productividad y la eficiencia de gasto público en saneamiento de las regiones?

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general**

Analizar los niveles de eficiencia de Gasto Público en Saneamiento en el Perú y determinar los factores que la influyen, para el periodo 2015 y 2016.

#### 1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar las regiones eficientes y las regiones ineficientes en el Gasto Público de Saneamiento a través del índice de eficiencia.
- ¿Establecer la relación entre el avance de ejecución de presupuesto total y la eficiencia de Gasto Público en Saneamiento de las regiones?
- ¿Determinar entre el avance de ejecución de presupuesto en saneamiento y la eficiencia de gasto público en saneamiento de las regiones?
- Establecer la relación entre la productividad y la eficiencia de gasto público en saneamiento de las regiones

### 1.5. HIPÓTESIS

#### 1.5.1. Hipótesis general

Las regiones con mayores presupuestos suelen tener menores niveles de eficiencia y los factores que lo determinan son el avance de ejecución de presupuesto total, el avance de ejecución de presupuesto en saneamiento, productividad regional y la educación regional

#### 1.5.2. Hipótesis específicos

- Las regiones con menor presupuesto público en saneamiento suelen ser más eficientes y las regiones con mayores presupuestos tienden a ser menos eficientes

- Las regiones que tienen mayor avance de ejecución de presupuesto total tienen mayores niveles de la eficiencia de Gasto Público en Saneamiento.
- El avance de ejecución de presupuesto en saneamiento tiene una relación positiva con la eficiencia de Gasto Público en Saneamiento de las regiones
- A mayor productividad de la productividad regiones mayores son los niveles de eficiencia de Gasto Público en Saneamiento.

### 1.6. JUSTIFICACIÓN

El estudio de Gasto Público en Saneamiento tiene importancia debido a que está enmarcado dentro de los objetivos del milenio de las Naciones Unidas, como es el acceso universal agua y saneamiento, además se encuentra dentro de los objetivos del bicentenario del Perú. El estudio de su eficiencia es primordial para alcanzar los objetivos, en cual se evalúa y optimiza los recursos del estado. El estudio de eficiencia servirá para identificar las regiones eficientes y las regiones ineficientes respecto al gasto público saneamiento en logros de desarrollo de cobertura de agua y alcantarillado, los cual servirán como evidencia empírica para formular medidas de política sectorial para mejorar la eficiencia, además se encontrar los principales determinantes

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. TEORÍA SOBRE LA EFICIENCIA

El concepto de eficiencia es añejo en la terminología empleada en contexto económico y está relacionado con la economía de recursos. Es frecuente definir la eficiencia como la relación entre los resultados obtenidos (outputs) y los recursos utilizados (inputs).

Según, Lockheed y Hanushek (1998) señalan que "... un sistema eficiente obtiene más productos con un determinado conjunto de recursos, insumos o logra niveles comparables de productos con menos insumos, manteniendo lo demás igual".

El Webster's sugiere que algo es eficiente si se caracteriza "por la capacidad para seleccionar y usar los medios más efectivos y de menor desperdicio con el fin de llevar a cabo una tarea o lograr un propósito".

Cohen y Franco (1992), definen la eficiencia como "la relación entre costos y productos obtenidos".

### 2.1.1. Eficacia, eficiencia y efectividad

Según Bouza (2000), El concepto de *eficacia* abordado con este tipo de enfoque económico quiere decir que el propósito a que se aspira puede lograrse bajo las condiciones que favorezcan al máximo su consecución. Dicho de otra manera, cuando se crean condiciones de máximo acondicionamiento para alcanzar un fin y éste se logra. La *eficacia* es un punto de referencia para lograr algo que se ha demostrado que es posible.

La definición y la interpretación de la *eficiencia* resultan más complejas que en el caso de *eficacia*. En las aplicaciones de eficiencia al análisis de políticas, la eficiencia típicamente se asocia con una relación entre medios y fines. Se propone que un programa es eficiente si cumple sus objetivos al menor costo posible.

Y la *efectividad* abordado con este tipo de enfoque económico quiere decir que el propósito se ha logrado bajo las condiciones reales del lugar donde se llevó a cabo. Dicho de otra manera, cuando se llevan a la práctica acciones para lograr el propósito que previamente se alcanzó bajo condiciones ideales y éste se consigue bajo las condiciones reales existentes, los recursos puestos en función para ese fin fueron efectivos.

### Diferencia de conceptos entre la eficiencia, eficacia y efectividad

$$Eficiencia = \frac{Recursos}{Resultados}$$

$$Eficacia = \frac{Objetivos}{Resultados}$$

$$Efectividad = \frac{Objetivos}{Resultados}$$

Fuente: elaboración en base de estudios de Bouza (2000)

#### 2.1.2. Eficiencia técnica, eficiencia precio y eficiencia económica

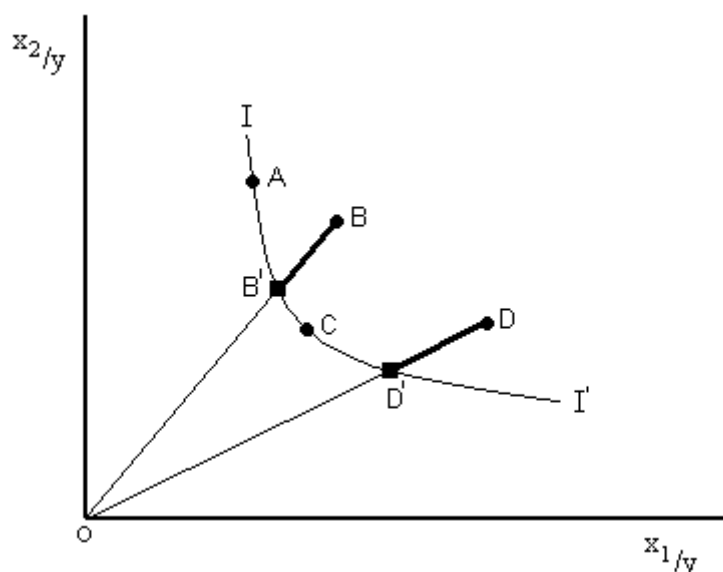
##### Eficiencia técnica

La eficiencia técnica examina la relación entre el producto o resultado generado y la cantidad de un determinado insumo utilizado en su generación. *“Algunas definiciones señalan que la eficiencia técnica mide la relación entre el producto y la energía utilizada en su producción. En ciertas aplicaciones, la energía sirve como unidad de medición que permite estimar el “costo” (en unidades de energía) de diversas técnicas o tecnologías de producción. Diferentes insumos se miden en alguna unidad energética para expresar un “costo” total de lograr el resultado”* (Coll y Blasco, 2006)

La figura 1, tanto la Unidad B como la D son ineficientes técnicamente, puesto que ambas podrían reducir la cantidad de Inputs consumidos y seguir produciendo una Unidad de Output. La ineficiencia de estas Unidades vendrá dada por la distancia  $B'B$  y  $D'D$ , respectivamente. Por el contrario, las Unidades A y C son técnicamente eficientes puesto que

operan sobre la isocuanta eficiente.

**Eficiencia técnica**



**Figura 1.** Eficiencia técnica

Fuente: Coll y Blasco (2006)

Matemáticamente la eficiencia técnica se puede expresar de la siguiente manera.

$$Eficiencia\ tecnica\ de\ B = ET_B = \frac{OB'}{OB}$$

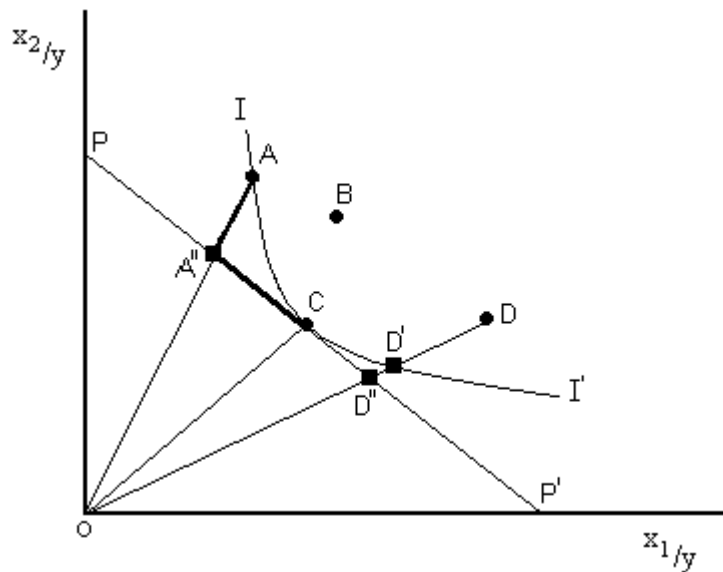
$$Eficiencia\ tecnica\ de\ D = ET_D = \frac{OD'}{OD}$$

**Eficiencia precio o asignativa**

La eficiencia precio (también denominada asignativa) se refiere a la capacidad de la Unidad para usar los distintos Inputs en proporciones óptimas dados sus precios relativos (Coll y Blasco, 2006). Siguiendo con el planteamiento del epígrafe anterior, en la figura 2, la línea de isocoste PP'. La pendiente de la isocoste representa la relación entre los precios de los Inputs x1 y x2.



**Eficiencia precio o asignativa**



**Figura 2.** Eficiencia precio o asignativa

Fuente: Coll y Blasco (2006)

Las Unidades A y C presentan eficiencia técnica puesto que operan sobre la isocuanta eficiente. Sin embargo, como puede observarse en la Figura xx, únicamente la Unidad C resulta ser también eficiente en precios, en tanto que la Unidad A debería reducir los costes totales en la distancia o, alternativamente, en la proporción  $([1 - \frac{OA''}{OA}] \cdot 100)$ , para ser eficiente en precio.

**Eficiencia económica**

La eficiencia económica permite agrupar los diversos insumos con la unidad de medida monetaria. El criterio de eficiencia económica, entonces, se puede relacionar con un índice de costo efectividad.

Expresando matemáticamente la eficiencia económica o global se obtiene mediante el cociente entre la longitud de la línea que va desde el origen hasta el punto proyectado sobre la isocoste eficiente y la longitud de la

línea que va desde el origen hasta el punto que representa a la Unidad considerada. Así, la eficiencia global de la Unidad D (véase Figura 3, anterior) vendrá dada por:

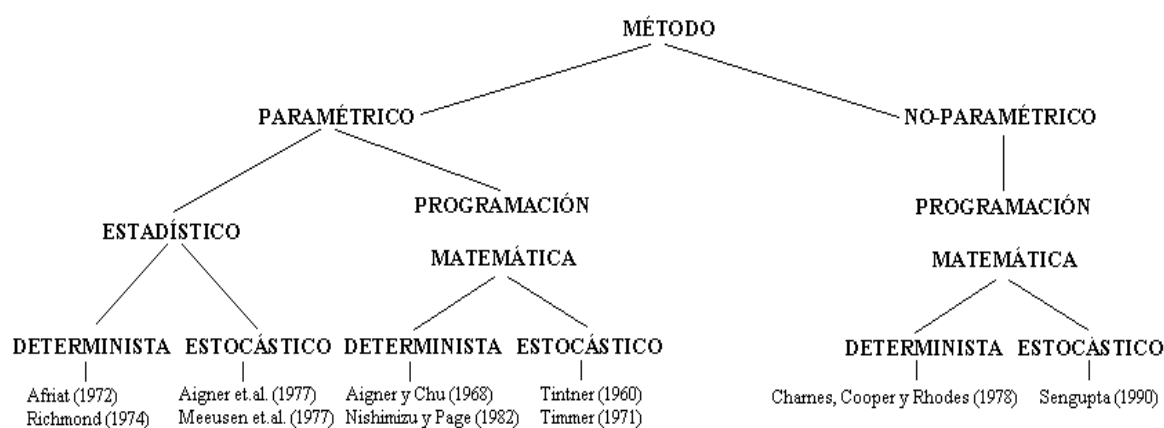
$$Eficiencia\ Económica = EE_D = \frac{OD''}{OD}$$

Continuando con esta misma Unidad, Farrell (1957) descompuso la eficiencia global de la siguiente forma:

$$Eficiencia\ Económica = EE_D = \frac{OD'}{OD} * \frac{OD''}{OD'}$$

## 2.2. TÉCNICAS DE ESTIMACIÓN DE EFICIENCIA

Con carácter general, los métodos de estimación para construir la frontera de producción pueden clasificarse, en función de que se requiera o no especificar una forma funcional que relacione los Inputs con los Outputs, en métodos paramétricos o no-paramétricos. A su vez, pueden emplearse métodos estadísticos o no para estimar la frontera que, en última instancia, puede ser especificada como estocástica (aleatoria) o determinista.



**Figura 3.** Métodos de estimación de eficiencia

Fuente: (Coll y Blasco, 2006)

### 2.2.1. Estimación de frontera eficiente por Análisis Envolvente de Datos (DEA)

La DEA es una técnica no paramétrica determinística, La metodología surge a raíz de la tesis doctoral de Rhodes (1978), y puede considerarse como una extensión del trabajo de Farrell (1957). Básicamente, DEA es una técnica de programación matemática que permite la construcción de una superficie envolvente, frontera eficiente o función de producción empírica, a partir de los datos disponibles del conjunto de Unidades objeto de estudio, de forma que las Unidades que determinan la envolvente son denominadas Unidades eficientes y aquellas que no permanecen sobre la misma son consideradas Unidades ineficientes. DEA permite la evaluación de la eficiencia relativa de cada una de las unidades (Coll y Blasco, 2006).

El objetivo de Análisis Envolvente de Datos (DEA) es calcular el punto de eficiencia e ineficiencia, mediante el modelo matemático de maximización de productos o minimización de gasto, ubicándolos en la Frontera de Posibilidades de Producción (FPP). En esta metodología muchos autores trabajan con Análisis Envolvente de Datos con Retornos a Escala Variables (DEA-VRS). Las DEA-VRS asumen retornos variables a escala y convexidad. La frontera estimada con esta técnica es más ajustada a los datos de la muestra que la estimada con DEA-CRS

EL Análisis Envolvente de Datos (DEA) es una técnica de medición de la eficiencia basada en la obtención de una frontera de eficiencia a partir del conjunto de observaciones que se considere sin la estimación de ninguna

función de producción, es decir, sin necesidad de conocer ninguna forma de relación funcional entre inputs y outputs.

Es en definitiva una alternativa para extraer información de observaciones frente a los métodos paramétricos cuyo objetivo es la obtención de un hiper plano que se ajuste lo mejor posible al conjunto de observaciones. DEA, por el contrario, trata de optimizar la medida de eficiencia de cada unidad analizada para crear así una frontera eficiente basada en el criterio de Pareto (Charnes *et al.*, 1997). De este modo, primero se construye la frontera de producción empírica y después se evalúa la eficiencia de cada unidad observada que no pertenezca a la frontera de eficiencia.

### **Modelo básico**

Inicialmente dicho modelo fue propuesto por Rhodes (1978) y posteriormente publicado por Charnes *et al.* (1978). La medida de eficiencia que adoptaron relaciona la suma ponderada de inputs con la de outputs de cada unidad de decisión (DMU) y utiliza modelos de optimización lineal para calcular las ponderaciones. En cualquier caso, el modelo original no era lineal; sino que era fraccional.

### **Modelo DEA con orientación al producto**

Para el caso DEA con orientación al insumo se tiene:

$$\begin{aligned}
 \text{Max}_{u,v} \quad h_o &= \frac{\sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{ro}}{\sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{io}} \\
 \text{S.A. :} & \\
 \frac{\sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{ij}} &\leq 1 \quad \forall j : 1..n \\
 U_r, V_i &\geq 0 \quad \forall r : 1..s \quad \forall i : 1..m
 \end{aligned} \tag{M.1}$$

Dónde:

$h_o$ : función objetivo. Medida de la eficiencia.

$Y_{rj}$ : output i-ésimo de la DMU j-ésima.

$X_{ij}$ : input i-ésimo de la DMU j-ésima.

$V_i, U_r$ : ponderaciones de inputs y outputs respectivamente (soluciones del programa).

Como puede observarse la función objetivo ( $h_o$ ) es el ratio de eficiencia de la unidad comparada (la o) y su maximización está sujeta a que ningún ratio de eficiencia supere la unidad. Obsérvese que el numerador de  $h_o$  es una suma ponderada de outputs y el denominador de inputs, lo cual implica que proporciona una medida de la cantidad de outputs generada por unidad de inputs de las DMUs (lo cual es un mero convencionalismo para evitar que la solución del programa se dispare a infinito – de hecho hay autores que limitan los ratios a un valor de cien en vez de uno - (Boussofiane *et al.*,1991 o Dyson *et al.*, 1990).

Luego linealizando el modelo se tiene:

$$\begin{aligned}
 & \text{Max}_{u,v} \quad \sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{ro} \\
 & \text{S.A.} \\
 & \sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{rj} - \sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{ij} \leq 0 \\
 & \sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{io} = 1 \\
 & U_r, V_i \geq 0, \forall r : 1 \dots s, \forall j : 1 \dots m
 \end{aligned} \tag{M.2}$$

Modelo DEA con orientación al insumo:

Para el caso de DEA con orientación al insumo se tiene:

$$\begin{aligned}
 & \text{Min}_{u,v} \quad f_o = \frac{\sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{io}}{\sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{ro}} \\
 & \text{S.A. :} \\
 & \frac{\sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{ij}}{\sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{rj}} \geq 1 \forall j : 1 \dots n \\
 & U_r, V_i \geq 0 \forall r : 1 \dots s \quad \forall i : 1 \dots m
 \end{aligned} \tag{M.1'}$$

Su conversión lineal sería:

$$\begin{aligned}
 & \text{Min}_{u,v} \quad \sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{io} \\
 & \text{S.A.} \\
 & \sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{ij} - \sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{rj} \geq 0 \\
 & \sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{ro} = 1 \\
 & V_i, U_r \geq 0
 \end{aligned} \tag{M.2'}$$

Modificaciones del modelo básico

Esta formulación original fue modificada más tarde por los propios

Charnes et alter (1979) con el fin de que las ponderaciones alcanzaran valores estrictamente positivos y, así, evitar que la solución del programa no considerara a todos los factores y productos en el cálculo del índice de eficiencia al tiempo que se evitaba que el denominador del cociente de eficiencia fuera nulo y su valor no existiese.

La modificación de M.1 fue:

$$\begin{aligned}
 \text{Max}_{u,v} \quad h_o &= \frac{\sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{ro}}{\sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{io}} \\
 \text{S.A.} \\
 \frac{\sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{ij}} &\leq 1 \quad \forall j : 1 \dots n \quad (\text{M.1''}) \\
 U_r, V_i &\geq \varepsilon > 0 \quad \forall r, i
 \end{aligned}$$

Donde  $\varepsilon$  es un número real positivo y pequeño (usualmente, en cálculos empíricos,  $10^{-6}$  (Norman y Stoker (1991:239))).

Linealizando tendríamos:

$$\begin{aligned}
 \text{Max}_{u,v} \quad h_o &= \sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{ro} \\
 \text{S.A.} \\
 \sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{io} &= 1 \quad (\text{M.2''}) \\
 \sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{rj} - \sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{ij} &\leq 0 \quad \forall j : 1 \dots n \\
 U_r, V_i &\geq \varepsilon > 0 \quad \forall r, i.
 \end{aligned}$$

Sin embargo, aunque este modelo ya era plenamente operativo, en general, no suele ser utilizado para obtener las medidas de eficiencia sino que se

emplea su dual

Asimismo, como se persigue el análisis de la eficiencia de un grupo de entidades de enseñanza pública que reciben un presupuesto anual y destinan éste a obtener los mejores resultados posibles, lo más lógico es utilizar el programa dual que mida la eficiencia por el lado de los outputs:

$$\begin{aligned}
 & \text{Max}_{\varphi_0, \lambda, S_{i-}, S_{r+}} \quad \varphi_0 + \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m S_{i-} + \sum_{r=1}^s S_{r+} \right) \\
 & \text{S.A.} \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot X_{ij} + S_{i-} = X_{i0} \quad \forall i : 1 \dots m \quad (\text{M.3}) \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot Y_{rj} - S_{r+} = \varphi_0 \cdot Y_{r0} \quad \forall r : 1 \dots s \\
 & \lambda_j, S_{i-}, S_{r+} \geq 0
 \end{aligned}$$

Donde:

$\varphi_0$ : Parámetro que mide la eficiencia de la unidad evaluada.

$\lambda_j$ : Ponderaciones obtenidas como solución del programa. Expresan el peso que posee cada DMU dentro del grupo de comparación (*peer group*) de la DMU<sub>o</sub>.

$S_{i-}$ ,  $S_{r+}$ : variables de holgura de inputs y outputs respectivamente.

Transforman las restricciones de desigualdad en igualdades.

El programa M.3, para la unidad analizada (DMU<sub>o</sub>), busca una combinación ponderada de unidades tal que, para cada input, su combinación de factores más la variable de holgura de los mismos sea igual que los insumos utilizados por la DMU<sub>o</sub> (primera restricción) y, a la vez, que para cada output, la combinación ponderada del producto de las unidades menos la respectiva variable de holgura genere una proporción  $\varphi_0$  del output de la unidad



comparada (segunda restricción).

De hecho, el programa M.3 procede del siguiente dual sin variables de holgura ni en las restricciones ni en la función objetivo:

$$\begin{aligned}
 & \text{Max}_{\varphi_0, \lambda} \quad \varphi_0 \\
 & \text{S.A} \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot X_{ij} \leq X_{io}, \forall i : 1 \dots m \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot Y_{rj} \geq \varphi_0 \cdot Y_{ro}, \forall r : 1 \dots s
 \end{aligned} \tag{M.3'}$$

En este último es más sencillo observar que se compara la  $DMU_o$  con todas las DMU reales o ficticias que produzcan lo mismo o más que  $DMU_o$  consumiendo menos o lo mismo respectivamente que la  $DMU_o$ . Mismo o menos que la  $DMU_o$  y no habiendo encontrado ninguna no tendrá más remedio que considerar a la  $DMU_o$  como eficiente dando al  $\varphi_0$  el valor unitario. El hecho es que con el parámetro igual a uno y siendo  $DMU_o$  eficiente sucede que  $Y_{ro} = Y_{ro}$  (según la segunda restricción del programa) ya que sólo el  $\lambda_0$  tendría valor positivo e igual a uno mientras que el resto lo tendría nulo. Por el mismo motivo  $X_{io} = X_{io}$  según la restricción primera. Si por el contrario  $\varphi_0$  fuera mayor que uno,  $DMU_o$  no sería eficiente porque el programa habría encontrado otra DMU real (o no) que satisfaga las dos restricciones, o sea que produzca más o lo mismo que  $DMU_o$  con iguales o menores inputs. Finalmente  $\varphi_0$  no puede ser menor que uno porque siempre será posible para el programa asignar como valor mínimo el unitario

a  $\varphi_0$  ya que la  $DMU_0$  siempre será plausible como solución al asignar un valor unitario al  $\lambda_0$  y nulo al resto.

Los comentarios realizados hasta ahora constituyen las pautas evolutivas básicas del modelo original. Sin embargo, DEA es un cuerpo de conceptos y métodos que, en su estructura básica, puede sintetizarse en cuatro tipos básicos: CCR, BCC, multiplicativos y aditivos. No obstante, sólo se comentarán aquellas extensiones que puedan tener alguna utilidad para el análisis posterior.

### 2.3. ANTECEDENTES

Herrera y Francke (2009) analiza la eficiencia del gasto local en 1686 municipalidades del Perú para el año 2003, mediante la interpretación de las actividades públicas locales como un proceso de producción que transforma *inputs* en *outputs*, estableciendo diversas fronteras de producción, construidas a partir de los mejores resultados dentro de grupos de municipalidades y luego se estima la eficiencia relativa como la distancia a dichas fronteras. El autor utiliza cinco metodologías para la estimación de las fronteras de producción: (i) 3 no paramétricas (Free Disposal Hull, FDH, y Data Envelopment Analysis, DEA-CRS y DEA-VRS) y (ii) dos paramétricas (una determinística y otra estocástica), las cuales se estimaron a través de las diez categorías de municipalidades (cuatro provinciales y seis distritales) definidas mediante una metodología de conglomerados. Finalmente, a partir del empleo de modelos de regresión de tipo TOBIT, se analizaron los determinantes fiscales, socioeconómicos y demográficos de los niveles de eficiencia encontrados

El modelo propuesto para el segundo caso fue:

$$\theta_i = \beta_0 + \beta_1 FCM_i + \beta_2 Canon_i + \beta_3 Denpob_i + \beta_4 CCL_i + \beta_5 Educ1_i + \beta_6 Educ2_i + \varepsilon_i$$

Donde:  $\theta_i$  es la variable dependiente el puntaje de eficiencia promedio de las municipalidades,  $FCM$  es monto transferido por concepto de Foncomun en el año 2003 en términos per cápita,  $Canon$  es el monto transferido por concepto de canon: minero, petrolero, hidroenergético, pesquero, forestal y gasífero; y la renta de aduanas para el año 2003 en términos per cápita  $Denpob$  es el número de habitantes por kilómetro cuadrado,  $CCL$  es el número de miembros del consejo de coordinación local,  $Educ1$  es el porcentaje de la población con secundaria completa,  $Educ2$  es el porcentaje de la población con estudios universitarios y técnicos concluidos,  $\beta$  parámetro a ser estimado y  $\varepsilon_i$  es el término de error.

Los resultados obtenidos son diversos y varían según la categoría del municipio analizado; a pesar que fue posible identificar algunas buenas prácticas municipales, los resultados a nivel nacional son preocupantes puesto que indican que se podría alcanzar la misma provisión de bienes y servicios municipales con 57,6% menos recursos. Entre los principales determinantes de este gasto ineficiente se encontraron las transferencias de los recursos del FONCOMUN y del canon, sobre todo a nivel distrital, mientras que uno de los factores que permitió una provisión más eficiente de los servicios públicos locales fue la participación

Tanzi (2000) sugiere que la evaluación de la calidad del sector público sólo puede lograrse a través del análisis del rol del Estado, si los objetivos de dicho rol son alcanzados eficientemente, entonces puede decirse que existe un gobierno de alta calidad. En tal sentido, la eficiencia del sector público dependerá

del logro de tales objetivos al menor costo es decir, con el menor grado de distorsiones, la menor presión fiscal, el menor número de empleados y con el menor empleo de recursos.

Hernández (2014), sugiere evaluar la eficiencia de gasto público en educación de los gobiernos regionales mediante la metodología de Análisis Envoltante de Datos (DEA) utilizando la variable de gasto público en educación por alumno como variable de insumo (input), y otros; por otro lado logros educativos tanto en la calidad educativa y cantidad como variables de producto (outputs), posteriormente identificar las regiones eficientes e ineficientes, a partir del índice calculado; una vez identificada sugiere comparar con los principales características de las regiones y estos son: regiones *con canon* y *sin canon*, la geografía (costa, sierra y selva), capacidad de gasto de los gobiernos regionales (avance de ejecución presupuestal), presencia de proyectos grandes en las regiones, conflictos sociales, falta de conectividad, PBI regional, ingresos fiscales, la pobreza, etc. Y finalmente sugiere hacer una regresión con la eficiencia de gasto público en educación como variable dependiente y las variables explicativas como capacidad de gasto de los gobiernos regionales, canon, PBI y otras variables que se creen pueden tener efecto en la eficiencia.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. MÉTODO UTILIZADO EN LA INVESTIGACIÓN.

Las características de la presente investigación requieren seguir un proceso ordenado, para el logro de los objetivos propuestos por lo que se requiere establecer lo significativo de los hechos o fenómenos a fin de lograr los objetivos, por lo que el presente estudio utilizara el método analítico-sintético.

Se considera que el método analítico es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo concreto en sus componentes, por lo que trata de describir las causas y efectos del problema; la naturaleza de los efectos descomponiéndolo en sus partes, con la finalidad de conocer, analizar y explicar con exactitud toda sus características y detalles del objeto de investigación; finalmente el método analítico sintético nos permite hacer la síntesis de todo lo analizado en sus aspectos más importantes, además el presente estudio considera un enfoque macro regional.

Contribuyendo a lo anterior, la sistematización analítica, sintética debe ser conducida sistemáticamente a través de las diferentes etapas de escala

ascendente, esto para el mejor desarrollo de nuestro trabajo investigativo. Es característica del método analítico la observación y la sistematización de un hecho o fenómeno que motivo mi interés como investigador.

Como elemento de contraparte del método analítico es la síntesis, como modo de ver un fenómeno en conjunto es decir la labor de volver a reunir las partes divididas por el análisis será precisamente la función sintética de la presente investigación. Ello significa que con este procedimiento habremos demostrado el fenómeno desde el punto vista global.

## **3.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.2.1. Tipo de estudio**

El presente trabajo de investigación es no experimental, ya que las variables que la determinan carecen de manipulación intencional y su forma general es el diseño transeccional correlacional, transversal y longitudinal que se utiliza para realizar estudios de investigación de hechos y fenómenos de la realidad regional y macroregional. El diseño transeccional correlacional busca determinar el grado de relación existente entre la eficiencia del gasto público en saneamiento en el Perú y sus determinantes, el que analizara el nivel comparativo intrarregional.

### **3.2.2. Fuentes de información**

Con el propósito de realizar un análisis y explicación pormenorizada sobre el análisis histórico de las observaciones, estas tendrán una fuente de nivel secundario en cuanto se refiere al gasto público como en saneamiento alcantarillado y otras variables del modelo; para el que se

establecerá una data estadística de las diferentes regiones involucradas como objeto de investigación de nivel regional y nacional.

La información estadística que utilizo el presente trabajo de investigación tuvo como fuente secundaria las instituciones públicas tales como:

- Ministerio de Economía y Finanzas (MEF).
- Banco Central de Reserva del Perú. (BCRP).
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).
- Gobiernos Regionales diversos.

### **3.2. ÁMBITO O LUGAR DE ESTUDIO**

El presente trabajo se analiza en los niveles de eficiencia de Gasto Público en Saneamiento y sus determinantes, cuyo ámbito geográfico es el territorio peruano. Por lo que la población de estudio está determinada por el sector aurífera a nivel nacional.

El Perú es una república independiente, democrática y participativa; administrativamente está constituido por 25 regiones, en el que está incluida la provincia constitucional del Callao la cual tiene rango de región. Su capital es Lima y es constituido la ciudad más importante a nivel nacional y es el centro administrativo y financiero del país, asimismo es la ciudad más poblada con más de 7 millones de habitantes. Perú tiene una extensión aproximada de 1'285,216 Km<sup>2</sup> cuyas regiones naturales lo constituyen la costa, la sierra y selva; su población según el censo de 2007 es de 27'412,157 habitantes.

### 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población está constituida por las 25 regiones del Perú incluyendo la provincia constitucional del Callao. La muestra es el universo del estudio, que está constituido por las regiones del Perú.

### 3.4. DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El análisis y la medición de las variables se realizarán mediante la técnica de estadística descriptiva, con presentación de cuadros. Las variables son las siguientes:

#### **Variables de Insumo (X)**

- Gasto público en saneamiento regional
- Gasto per cápita en saneamiento regional

#### **Variables de Producto (Y)**

- Cobertura de agua potable regional (%)
- Cobertura del alcantarillado regional (%)

Posteriormente se estima el índice de eficiencia gasto público en saneamiento desde el punto de vista de teoría económica del producto el cual está representado por la siguiente función de producción:

$$Y = f(X)$$

Dónde:  $Y$  son los variables de producto mencionadas líneas arriba, vector  $N \times 1$  y  $X$  es  $N \times Q$  que representan variables de insumo,  $N$ =representa a las regiones (25 regiones).

El índice de eficiencia e ineficiencia es obtenida a través del modelo microeconómico del productor y mediante la metodología de análisis envolvente



de datos, el cual tiene dos enfoques: orientación al producto y orientación al insumo.

### Modelo orientado al producto: Maximización de Beneficios

Siguiendo la metodología DEA se tiene, el objetivo es maximizar los beneficios del productor  $\varphi^0$  sujeto a las restricciones.

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{\varphi^0, \lambda} \quad \varphi^0 \\ & \text{S.A} \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot X_{ij} \leq X_{io}, \forall i : 1 \dots m \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot Y_{rj} \geq \varphi^0 \cdot Y_{ro}, \forall r : 1 \dots s \end{aligned}$$

Dónde:

$\varphi^0$ : parámetro que mide la eficiencia de la unidad evaluada.

$Y_{rj}$ : output i-ésimo de la DMU j-ésima. En nuestro caso las DMUs son las regiones del Perú y las variables outputs están representadas por la cobertura de agua y alcantarillado.

$X_{ij}$ : input i-ésimo de la DMU j-ésima. La variable input está representada por gasto público en saneamiento en términos per capita.

$V_i, U_r$ : ponderaciones de inputs y outputs respectivamente (soluciones del programa).

$\lambda_j$ : ponderaciones obtenidas como solución del programa. Expresan el peso que posee cada DMU dentro del grupo de comparación (*peer group*) de la DMU.

Como puede observarse la función objetivo ( $h_o$ ) es el ratio de eficiencia de la unidad comparada (la  $o$ ) y su maximización está sujeta a que ningún ratio de eficiencia supere la unidad.

### Modelo orientado al insumo: Minimización de costos

El índice de eficiencia por lado de insumo siguiendo la metodología DEA minimiza los costos de producción lo que lleva a la eficiencia, para el caso

$$\begin{aligned}
 & \text{Min}_{\varphi_{ob}^*, \lambda_j} \quad \varphi_{ob}^* \\
 & \text{S.A.} \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot X_{jb}^* = \varphi_{ob}^* \cdot X_o \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot Y_j = Y_o \\
 & \lambda_j \geq 0, \quad j: 1 \dots n
 \end{aligned}$$

La resolución de la función objetivo sea realiza por método de Karush–Kuhn–Tucker. Una vez encontrado el índice de eficiencia e ineficiencia orientado al producto y orientado al insumo se tomara en cuenta el promedio de ambas, al cual representaremos con la variable EFIC.

### Índice de eficiencia

Para encontrar el nivel de eficiencia de gasto público en saneamiento en la cobertura de agua y saneamiento, se deberá resolver los modelos matemáticos descritos anteriormente a través de programación lineal, esto requiere las condiciones de Karush–Kuhn–Tucker. Sin embargo, para mayor facilidad utilizamos el programa DEAP 2.1. El índice de eficiencia, sirve para identificar regiones eficientes e ineficientes. Este indicador varía entre el rango [0.1], el

rango de eficiencia está a cargo del investigador. En nuestro se ha definido en cinco partes:

- Rango: índice de 0.00 - 0.20 región muy ineficiente.
- Rango: índice de 0.21 - 0.40 región ineficiente.
- Rango: índice de 0.41 - 0.60 región de baja eficiencia
- Rango: índice de 0.61 - 0.80 región moderadamente eficiente.
- Rango: índice de 0.81 - 1.00 región eficiente.

El rango aceptable para nuestro estudio es a partir de índice 0.61 para ser considerado eficiente.

### 3.5. Modelo Econométrico

Una vez definida el índice de eficiencia, se construye los determinantes de la eficiencia de gasto público en saneamiento teniendo en cuenta la evidencia empírica:

$$EFIC=f(AEPT, AEPSA, PROD, EDUC, OTVC)$$

$$EFIC_i = \alpha_0 + \alpha_1 AEPT_i + \alpha_2 AEPSA_i + \alpha_3 PROD_i + \alpha_4 EDUC_i + \alpha_5 OTVC_i + \mu_i$$

Dónde,  $EFIC_i$  es el nivel de eficiencia de gasto público en saneamiento del gobierno regional  $i$ , expresado en escala donde  $EFIC_i$  toma valores (0-1),  $AEPT_i$  es el avance de ejecución presupuestal total de la región  $i$ , expresado en porcentaje (%),  $AEPSA_i$  es el avance de ejecución presupuestal en proyectos de saneamiento de la región  $i$ , expresado en porcentaje (%),  $PROD_i$  es el nivel de productividad de la región  $i$ , variable proxy (tasa de crecimiento de PBI),  $EDUC_i$  es el nivel de educación de la región  $i$ , variable proxy (tasa de alfabetismo

regional) y  $OTVC_i$  son otras variables que puedan tener efecto de la región  $i$ ,  $\mu_i$

Es la variable de error y  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_4, \alpha_5$ , = parámetros

### 3.6. Técnicas e instrumentos

#### a. Recolección de datos

Para el presente trabajo de investigación se tomaran datos de las fuentes gubernamentales tales como:

- Ministerio de Economía y Finanzas (MEF)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)
- Ministerio de Educación (MINEDU)
- Otros.

#### b. Técnicas de Estimación

En la presente investigación se empleara la metodología de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) el cual siguiente consiste en minimizar el error al cuadrado del modelo, para encontrar los coeficientes del modelo.

$$EFIC_i = [1 \text{ AEPT AEPSA PROD EDUC OTVC}] \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \beta_4 \\ \beta_5 \end{bmatrix} + u_i$$

Expresando matricialmente, y minimizando el error al cuadrado se tiene los coeficientes:

$$Y = XB + u_i, \text{ Donde, } Y = Pob_i,$$

$$X = (\text{AEPT AEPSA PROD EDUC OTVC}) \text{ y}$$

$B = (\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_1)^T$  es vector de coeficientes.

$$Y = XB + u$$

$$u = Y - XB \rightarrow u'u = (Y - XB)'(Y - XB)$$

$$u'u = Y'Y - B'X'Y - Y'XB - B'X'XB$$

$u'u = Y'Y - 2B'X'Y - B'X'XB$  , donde:  $B'X'Y = Y'XB$  tiene el mismo rango.

$$\frac{\partial u'u}{\partial B} = -2X'Y - 2BX'X = 0, \rightarrow B = (X'X)^{-1}X'Y$$

Donde  $B$ , es vector de coeficientes estimados por MCO, el cual la varianza mínima. Así mismo, el error cumple el supuesto de normalidad de los errores y homocedasticidad  $u \sim N(0, \sigma^2)$ . Y si existiese la presencia de heterocedasticidad se estimará por método de Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG) o Mínimos Cuadrados Ponderados (MCP).

### c. Hipótesis estadístico

$H_0: B = 0 \rightarrow \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = 0$ , No existe relación significativa de las variables explicativas a la variable explicada con  $\alpha\%$  de nivel de significancia.

$H_1: B \neq 0 \rightarrow \beta_2 \neq \beta_3 \neq \beta_4 \neq \beta_5 \neq \beta_6 \neq 0$ , Si existe relación significativa de las variables explicativas a la variable explicada con  $\alpha\%$  de nivel de significancia.

La estadística de prueba es la  $t$  de Student, el cual se muestra a continuación:

$$t_c = \frac{\beta_i}{\sqrt{\text{Var}(\beta_i)}} \sim t_{\alpha}(n - q)g.l. , \text{ donde } i = 2, \dots, 6$$

Si  $t_c > t_{tablas}$  se rechaza la  $H_0$  y se acepta la alterna con  $\alpha\%$  de significancia

Si  $t_c < t_{tablas}$  no se rechaza la  $H_0$  con  $\alpha\%$  de significancia.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. IDENTIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE EFICIENCIA DEL GASTO EN SANEAMIENTO EN LAS REGIONES DEL PERÚ

La eficiencia de gasto público en saneamiento, fue medida a través de la metodología no paramétrica de Análisis Envolvente de Datos (*DEA*)<sup>6</sup>. Este modelo es basado en el criterio del investigador, y no requiere análisis de inferencia estadística. Es un modelo que construye índice de eficiencia a través de la frontera de posibilidades de producción.

En este contexto, se construyó bajo los tres enfoques que ofrece la DEA: la primera con un (1) inputs y dos (2) outputs con orientación al insumo, es un modelo de minimización de gasto. En la segunda parte modelo se muestra DEA de un (1) inputs y dos (2) outputs con orientación al producto, maximización de producción. Finalmente, un modelo DEA de un (1) inputs y dos (2) outputs con orientación al insumo-producto (promedio).

Las variables de insumo y producto utilizado en esta función de producción. A continuación se caracteriza las variables de insumo y producto del modelo de

eficiencia de gasto público en saneamiento:

**a. Variable de insumo (inputs)**

- Gasto público en saneamiento per cápita de las regiones, en soles corrientes.

**b. Variables de producto (ouputs)**

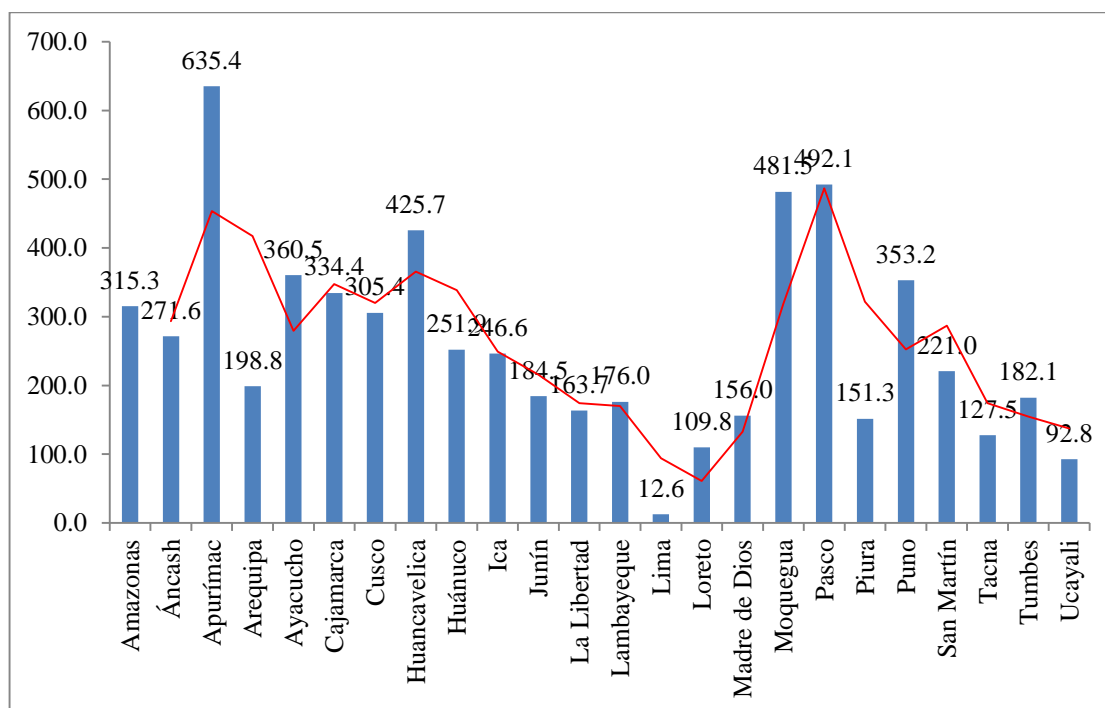
- Cobertura de Agua: Hogares que se abastecen de agua mediante red pública (en porcentaje)
- Cobertura de Agua: Hogares que residen en viviendas particulares con red pública de alcantarillado (en porcentaje)

El gasto público en saneamiento esta expresado en términos per capitas, para fines de comparación. En este contexto se muestra el indicador (véase tabla 01). Así se observa a las regiones Huánuco y Junín, los cuales se encuentran en el intervalo de 426.31 y 528.54 soles por persona. Las regiones Amazona, Huancavelica, Ayacucho, Arequipa y Moquegua, tiene gasto entre 324.06 y 426.30 soles por persona. Por otro lado las regiones con menores gastos por persona, son las regiones Lima y Ucayali que se encuentran en el intervalo de 17.34 y 119.54. Así, se observa en el mapa la distribución de este gasto en saneamiento.

**Cuadro 1.** Gasto per cápita en saneamiento en el Perú, periodo 2013 – 2015

Obs	Region	2013	2015	Promedio	Var	obs	Región	2013	2015	Promedio	Var
1	Amazonas	560.4	315.3	411.2	-43.7	13	Lambayeque	168.4	176.0	153.9	4.5
2	Áncash	351.7	271.6	286.4	-22.8	14	Lima	25.4	12.6	17.3	-50.5
3	Apurímac	487.6	635.4	528.2	30.3	15	Loreto	112.4	109.8	92.3	-2.3
4	Arequipa	289.5	198.8	236.7	-31.3	16	Madre de Dios	91.9	156.0	106.8	69.8
5	Ayacucho	380.9	360.5	339.4	-5.4	17	Moquegua	298.5	481.5	417.3	61.3
6	Cajamarca	262.8	334.4	272.1	27.3	18	Pasco	422.3	492.1	435.8	16.5
7	Cusco	332.3	305.4	313.2	-8.1	19	Piura	264.5	151.3	198.7	-42.8
8	Huancavelica	414.5	425.7	386.7	2.7	20	Puno	291.1	353.2	317.3	21.3
9	Huánuco	222.7	251.9	206.8	13.1	21	San Martín	166.9	221.0	184.0	32.4
10	Ica	218.4	246.6	224.8	12.9	22	Tacna	163.6	127.5	128.0	-22.1
11	Junín	112.2	184.5	140.1	64.4	23	Tumbes	399.0	182.1	291.9	-54.4
12	La Libertad	161.9	163.7	150.0	1.1	24	Ucayali	145.1	92.8	97.7	-36.0

Fuente: Elaborado a los datos reportados por el MEF

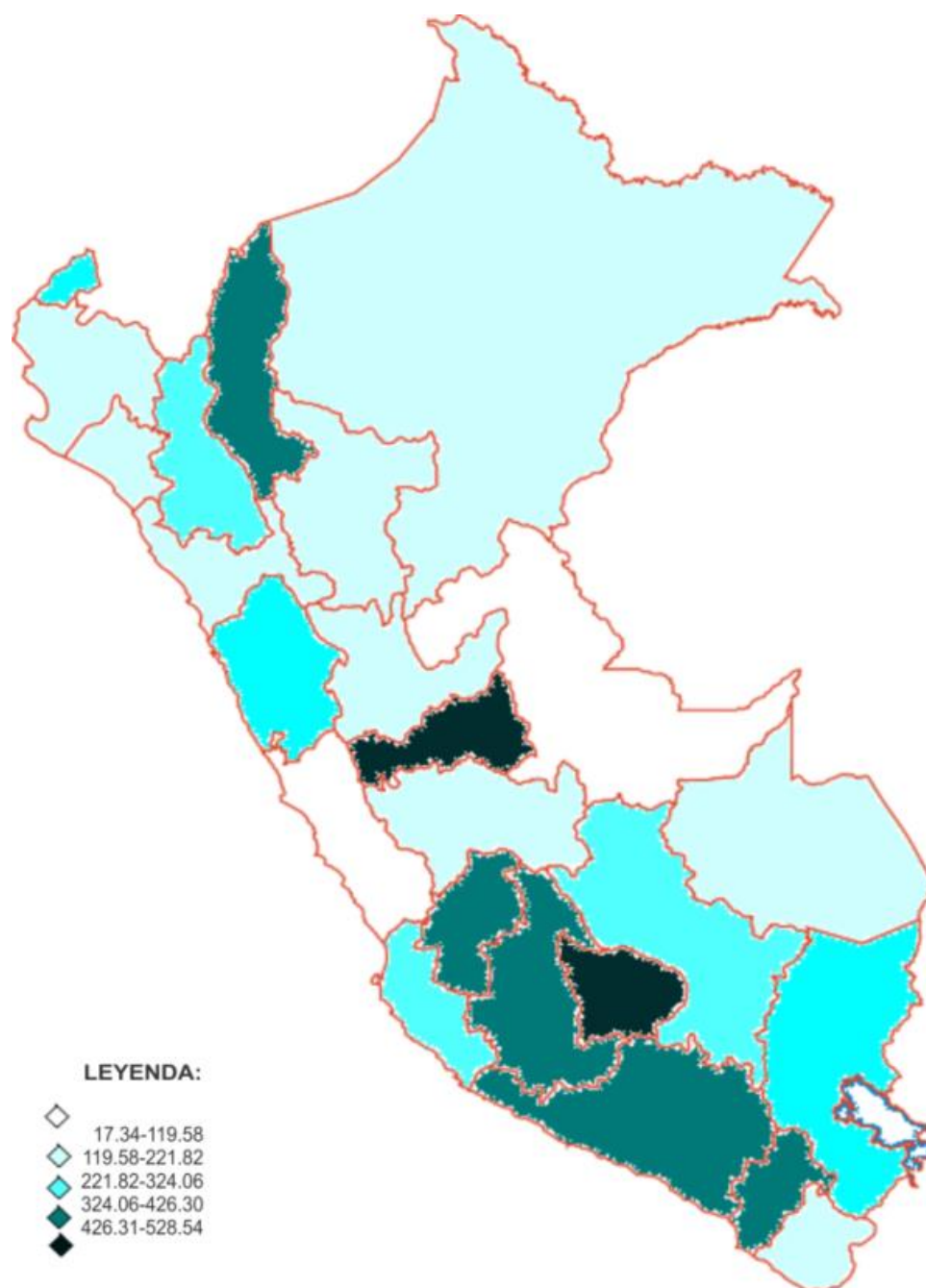


**Figura 4.** Gasto per cápita en saneamiento en el Perú, periodo 2013 – 2015

Fuente: Cuadro 1

Así mismo en la figura 4, se muestra la mapa de gasto público en saneamiento per cápita, el gasto es heterogéneo a nivel departamental, siendo las regiones de costa con mayores niveles de gasto per cápita, seguida de la región sierra y selva.





**Figura 5.** Gasto per cápita en saneamiento en el Perú, periodo 2013 – 2015

Fuente: sobre la base colectados

Por otro lado, se observa a la variable de cobertura de agua (variable de producto), expresado a través del indicador de hogares que se abastecen de agua mediante red pública. Según la teoría económica, se espera que a mayor gasto en saneamiento publico mayor será el producto, que es el nivel de

cobertura de agua de los regiones. En este contexto se observa a las regiones con mayor cobertura las regiones Lima, Arequipa, Moquegua, Tacna, Cusco, Ayacucho, Apurímac, Ica, Ancash y Lambayeque, con una cifra de 87.48 – 95.20 %. Y las regiones con menor cobertura de agua es Puno y Loreto, como se vio en la mapa anterior son las regiones que tienen menor inversión per cápita en saneamiento.

**Cuadro 2.** Cobertura de agua en el Perú, periodo 2013 – 2015

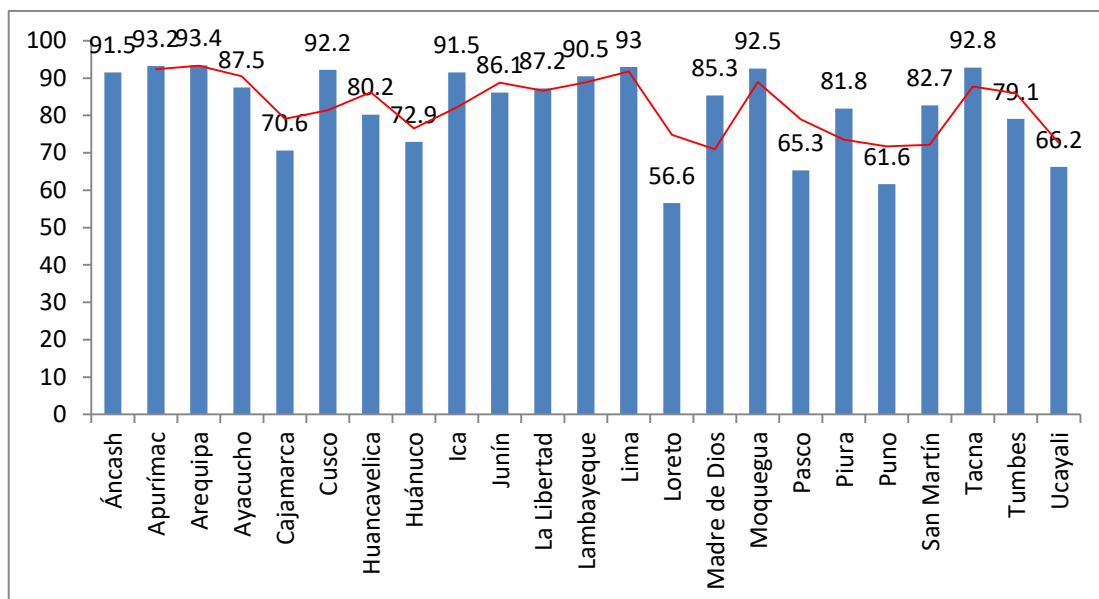
Obs	Región	2013	2015	Promedio	Var (%)	Obs	Región	2013	2015	Promedio	Var (%)
1	Amazonas	78.4	78.6	78.7	0.3	13	Lambayeque	88.8	90.5	89.1	1.9
2	Áncash	93.3	91.5	93.0	-1.9	14	Lima	91.7	93.0	92.6	1.4
3	Apurímac	89.7	93.2	91.4	3.9	15	Loreto	53.7	56.6	55.4	5.4
4	Arequipa	92.2	93.4	92.7	1.3	16	Madre de Dios	79.7	85.3	82.5	7.0
5	Ayacucho	83.9	87.5	86.1	4.3	17	Moquegua	94.6	92.5	94.5	-2.2
6	Cajamarca	57.7	70.6	68.0	22.4	18	Pasco	55.4	65.3	62.2	17.9
7	Cusco	86.7	92.2	89.1	6.3	19	Piura	82.5	81.8	82.1	-0.8
8	Huancavelica	73.6	80.2	76.3	9.0	20	Puno	59.6	61.6	62.7	3.4
9	Huánuco	65.2	72.9	70.5	11.8	21	San Martín	75.1	82.7	78.6	10.1
10	Ica	91.4	91.5	91.3	0.1	22	Tacna	91.1	92.8	92.1	1.9
11	Junín	85.4	86.1	85.5	0.8	23	Tumbes	82.4	79.1	79.8	-4.0
12	La Libertad	83.6	87.2	86.2	4.3	24	Ucayali	60.7	66.2	63.0	9.1

Nota: (Hogares que se abastecen de agua mediante red pública (Porcentaje))

Fuente: Elaborado en base a datos del MEF

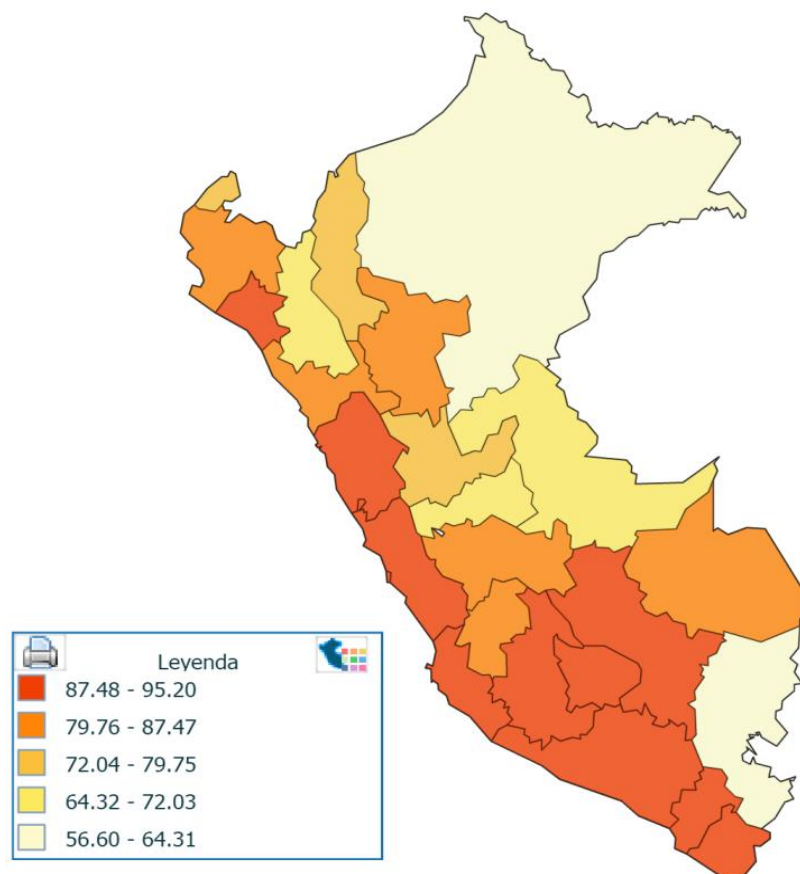
Las regiones que aumentaron la cobertura de agua, en gran magnitud, en los últimos años fueron Cajamarca, Madre de Dios, San Martín y Huancavelica, con una variación respecto al 2013 en 22.4%, 17.9%, 10.9%, 9.1% y 9.0%. Por otro lado, las regiones de Tumbes, Moquegua, Ancash y Piura no aumentaron la cobertura son -4.0%, -2.2%, -1.9% y -0.8% respectivamente.

En la figura 6, se muestra la mapa de cobertura agua, se observa que las regiones de costa tienen mayor cobertura de agua, seguida de sierra y selva



**Figura 6.** Cobertura de agua en el Perú, periodo 2013 – 2015

Nota: (Hogares que se abastecen de agua mediante red pública (Porcentaje))  
 Fuente: Cuadro 2



**Figura 7.** Cobertura de agua en el Perú, periodo 2013 – 2015

Nota: (Hogares que se abastecen de agua mediante red pública (Porcentaje))  
 Fuente: Base de datos colectados.

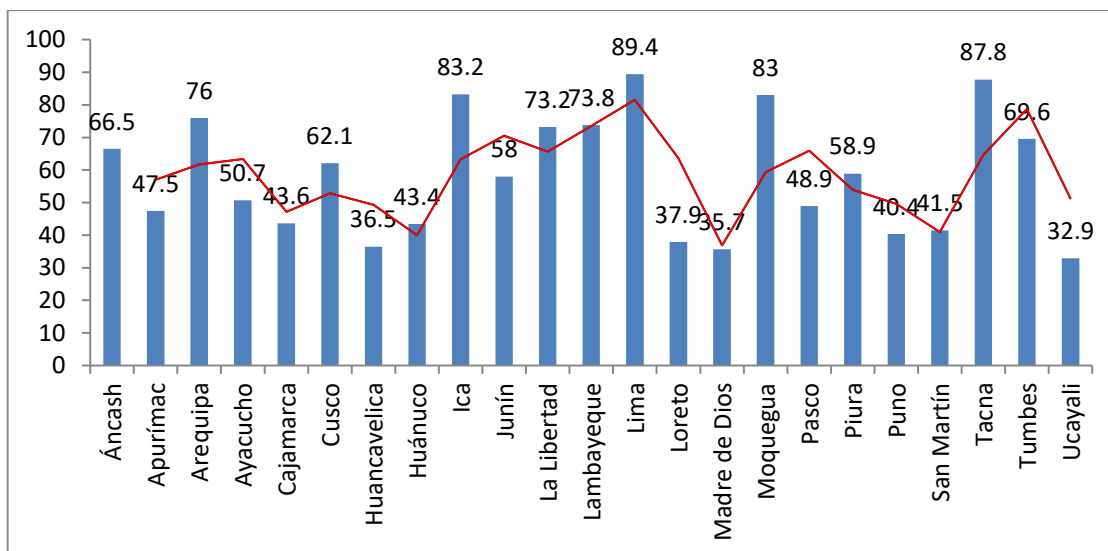
Finalmente la variable de cobertura del alcantarillado, medida a través de hogares que se abastecen de agua mediante la red pública, variable de producto. En este contexto las regiones con mayor cobertura del alcantarillado se destacan Lima, Moquegua, Tacna e Ica, las cifras bordean alrededor de 78.10 y 89.40%. Por otro lado se muestra las regiones con menor cobertura e Puno, Huancavelica y Cajamarca los cuales se encuentran en 32.90 y 44.19%.

**Cuadro 3.** Cobertura del alcantarillado en el Perú, periodo 2013 – 2015

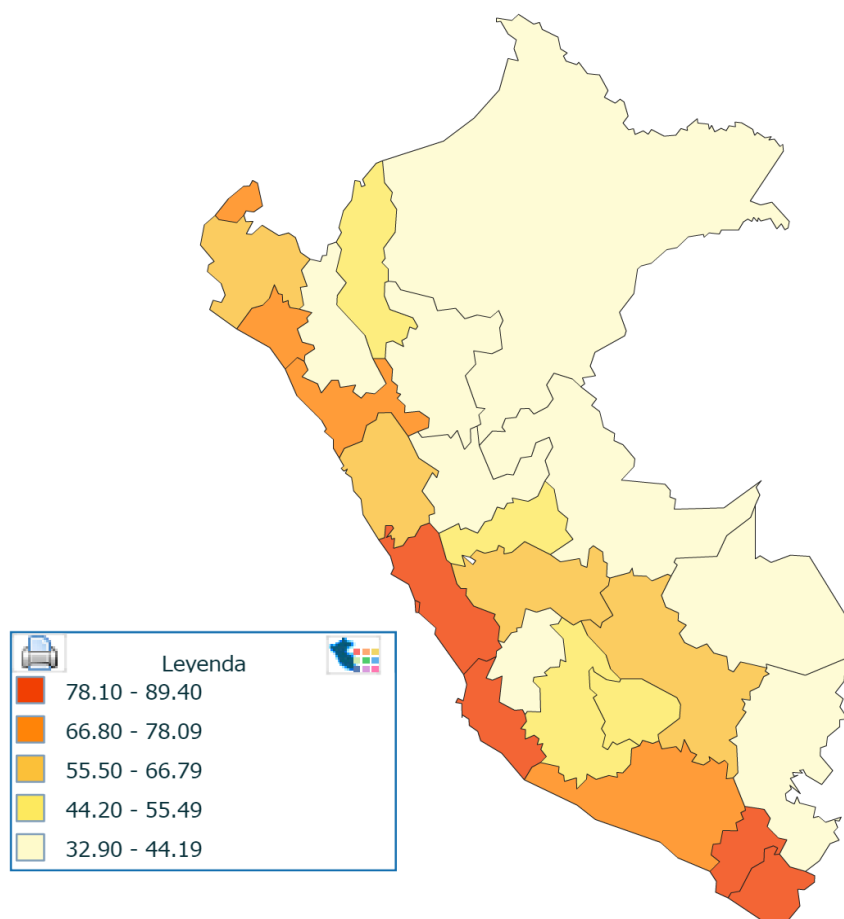
		2013	2015	Promedio	Var (%)
1	Amazonas	45.5	47.1	45.2	3.5
2	Áncash	67.5	66.5	67.4	-1.5
3	Apurímac	43.1	47.5	44.7	10.2
4	Arequipa	76.5	76.0	75.4	-0.7
5	Ayacucho	47.0	50.7	48.9	7.9
6	Cajamarca	43.6	43.6	43.0	0.0
7	Cusco	60.1	62.1	60.2	3.3
8	Huancavelica	29.5	36.5	31.3	23.7
9	Huánuco	38.6	43.4	40.5	12.4
10	Ica	79.2	83.2	81.1	5.1
11	Junín	61.5	58.0	59.3	-5.7
12	La Libertad	70.7	73.2	71.9	3.5
13	Lambayeque	72.6	73.8	73.5	1.7
14	Lima	89.9	89.4	89.9	-0.6
15	Loreto	37.3	37.9	37.0	1.6
16	Madre de Dios	45.1	35.7	41.3	-20.8
17	Moquegua	79.6	83.0	81.9	4.3
18	Pasco	47.2	48.9	48.3	3.6
19	Piura	55.5	58.9	56.2	6.1
20	Puno	37.9	40.4	41.1	6.6
21	San Martín	40.0	41.5	40.6	3.8
22	Tacna	87.9	87.8	87.8	-0.1
23	Tumbes	68.6	69.6	68.6	1.5
24	Ucayali	29.9	32.9	30.0	10.0

Nota: (Hogares que residen en viviendas particulares con red pública de alcantarillado (Porcentaje)

Fuente: MEF



**Figura 8.** Cobertura de alcantarillado en el Perú, periodo 2013 – 2015 (Hogares que residen en viviendas particulares con red pública de alcantarillado (Porcentaje)  
Fuente: Cuadro 3



**Figura 9.** Cobertura de alcantarillado en el Perú, periodo 2013 – 2015 (Hogares que residen en viviendas particulares con red pública de alcantarillado (Porcentaje)  
Fuente: Base de datos colectados

#### 4.1.1. Estimación del Índice de Eficiencia de Gasto Público en Saneamiento.

Bajo la metodología de DEA, con orientación insumo se construyó índice de eficiencia de gasto público en saneamiento para las regiones del Perú, en términos de rendimientos a escala variable (CVR). Los resultados de la estimación del índice se muestran en la tabla 04, para los últimos tres años.

En el cuadro 4, se muestran los resultados del índice de eficiencia de gasto público en saneamiento en las regiones del Perú. Se observan índice que se encuentran en el intervalo de  $[0,1]$ , siendo 1, la región más eficiente, 0.500 región ineficiente moderado y por debajo de esta cifra son regiones ineficientes absolutos. Bajo esta metodología, *con orientación al insumo*, se muestra a la región de Lima como la región más eficiente en uso de gasto en saneamiento para obtener los resultados en cobertura de agua y alcantarillado, con un índice de 1; seguido de la región Arequipa que muestra un índice de 0.680; Moquegua, con 0.676 y Ancash, con 0.612. Las demás regiones son ineficientes, ya que se encuentran por debajo 0.500.

Por otro lado se muestra resultados con orientación al producto, es decir, las regiones en obtener mejores resultados en cobertura de agua y alcantarillado, dado un nivel de gasto en saneamiento. La diferencia con la de orientación al insumo, es que la orientación al producto tiene en cuenta los resultados obtenidos, dado un nivel de gasto; en tanto la orientación al insumo trata de explicar qué región utilizó menos recursos

para obtener los resultados. En este contexto encontramos a las regiones eficientes por lado producción, ya que los puntajes están cercanos a 1, a excepción de las regiones Cajamarca, Huánuco, Puno y Ucayali que muestran cifras bajas de 0.723, 0.753, 0.665 y 0.677 respectivamente.

**Cuadro 4.** Eficiencia de Gasto Público, metodología DEA VRS – orientado al Insumo y al producto, periodo 2013 – 2015

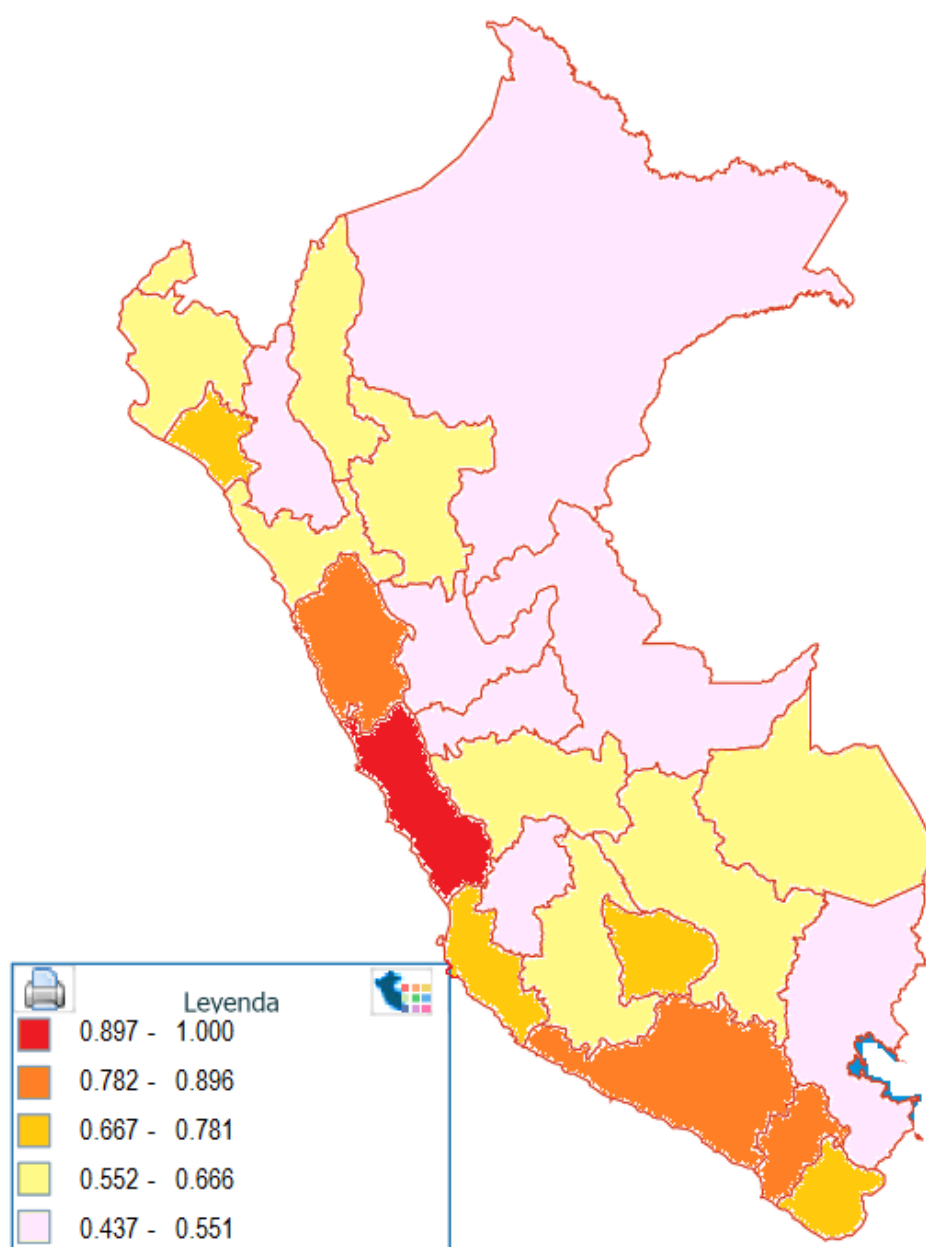
OBS	REGIÓN	OUTPUT - ORIENTED	INPUT - ORIENTED	INPUT - OUPUT ORIENTED	RANKING
1	Amazonas	0.833	0.303	0.568	17
2	Áncash	0.987	0.612	0.800	4
3	Apurímac	0.965	0.382	0.673	6
4	Arequipa	0.984	0.680	0.832	3
5	Ayacucho	0.913	0.325	0.619	13
6	Cajamarca	0.723	0.238	0.481	21
7	Cusco	0.944	0.335	0.640	11
8	Huancavelica	0.808	0.284	0.546	18
9	Huánuco	0.753	0.281	0.517	19
10	Ica	0.973	0.365	0.669	7
11	Junín	0.916	0.368	0.642	10
12	La Libertad	0.922	0.363	0.643	9
13	Lambayeque	0.954	0.382	0.668	8
14	Lima	1.000	1.000	1.000	1
15	Loreto	0.595	0.318	0.456	22
16	Madre de Dios	0.887	0.380	0.633	12
17	Moquegua	0.998	0.676	0.837	2
18	Pasco	0.658	0.216	0.437	24
19	Piura	0.874	0.346	0.610	14
20	Puno	0.665	0.238	0.451	23
21	San Martín	0.840	0.317	0.579	16
22	Tacna	0.992	0.414	0.703	5
23	Tumbes	0.846	0.330	0.588	15
24	Ucayali	0.677	0.349	0.513	20

Fuente: Base de datos colectados

Finalmente bajo la metodología DEA con orientación a insumo-producto (promedio), se muestran las cinco regiones más eficientes a Lima, Moquegua, Arequipa, Ancash y Tacna con índices de 1, 0.837, 0.832, 0.800 y 0.703 respectivamente; es decir son regiones que usan oportunamente los recursos en saneamiento para obtener mejores

resultados en Cobertura de agua y alcantarillado. Y las regiones menos eficientes son Pasco, Puno, Loreto, Cajamarca y Ucayali con puntajes de 0.437, 0.451, 0.456, 0.456 y 0.481 respectivamente.

Así mismo en la figura 4, podemos observar la mapa de eficiencia de gasto público en saneamiento



**Figura 10.** Mapa de Eficiencia Gasto en Saneamiento, bajo la metodología DEA orientado insumo – producto, periodo 2013 – 2015  
Fuente: Base de datos colectados



#### 4.2. DETERMINANTES DE LA EFICIENCIA DE GASTO PÚBLICO EN SANEAMIENTO

Para determinar la eficiencia de gasto público en saneamiento, se utilizaron datos de frecuencia anual, a partir del periodo 2013 y 2015 y, estas variables son:

##### Variable dependiente

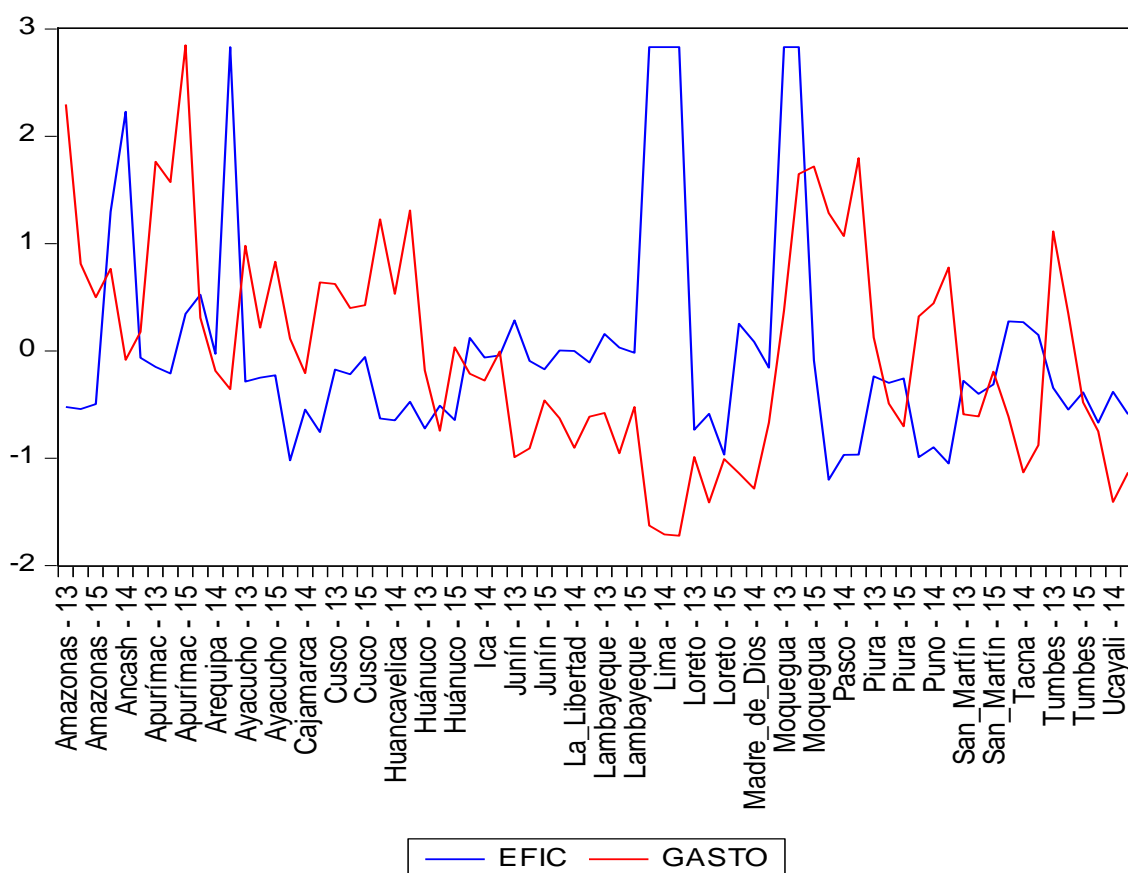
- **Índice de eficiencia de gasto en saneamiento (EFIC):** Representada por el índice de eficiencia en saneamiento con orientación insumo-producto, construida en el primer objetivo de esta investigación. El índice se encuentra en el intervalo  $[0,1]$ , siendo 1 como la región más eficiente y 0 representa a la región muy ineficiente.

##### Variables independientes

- Desempeño de gasto de los gobiernos regionales en proyectos de saneamiento (EJEC\_SAN): Esta variable fue aproximada mediante el avance de ejecución de proyectos de inversión es saneamiento, porcentaje de avance. Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas.
- Desempeño de gasto de los gobiernos regionales en proyectos de global (EJEC\_TOTAL): Esta variable fue aproximada mediante el avance de ejecución de proyectos de inversión global, porcentaje de avance. Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas.
- Productividad (PBI): es la variable de productividad representada por la tasa de crecimiento anual de PBI per cápita. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Educación regional (EDU): la variable representa a la educación regional,

aproximado por la variable de tasa de alfabetismo regional Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

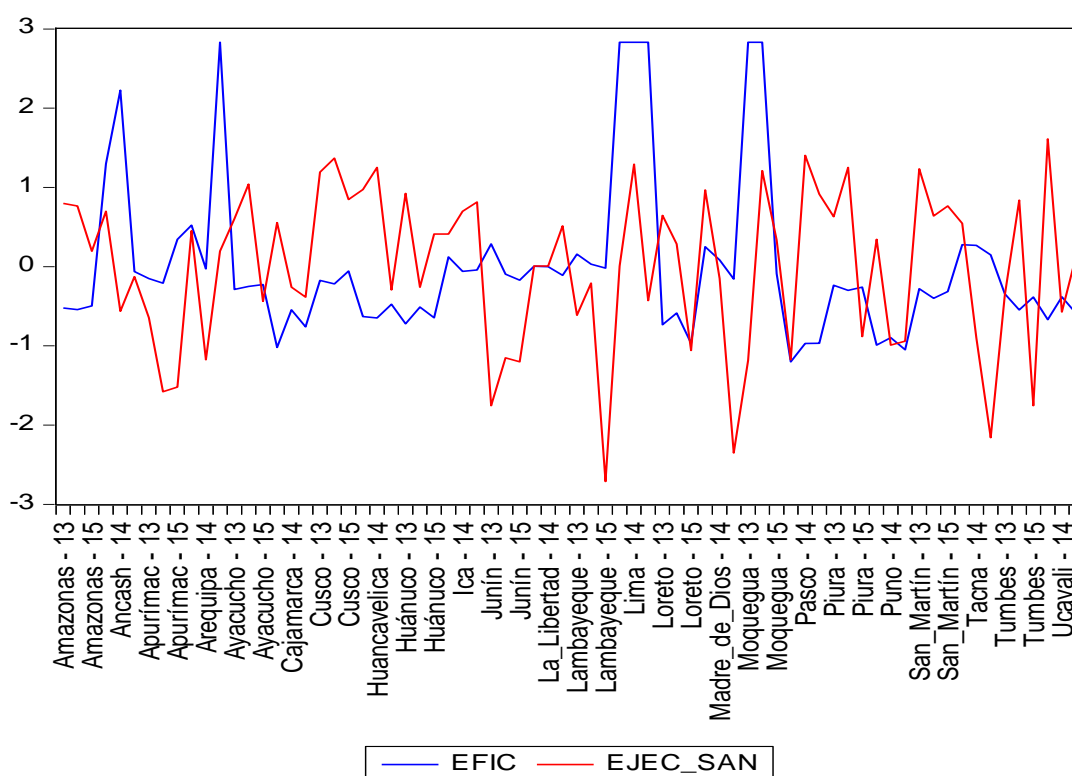
- Con la finalidad de determinar la eficiencia de gasto público en saneamiento, se analizó las correlaciones del variables del modelo. Esto nos permite verificar el signo y el grado de asociatividad de las variables. En la figura 11, la relación de la variable de eficiencia de gasto regional con el gasto per cápita en saneamiento. Podemos observar una relación negativa entre las variables, lo que muestra una evidencia que mayor gasto en saneamiento, menores son los niveles de eficiencia, esta relación tiene una pendiente negativa de -0.21



**Figura 11.** Relación de variable de Eficiencia de Gasto Público en Saneamiento y con el Gasto Per cápita en Saneamiento regional, periodo 2013-2015

También podemos observar la heterogeneidad de la variable eficiencia, algunas de las regiones se encuentran en niveles de eficiencia muy alta, como es el caso de la región Lima, Moquegua y Arequipa.

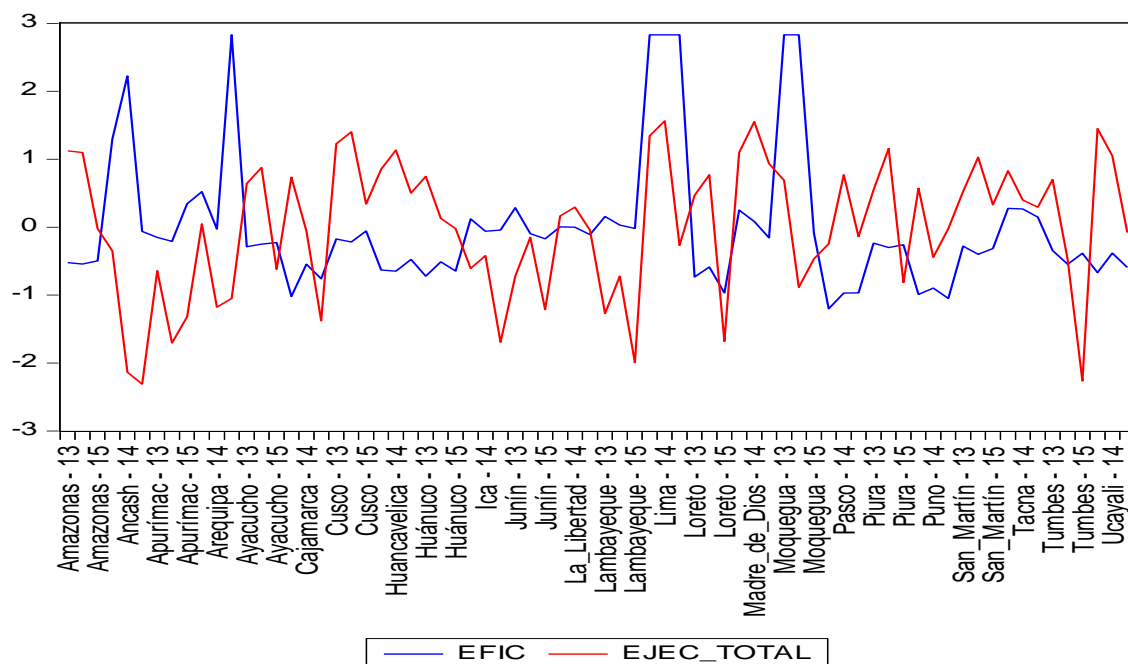
Por otro lado se observa la relación de la variable de eficiencia con la variable de avance de ejecución presupuestal de las regiones, en el rubro de saneamiento. Se muestra una relación negativa.



**Figura 12.** Relación de variable de Eficiencia de Gasto Público en Saneamiento y el avance de Ejecución Presupuestal en el rubro de saneamiento, periodo 2013-2015

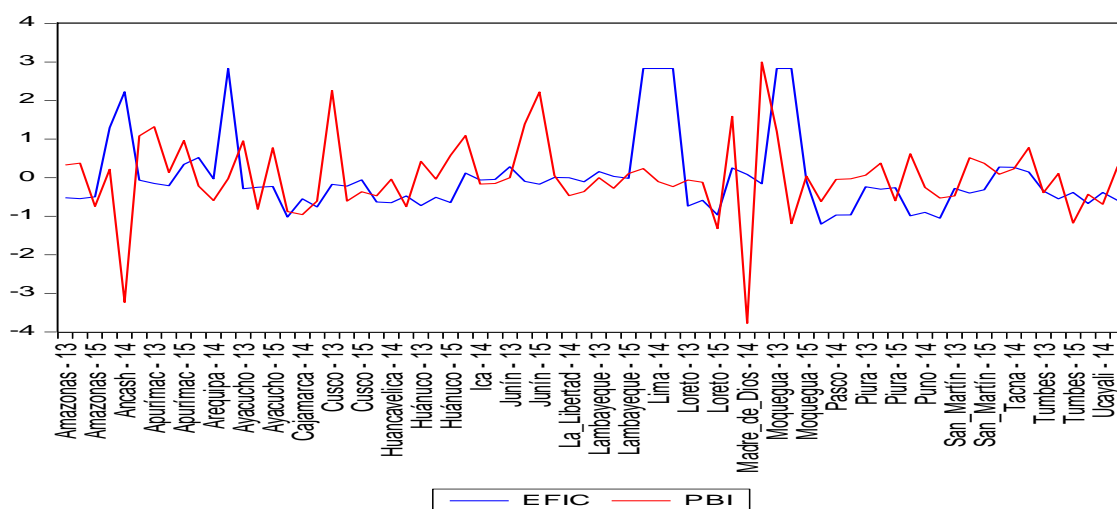
Fuente: Cuadro 4

En la figura 13, se observa la relación entre la eficiencia de gasto en saneamiento y el avance de ejecución presupuestal total de las regiones, se observa una relación negativa entre las variables, lo que nos da conocer que el coeficiente de estimación modelo será negativo.



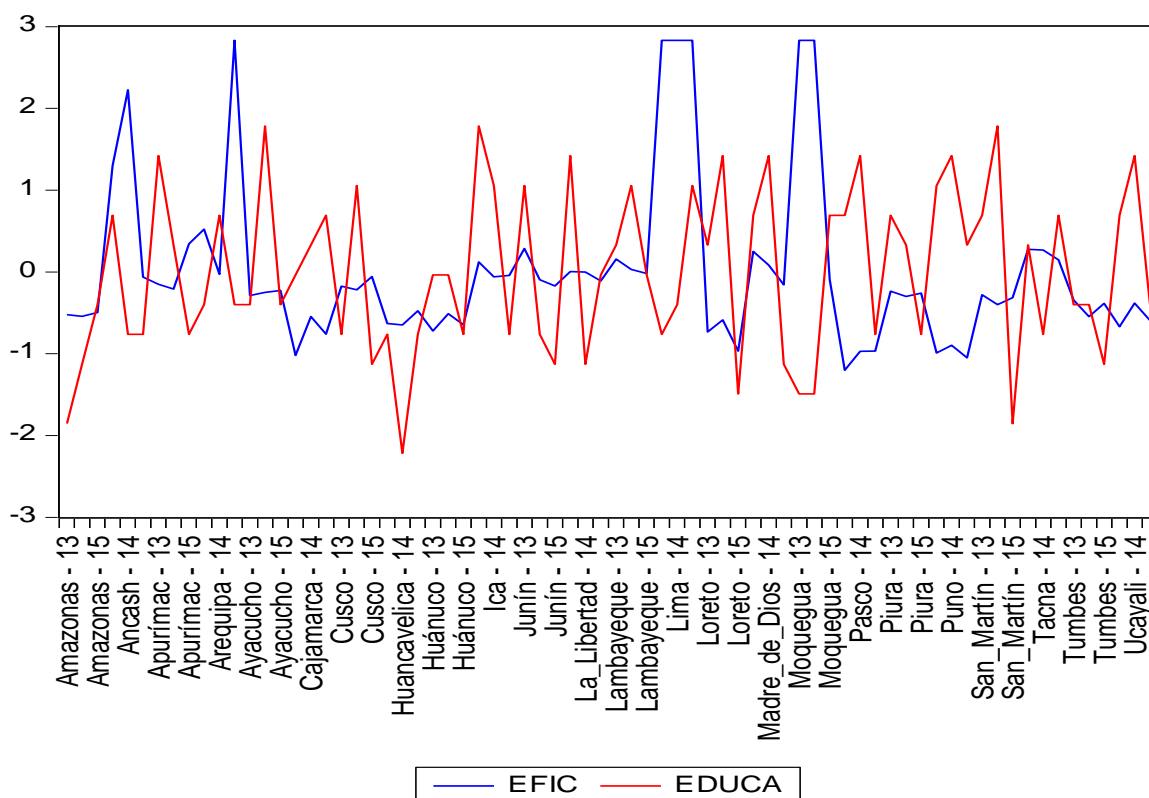
**Figura 13.** Relación de variable de Eficiencia de Gasto Público en Saneamiento y el avance de Ejecución Presupuestal total regional, periodo 2013-2015  
Fuente: Cuadro 4

En la figura 14, se observa la relación entre la eficiencia de gasto en saneamiento y el producto bruto interno de las regiones, a lo largo de la muestra se observa una relación positiva entre las variables, lo que nos da conocer que el coeficiente de estimación modelo será positivo.



**Figura 14.** Relación de variable de Eficiencia de Gasto Público en Saneamiento y con el Crecimiento del PBI, periodo 2013-2015  
Fuente: Cuadro 4

En la figura 15, se observa la relación entre la eficiencia de gasto en saneamiento y la educación regional aproximado por la tasa de alfabetismo, se observa una relación negativa entre las variables, lo que nos da conocer que el coeficiente de estimación modelo será negativo.



**Figura 15.** Relación de variable de Eficiencia de Gasto Público en Saneamiento y con el Gasto Per cápita en Saneamiento regional, per cápita. Período 2013-2015

Fuente: Cuadro N° 04

**4.2.1. Análisis Estadístico descriptivo de los determinantes de la eficiencia del gasto público en saneamiento.**

El promedio de la eficiencia de gasto público en saneamiento regional durante los últimos tres años fue de 0.52, es decir, las regiones fueron moderadamente eficientes, con una desviación estándar de 0.17 puntos de la eficiencia. Teniendo como máximo un índice de 1 (más

eficiente), representada por la región de Lima y una mínima con 0.32 (menos eficiente) representada por la región de Pasco, lo que llevo ubicarse en el ranking 24. La región de Puno obtuvo un índice de 0.435, ubicándose en el puesto 23.

El gasto per cápita de las regiones en el rubro de saneamiento registro una media de 246.35 soles, el gasto máximo llevo a representar 635.42 soles, representada por la región de Huánuco y Junín. El gasto mínimo se registró de 12.56 soles, representada por la región de Lima.

**Cuadro 5.** Estadística descriptiva de los determinantes de eficiencia de gasto público en saneamiento

	EFIC	GASTO	EJEC_SAN	EJEC_TOTAL	PBI	EDUCA
Mean	0.52	247.35	63.30	72.99	2.73	99.21
Median	0.49	222.26	65.60	73.75	2.55	99.20
Maximum	1.00	635.42	82.50	86.40	18.98	99.70
Minimum	0.32	12.56	31.00	53.20	-17.72	98.60
Std. Dev.	0.17	136.30	11.91	8.57	5.42	0.27
Observations	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00

Fuente: Base de datos colectados

El avance de ejecución presupuestal en proyectos de saneamiento, muestran un avance promedio en 63%, con una desviación estándar de 11.91% de avance. Así también el avance de ejecución presupuestal total de los gobiernos regionales, bordean un promedio de 72.99% y una desviación estándar de 8.57%. El crecimiento de Producto Bruto Interno, fue en promedio de 2.73%, con una desviación estándar de 5.42%. Finalmente la variable de educación, representada por la proxy tasa de alfabetismo, represento un promedio de 99.21%.

Así mismo en figura 15, se muestra el comportamiento de las variables del modelo. La eficiencia de gasto público en el rubro de saneamiento, ha disminuido para el año 2015, reportando un índice de eficiencia de 0.513, en promedio. Las regiones con mayor eficiencia en los tres periodos se registran a Lima, Moquegua, Arequipa y Ancash. Las regiones con menores niveles de eficiencia mostraron las regiones de Puno, Pasco, Cajamarca y Huancavelica.

#### 4.2.2. Análisis de los resultados de la Estimación del modelo con datos panel

Con la finalidad de encontrar los determinantes del modelo de eficiencia de gasto público saneamiento se estimó metodología de panel data. El modelo seguido fue la siguiente:

$$Efic_{san_{it}} = \beta_0 + \beta_1 X + \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

Dónde:  $Efic_{san_{it}}$ : Representa a la eficiencia de gasto público regional, para la región  $i$  y periodo  $t$ . y  $X$  es el vector de variables explicativas como el avance de ejecución presupuestal en el rubro de saneamiento de las regiones (EJEC\_SAN), avance de ejecución presupuestal total de las regiones (EJE\_SAN), tasa de crecimiento de PBI y la educación regional (EDUC), esta última variable aproximada a través de la tasa de alfabetismo regional,  $\alpha_i$  representa si el modelo es de homogeneidad total o de heterogeneidad inobservable, y  $\varepsilon_{it}$  representa la variable estocástica del modelo, el cual se distribuye con media cero y varianza constante.

Para encontrar si los modelos presentan e homogeneidad total o de

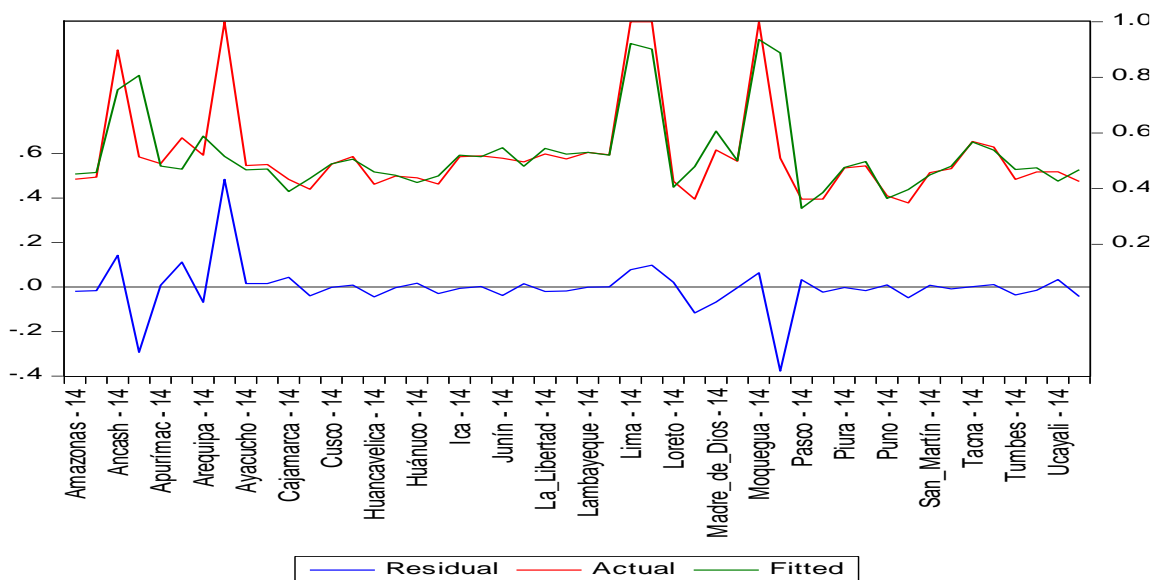
heterogeneidad inobservable se realizaron las pruebas de Breuch-Pagan. La hipótesis nula es que exista homogeneidad total ( $H_0: \sigma_{\alpha_i} = 0$ ) en contra de la alterna de heterogeneidad inobservable ( $H_0: \sigma_{\alpha_i} \neq 0$ ). Los resultados muestran que existe una homogeneidad total ( $H_0: \sigma_{\alpha_i} = 0$ ), por tanto la estimación por MCO será eficiente y consistente, y los métodos de efectos fijos y aleatorios serán eficientes pero no consistentes.

Los resultados de estimación por método MCO se muestran en la tabla xx, estimado por tres diferentes modelos. El modelo original muestra a la variable GASTO, como la variable significativa para explicar la eficiencia de gasto público en saneamiento. Sin embargo el modelo original presenta problemas de heterocedasticidad y auto correlación. El segundo muestra resultados robustos a heterocedasticidad pero no ha autocorrelación, así los estimadores del modelo no se alteran con el modelo original, a pesar el modelo se encuentra robusto a heterocedasticidad no corrige el problema de auto correlación. Y finalmente el tercer modelo es el mejor modelo, ya que corrige la heterocedasticidad y auto correlación y ello hace que las variables del modelo sean muy significativas.

Luego de evaluar el mejor modelo para explicar la eficiencia de gasto público en saneamiento de las regiones se procedió a evaluar la normalidad de errores. En la figura xx, se muestra los residuos del tercer modelo robustos a heterocedasticidad y auto correlación. Si bien los residuos se comportan en media cero y varianza constante a excepción en las regiones Moquegua, Arequipa y Ancash, los cuales podría estar



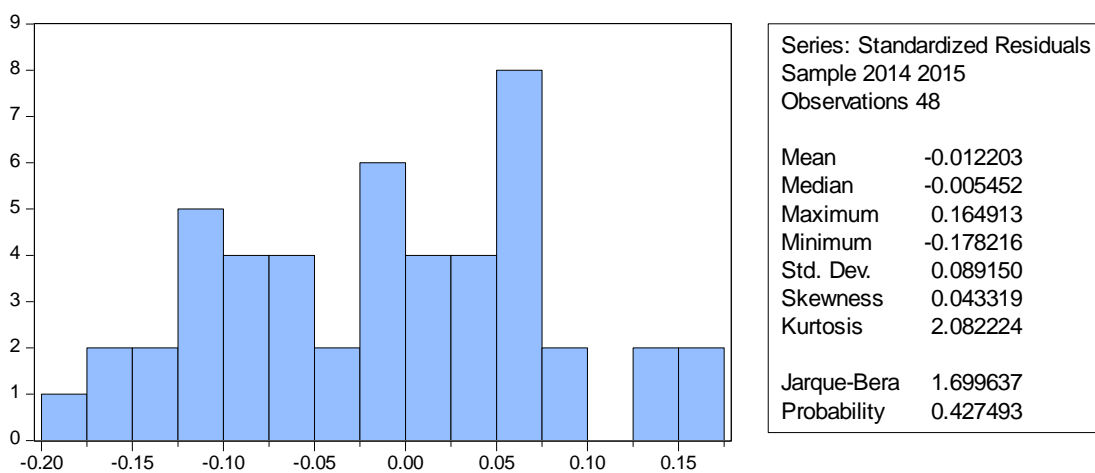
explicados por otras variables más.



**Figura 16.** Residuos

Fuente: Cuadro 4

Sin embargo estadísticamente muestran un comportamiento normal, ya que el estadístico Jarque-bera es cercano a 3 (jarque bera=2.08) con una probabilidad de 42.7%, mayor al 5% a favor de no rechazo de la hipótesis nula de que los errores tienen una distribución normal. Lo que nos permite explicar e inferir el modelo econométrico.



**Figura 17.** Normalidad de los errores del modelo

Fuente: Resultados del modelo

Después de realizar la prueba de normalidad de los errores se procedió a evaluar la prueba de significancia conjunta, la  $H_0$  es que las variables en conjunto no explica a la eficiencia de gasto público en saneamiento a niveles de 5% de significancia, en contra de la hipótesis alterna de que si explican a niveles de 5%.

Los resultados de prueba de Wald conjunta se muestran en la tabla N° 06, donde la probabilidad conjunta explica al modelo en conjunto con una probabilidad de hasta 1%. Por lo tanto el modelo es adecuado.

**Cuadro 6.** Tests de probabilidad conjunta

Test Statistic	Value	df	Probability
F-statistic	8.234702	(6, 41)	0.0000
Chi-square	49.40821	6	0.0000
Null Hypothesis: C(1)=C(2)=C(3)=C(4)=C(5)=C(6)=0			
Null Hypothesis Summary:			
Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.	
C(1)	4.940658	1.212530	
C(2)	-2.61E-05	3.18E-05	
C(3)	-0.000148	9.85E-05	
C(4)	0.000358	0.000204	
C(5)	-0.003177	0.000718	
C(6)	-0.048942	0.012312	
Restrictions are linear in coefficients.			

Fuente: Base de datos

Una vez cumplido con las pruebas y los supuestos del modelo clásico de regresión lineal, como homocedasticidad de las variables, no auto correlación y normalidad de los errores podemos considerar el modelo como el Mejor estimador linealmente insesgado (MELI).

A partir de estos supuestos explicamos los determinantes de la eficiencia de gasto público en saneamiento. Como se puede observar en el tercer

modelo, las variables muestran signos esperados a excepción de las variables de PBI y educación. Sin embargo, son significativas a niveles críticos de 1 y 5%, a excepción de la variable EJEC\_SAN que muestra el signo no esperado y no significativo.

**Cuadro 7.** Modelo de determinante de eficiencia de gasto público en saneamiento, en las regiones del Perú

Variable	Modelo original	Modelo robusto a heterocedasticidad	Modelo robusto a heterocedasticidad y autocorrelación
GASTO	-0.00034** (-2.21)	-0.00034*** (-8.07)	-0.00003** (-1.82)
EJEC_SAN	0.00097 (0.48)	0.00097 (0.47)	-0.00015 (-1.50)
EJEC_TOTAL	-0.002394 (-0.85)	-0.002394 (-0.98)	0.000358** (1.76)
PBI	-0.000954 (-0.25)	-0.000954 (-0.19)	-0.003177*** (-4.42)
EDUC	-0.12020 (-1.63)	-0.12020 (-1.05)	-0.04894*** (-3.98)
EFIC(-1)			0.81900*** (15.25)
C	12.64956*	12.64956	4.940658***
R-squared	0.09614	0.063835	0.946629
Adjusted R-squared	0.027665	-0.007087	0.938819
F-statistic	1.404026	0.900074	121.2024
Prob(F-statistic)	0.234349	0.48645	0.00000
Durbin-Watson stat	1.149949	1.045642	2.084815
Cross-sections included:	24	24	24
Total panel (balanced) observations:	72	72	72

t-statistic in parentesis, nivel de significancia \*\*\*1%, \*\*5%, \*10%

Fuente: Base de datos.

Basándose en el tercer modelo, el coeficiente asociado a la variable GASTO explica, *ceteris paribus*, un aumento de 100 unidades monetarias en gasto per cápita en rubro de saneamiento llevaría a reducción de la eficiencia de gasto público en saneamiento en 0.003%, lo que es consistente a niveles de eficiencia que tiene un rango de [0-1]. Por otro

lado, el coeficiente asociado a la variable EJEC\_SAN explica, *ceteris paribus*, un aumento de 1% en el avance de ejecución presupuestal en el área de saneamiento llevaría a una reducción de la eficiencia de gasto público en saneamiento en -0.015%. Asimismo el coeficiente asociado a la variable EJEC\_TOTAL explica, *ceteris paribus*, un aumento de 1% en el avance de ejecución presupuestal en el área total de las regiones llevaría a una reducción de la eficiencia de gasto público en saneamiento en 0.0358%. El coeficiente asociado a la variable PBI explica, *ceteris paribus*, un aumento de 10% en el avance de ejecución presupuestal en el área total de las regiones llevaría a una reducción de la eficiencia del gasto público en saneamiento en 4.8%.

La variable EDUCA explica, *ceteris paribus*, un aumento de 10% en el avance de ejecución presupuestal en el área total de las regiones llevaría a una reducción de la eficiencia de gasto público en saneamiento en -4.89%. y finalmente, el coeficiente asociado a la variable EFIC explica, *ceteris paribus*, un aumento de 1% en el avance de ejecución presupuestal en el área total de las regiones llevaría a una reducción de la eficiencia del gasto público en saneamiento en 8.90%.

## CONCLUSIONES

- A partir de la construcción de series de datos de la inversión pública en saneamiento a nivel de regiones se ha analizado la eficiencia de gasto público en saneamiento, sobre la base de teoría microeconómica del productor y la metodología DEA. Las variables utilizadas para medir dicha eficiencia estaban representadas por el gasto público en saneamiento per cápita como la variable de insumo (inputs) y las variables de producto (output) la cobertura de agua y alcantarillado en los hogares regionales. Sobre la base de la metodología DEA se estimaron niveles de eficiencia, de esta forma se encontraron regiones eficientes e ineficientes.
- Las regiones más eficientes en el logro de los resultados fueron Lima, Moquegua, Arequipa, Ancash y Tacna con índices de 1, 0.837, 0.832, 0.800 y 0.703 respectivamente; y las regiones menos eficientes fueron Pasco, Puno, Loreto, Cajamarca y Ucayali con puntajes de 0.437, 0.451, 0.456, 0.456 y 0.481 respectivamente.
- Posteriormente con la finalidad de encontrar los determinantes de los niveles de eficiencia de gasto público en saneamiento regional, se

estimaron un modelo bajo la metodología panel data, de esta manera se encontraron los determinantes como el avance de ejecución presupuestal total de las regiones, el avance de ejecución presupuestal en rubro de saneamiento de las regiones, la productividad regional (variable proxy: crecimiento de PBI) y la educación (variable proxy: tasa de alfabetismo regional) los cuales fueron significativos respecto a la variable de eficiencia, lo que llevo afirmar que fueron los determinantes. Ante una variación de 1% de avance de ejecución presupuestal total de las regiones, el avance de ejecución presupuestal en el rubro de saneamiento de las regiones, productividad regional y educación regional, llevaría a una variación de 0.0358%, -0.015%, -0.003% y -0.04% respectivamente.

## RECOMENDACIONES

- Mediante las conclusiones de estudio se recomienda al gobierno regional quienes realizan la inversión en áreas de saneamiento, tengan en cuenta la efectividad y la eficiencia de sus inversiones, teniendo énfasis en proyectos de agua y alcantarillado. Así mismo una mejora en los niveles de eficiencia es a través de mayor avance de ejecución presupuestal.
- Este trabajo de investigación no resuelve problemas de endogeneidad respecto a las variables de avance de ejecución presupuestal total y el rubro de saneamiento, ya que estas variables despenden de otros factores como capacidad de los gobiernos regionales y otros, por lo tanto queda por investigar.
- Así mismo se sugiere tener en cuenta los canales de impacto de los proyecto de saneamiento que resulten en otras áreas de estudio como la pobreza, desnutrición infantil, mortalidad infantil.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bousofiane, A., Dyson, R.G. and Thanassoulis, E. (1991), Applied Data Envelopment Analysis, *European Journal of Operational Research*, 15 (5), 1-15.
- Bouza Suárez, A. (2000). Reflexiones acerca del uso de los conceptos de eficiencia, eficacia y efectividad en el sector salud. *Rev Cubana Salud Pública*, 50-56.
- Charnes, A., Cooper, W. and Rhodes, E. (1981). Evaluating program and managerial efficiency: An application of data envelopment analysis to program follow through. *Management Science*. 27, 6 (1981), 668–697.
- Charnes, A., Cooper, W. y Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*. 2, (1978), 429–444.
- Cohen, E., y Franco, R. (1992). Evaluación de proyectos sociales. México: Siglo Veintiuno.
- Coll Serrano, V. y Blasco Blasco, O. (2006). *Evaluación de la eficiencia mediante el Análisis Envolvente de Datos. Introducción a los modelos básicos*. España: Universidad de Valencia.
- Cumbre Mundial para el Desarrollo Social (1995). Convocada por Naciones Unidas en Copenhague, en marzo de 1995.



- Dyson, R. G., Thanassoulis, E. y Boussofiane, A. (1990), Data envelopment analysis, in *Operational Research Tutorial Papers*, L.C. Hendry and R. Eglese (editors), pp. 13-28, published by The Operational Research Society, UK.
- Farrell, M. 1957. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A.* 120, 3 (1957), 253–290.
- Hernández, M. A. (2014). Taller de eficiencia de gasto "Guía para el análisis de eficiencia del gasto público". *Curso de Extensión Universitaria en Economía 2014 - Banco Central de Reserva del Perú*, (1-3). Lima, Perú.
- Herrera Catalán, P. y Francke Ballve, P. (2009). Análisis de la eficiencia del gasto municipal y de sus determinantes. *Economía*, XXXII(63), 113-178.
- Lockheed, M., y Hanushek, E. (1998). Improving Educational Efficiency in Developing Countries: What Do We Know? *en Compare*, 50-56.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016). *Agua y saneamiento*. Inversión  
[http://www3.vivienda.gob.pe/ejes/agua\\_saneamiento/agua\\_y\\_saneamiento.html](http://www3.vivienda.gob.pe/ejes/agua_saneamiento/agua_y_saneamiento.html)
- Rhodes, E. (1978). Data envelopment analysis and approaches for measuring the efficiency Capítulo 4. DEA EN R 91 of decision-making units with an application to program follow-through in u.S. (education. Ph. D. dissertation), School of Urban; Public Affairs, Carnegie-Mellon University
- Tam Maldonado, M. Y. (2008). Una aproximación a la eficiencia técnica del Gasto Público en Educación en las regiones del Perú. *Consortio de Investigación Económica y Social (CIES)*,  
<http://cies.org.pe/es/investigaciones/educacion/una-aproximacion-la->

eficiencia-tecnica-del-gasto-publico-en-educacion-en.

Thanassoulis, E. (2001). *Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis. A Foundation Text with Integrated Software*. Boston.: Kluwer Academic Publishers.



## ANEXOS

## Anexo 1. Data del modelo de índice de eficiencia

Obs	Año	Departamento (Meta)	GASTO EN SANAMIENTO SOLES (INPUTS)	COBERTURA AGUA (%) OUPUT 1	ALCANTARILLADO (%) OUPUT 2
1	2013	Amazonas	560.4	78.4	45.5
2	2013	Áncash	351.7	93.3	67.5
3	2013	Apurímac	487.6	89.7	43.1
4	2013	Arequipa	289.5	92.2	76.5
5	2013	Ayacucho	380.9	83.9	47
6	2013	Cajamarca	262.8	57.7	43.6
7	2013	Cusco	332.3	86.7	60.1
8	2013	Huancavelica	414.5	73.6	29.5
9	2013	Huánuco	222.7	65.2	38.6
10	2013	Ica	218.4	91.4	79.2
11	2013	Junín	112.2	85.4	61.5
12	2013	La Libertad	161.9	83.6	70.7
13	2013	Lambayeque	168.4	88.8	72.6
14	2013	Lima	25.4	91.7	89.9
15	2013	Loreto	112.4	53.7	37.3
16	2013	Madre de Dios	91.9	79.7	45.1
17	2013	Moquegua	298.5	94.6	79.6
18	2013	Pasco	422.3	55.4	47.2
19	2013	Piura	264.5	82.5	55.5
20	2013	Puno	291.1	59.6	37.9
21	2013	San Martín	166.9	75.1	40
22	2013	Tacna	163.6	91.1	87.9
23	2013	Tumbes	399.0	82.4	68.6
24	2013	Ucayali	145.1	60.7	29.9
25	2014	Amazonas	357.8	79.1	43.1
26	2014	Áncash	236.0	94.3	68.1
27	2014	Apurímac	461.6	91.4	43.5
28	2014	Arequipa	221.8	92.4	73.6
29	2014	Ayacucho	276.7	86.9	48.9
30	2014	Cajamarca	219.0	75.8	41.7
31	2014	Cusco	301.8	88.5	58.5
32	2014	Huancavelica	319.8	75.1	28
33	2014	Huánuco	145.9	73.5	39.5
34	2014	Ica	209.5	90.9	80.9
35	2014	Junín	123.6	84.9	58.5
36	2014	La Libertad	124.3	87.8	71.9
37	2014	Lambayeque	117.3	88.1	74
38	2014	Lima	14.1	93	90.5

39	2014	Loreto	54.7	55.8	35.9
40	2014	Madre de Dios	72.4	82.6	43
41	2014	Moquegua	471.9	96.4	83.1
42	2014	Pasco	393.0	65.9	48.9
43	2014	Piura	180.3	82.1	54.1
44	2014	Puno	307.7	66.9	45
45	2014	San Martín	164.1	78.1	40.3
46	2014	Tacna	92.8	92.5	87.7
47	2014	Tumbes	294.6	77.9	67.5
48	2014	Ucayali	55.4	62.1	27.2
49	2015	Amazonas	315.3	78.6	47.1
50	2015	Áncash	271.6	91.5	66.5
51	2015	Apurímac	635.4	93.2	47.5
52	2015	Arequipa	198.8	93.4	76
53	2015	Ayacucho	360.5	87.5	50.7
54	2015	Cajamarca	334.4	70.6	43.6
55	2015	Cusco	305.4	92.2	62.1
56	2015	Huancavelica	425.7	80.2	36.5
57	2015	Huánuco	251.9	72.9	43.4
58	2015	Ica	246.6	91.5	83.2
59	2015	Junín	184.5	86.1	58
60	2015	La Libertad	163.7	87.2	73.2
61	2015	Lambayeque	176.0	90.5	73.8
62	2015	Lima	12.6	93	89.4
63	2015	Loreto	109.8	56.6	37.9
64	2015	Madre de Dios	156.0	85.3	35.7
65	2015	Moquegua	481.5	92.5	83
66	2015	Pasco	492.1	65.3	48.9
67	2015	Piura	151.3	81.8	58.9
68	2015	Puno	353.2	61.6	40.4
69	2015	San Martín	221.0	82.7	41.5
70	2015	Tacna	127.5	92.8	87.8
71	2015	Tumbes	182.1	79.1	69.6
72	2015	Ucayali	92.8	66.2	32.9

**Anexo 2.** Data del modelo de determinantes de eficiencia de gasto en saneamiento

OBS	TIEMPO	REGION	EFIC	EJEC_SAN	EJEC_TOTAL	PBI	GASTO	EDUCA
1	2013	Amazonas	0.437	72.8	82.6	4.526	560.3929552	98.7
2	2014	Amazonas	0.4335	72.4	82.4	4.764	357.8397543	98.9
3	2015	Amazonas	0.4415	65.6	72.8	-1.306	315.2677005	99.1
4	2013	Ancash	0.7425	71.6	70	3.911	351.6563714	99.4
5	2014	Ancash	0.8985	56.6	54.7	-14.787	235.9535166	99
6	2015	Ancash	0.514	61.8	53.2	8.6	271.5821088	99
7	2013	Apurímac	0.4995	55.6	67.5	9.879	487.5657328	99.6
8	2014	Apurímac	0.4895	44.5	58.4	3.45	461.6247821	99.3
9	2015	Apurímac	0.5825	45.2	61.7	7.939	635.4228167	99
10	2013	Arequipa	0.6125	68.7	73.4	1.559	289.460492	99.1
11	2014	Arequipa	0.52	49.3	62.9	-0.468	221.8125112	99.4
12	2015	Arequipa	1	65.6	64	2.588	198.7605844	99.1
13	2013	Ayacucho	0.4765	70.5	78.5	7.896	380.9085211	99.1
14	2014	Ayacucho	0.483	75.7	80.5	-1.703	276.6602858	99.7
15	2015	Ayacucho	0.4865	58.1	67.7	6.932	360.5176612	99.1
16	2013	Cajamarca	0.3535	69.9	79.3	-2.035	262.7812845	99.2
17	2014	Cajamarca	0.433	60.2	72.5	-2.47	219.0162898	99.3
18	2015	Cajamarca	0.3975	58.7	61.2	-0.564	334.419745	99.4
19	2013	Cusco	0.4955	77.5	83.5	14.98	332.3338082	99
20	2014	Cusco	0.488	79.6	85	-0.561	301.7524561	99.5
21	2015	Cusco	0.515	73.4	75.9	0.749	305.3843091	98.9
22	2013	Huancavelica	0.419	74.9	80.3	0.184	414.5408167	99
23	2014	Huancavelica	0.416	78.2	82.7	2.502	319.8194139	98.6
24	2015	Huancavelica	0.445	59.8	77.3	-1.342	425.7228621	99
25	2013	Huánuco	0.4035	74.3	79.4	5.017	222.7036795	99.2
26	2014	Huánuco	0.439	60.2	74.1	2.524	145.8612008	99.2
27	2015	Huánuco	0.4165	68.2	72.8	5.86	251.853211	99
28	2013	Ica	0.545	68.2	67.8	8.638	218.3850996	99.7
29	2014	Ica	0.5145	71.6	69.4	1.832	209.5139304	99.5
30	2015	Ica	0.5175	73	58.5	1.908	246.5575746	99
31	2013	Junín	0.5725	42.4	66.8	2.724	112.2070936	99.5
32	2014	Junín	0.509	49.6	71.7	10.275	123.5925661	99
33	2015	Junín	0.496	49	62.6	14.777	184.5065188	98.9
34	2013	La_Libertad	0.5255	63.4	74.4	3.037	161.9138582	99.6
35	2014	La_Libertad	0.5245	63.4	75.5	0.195	124.3094945	98.9
36	2015	La_Libertad	0.5065	69.4	72.6	0.766	163.6944882	99.2
37	2013	Lambayeque	0.551	56	62.1	2.715	168.4403338	99.3

38	2014	Lambayeque	0.53	60.8	66.8	1.228	117.336578	99.5
39	2015	Lambayeque	0.5215	31	55.9	3.303	175.9941966	99.2
40	2013	Lima	1	63.4	84.5	4.018	25.36900676	99
41	2014	Lima	1	78.7	86.4	2.161	14.11936474	99.1
42	2015	Lima	1	58.2	70.7	1.479	12.55830656	99.5
43	2013	Loreto	0.4015	71	77	2.399	112.422246	99.3
44	2014	Loreto	0.4265	66.7	79.6	2.085	54.69097095	99.6
45	2015	Loreto	0.3625	50.7	58.6	-4.422	109.8428897	98.8
46	2013	Madre_de_Dios	0.567	74.8	82.4	11.353	91.90304563	99.4
47	2014	Madre_de_Dios	0.539	61.5	86.3	-17.724	72.35257448	99.6
48	2015	Madre_de_Dios	0.4985	35.3	81	18.978	156.0312782	98.9
49	2013	Moquegua	1	49.2	78.9	9.238	298.4782727	98.8
50	2014	Moquegua	1	77.7	65.4	-3.723	471.8704566	98.8
51	2015	Moquegua	0.51	67.3	69	2.957	481.4648681	99.4
52	2013	Pasco	0.323	49.3	70.9	-0.624	422.2864143	99.4
53	2014	Pasco	0.362	80	79.6	2.491	393.0444918	99.6
54	2015	Pasco	0.3625	74.2	71.8	2.576	492.1441882	99
55	2013	Piura	0.485	70.8	77.7	3.084	264.4857028	99.4
56	2014	Piura	0.4745	78.2	82.9	4.772	180.2924314	99.3
57	2015	Piura	0.4815	52.8	66	-0.518	151.2856866	99
58	2013	Puno	0.3585	67.4	77.9	6.079	291.0876408	99.5
59	2014	Puno	0.374	51.5	69.2	1.365	307.6885731	99.6
60	2015	Puno	0.3485	52.1	72.8	-0.132	353.1703515	99.3
61	2013	San_Martín	0.478	78	77.5	0.153	166.8656139	99.4
62	2014	San_Martín	0.4575	70.9	81.8	5.537	164.0940857	99.7
63	2015	San_Martín	0.472	72.4	75.8	4.743	220.9774105	98.7
64	2013	Tacna	0.571	69.8	80.1	3.198	163.6037368	99.3
65	2014	Tacna	0.5695	52.6	76.4	3.972	92.83359944	99
66	2015	Tacna	0.5495	37.6	75.5	6.944	127.4945179	99.4
67	2013	Tumbes	0.467	59	79	0.625	399.0091196	99.1
68	2014	Tumbes	0.433	73.3	68.9	3.318	294.6253335	99.1
69	2015	Tumbes	0.46	42.4	53.6	-3.643	182.1320193	98.9
70	2013	Ucayali	0.4125	82.5	85.4	0.393	145.0743403	99.4
71	2014	Ucayali	0.4605	56.5	82	-1.01	55.35564795	99.6
72	2015	Ucayali	0.4255	65	72.3	4.324	92.79849691	99.1

**Anexo 3.** Resultados de estimación de la frontera de eficiencia, orientado al insumo periodo 2013

```

Results from DEAP Version 2.1

Instruction file = Efi1-ins.txt
Data file      = Efi1-dta.txt

Input orientated DEA

Scale assumption: VRS

Slacks calculated using multi-stage method

EFFICIENCY SUMMARY:

  firm  crste  vrste  scale
  ----  ----  ----  ----
   1  0.038  0.045  0.855  irs
   2  0.072  0.499  0.145  drs
   3  0.050  0.051  0.978  irs
   4  0.087  0.249  0.349  drs
   5  0.060  0.066  0.915  irs
   6  0.060  0.095  0.629  irs
   7  0.071  0.075  0.945  irs
   8  0.048  0.060  0.803  irs
   9  0.080  0.112  0.711  irs
  10  0.114  0.115  0.997  -
  11  0.208  0.223  0.931  irs
  12  0.141  0.154  0.912  irs
  13  0.144  0.149  0.968  irs
  14  1.000  1.000  1.000  -
  15  0.131  0.223  0.586  irs
  16  0.236  0.272  0.869  irs
  17  0.087  1.000  0.087  drs
  18  0.036  0.059  0.604  irs
  19  0.085  0.095  0.900  irs
  20  0.056  0.086  0.650  irs
  21  0.123  0.150  0.819  irs
  22  0.151  0.152  0.993  irs
  23  0.056  0.063  0.899  irs
  24  0.114  0.172  0.662  irs

mean  0.135  0.215  0.759

Note: crste = technical efficiency from CRS DEA
      vrste = technical efficiency from VRS DEA
      scale = scale efficiency = crste/vrste

Note also that all subsequent tables refer to VRS res
    
```



**Anexo 4.** Resultados de estimación de la frontera de eficiencia, orientado al producto periodo 2013

```
| Results from DEAP Version 2.1
Instruction file = Efil-ins.txt
Data file       = Efil-dta.txt

Output orientated DEA
Scale assumption: VRS
Slacks calculated using multi-stage method

EFFICIENCY SUMMARY:

firm  crste  vrste  scale
1    0.038  0.829  0.046 drs
2    0.072  0.986  0.073 drs
3    0.050  0.948  0.053 drs
4    0.087  0.976  0.089 drs
5    0.060  0.887  0.068 drs
6    0.060  0.612  0.098 drs
7    0.071  0.916  0.078 drs
8    0.048  0.778  0.062 drs
9    0.080  0.695  0.115 drs
10   0.114  0.975  0.117 drs
11   0.208  0.922  0.225 drs
12   0.141  0.897  0.157 drs
13   0.144  0.953  0.151 drs
14   1.000  1.000  1.000 -
15   0.131  0.580  0.225 drs
16   0.236  0.862  0.274 drs
17   0.087  1.000  0.087 drs
18   0.036  0.587  0.061 drs
19   0.085  0.875  0.097 drs
20   0.056  0.631  0.089 drs
21   0.123  0.806  0.152 drs
22   0.151  0.990  0.153 drs
23   0.056  0.871  0.065 drs
24   0.114  0.653  0.175 drs

mean  0.135  0.843  0.155

Note: crste = technical efficiency from CRS DEA
      vrste = technical efficiency from VRS DEA
      scale = scale efficiency = crste/vrste

Note also that all subsequent tables refer to VRS results
```

**Anexo 5.** Resultados de estimación de la frontera de eficiencia, orientado al insumo periodo 2014

```

| Results from DEAP Version 2.1
Instruction file = Efi2-ins.txt
Data file       = Efi2-dta.txt

Input orientated DEA
Scale assumption: VRS
slacks calculated using multi-stage method

EFFICIENCY SUMMARY:

  firm  crste  vrste  scale
  ----  ----  ----  ----
   1  0.033  0.039  0.851  irs
   2  0.060  0.801  0.075  drs
   3  0.030  0.030  0.983  irs
   4  0.063  0.063  0.994  -
   5  0.047  0.051  0.934  irs
   6  0.052  0.064  0.815  irs
   7  0.044  0.046  0.952  irs
   8  0.035  0.044  0.808  irs
   9  0.076  0.096  0.790  irs
  10  0.065  0.067  0.977  irs
  11  0.103  0.113  0.913  irs
  12  0.107  0.113  0.944  irs
  13  0.113  0.120  0.947  irs
  14  1.000  1.000  1.000  -
  15  0.153  0.255  0.600  irs
  16  0.173  0.194  0.888  irs
  17  0.031  1.000  0.031  drs
  18  0.025  0.036  0.709  irs
  19  0.069  0.078  0.883  irs
  20  0.033  0.045  0.719  irs
  21  0.072  0.085  0.840  irs
  22  0.150  0.151  0.995  irs
  23  0.040  0.047  0.838  irs
  24  0.170  0.255  0.668  irs

  mean  0.114  0.200  0.798

Note: crste = technical efficiency from CRS DEA
      vrste = technical efficiency from VRS DEA
      scale = scale efficiency = crste/vrste

Note also that all subsequent tables refer to VRS results
    
```

**Anexo 6.** Resultados de estimación de la frontera de eficiencia, orientado al producto periodo 2014

```

Results from DEAP Version 2.1

Instruction file = Efi2-ins.txt
Data file       = Efi2-dta.txt

Output orientated DEA
Scale assumption: VRS
Slacks calculated using multi-stage method

EFFICIENCY SUMMARY:

firm  crste  vrste  scale
1     0.033  0.828  0.040 drs
2     0.060  0.996  0.060 drs
3     0.030  0.949  0.031 drs
4     0.063  0.977  0.064 drs
5     0.047  0.915  0.052 drs
6     0.052  0.802  0.065 drs
7     0.044  0.930  0.047 drs
8     0.035  0.788  0.045 drs
9     0.076  0.782  0.097 drs
10    0.065  0.962  0.068 drs
11    0.103  0.905  0.114 drs
12    0.107  0.936  0.114 drs
13    0.113  0.940  0.121 drs
14    1.000  1.000  1.000 -
15    0.153  0.598  0.255 drs
16    0.173  0.884  0.195 drs
17    0.031  1.000  0.031 drs
18    0.025  0.688  0.037 drs
19    0.069  0.871  0.079 drs
20    0.033  0.703  0.047 drs
21    0.072  0.830  0.086 drs
22    0.150  0.988  0.151 drs
23    0.040  0.819  0.049 drs
24    0.170  0.666  0.255 drs

mean  0.114  0.865  0.129

Note: crste = technical efficiency from CRS DEA
      vrste = technical efficiency from VRS DEA
      scale = scale efficiency = crste/vrste

Note also that all subsequent tables refer to VRS results
    
```

**Anexo 7.** Resultados de estimación de la frontera de eficiencia, orientado al insumo periodo 2015

```
| Results from DEAP Version 2.1
Instruction file = Efi3-ins.txt
Data file       = Efi3-dta.txt

Input orientated DEA
Scale assumption: VRS
Slacks calculated using multi-stage method

EFFICIENCY SUMMARY:

firm  crste  vrste  scale
1    0.035  0.041  0.845  irs
2    0.047  0.048  0.984  irs
3    0.021  0.167  0.123  drs
4    0.066  1.000  0.066  drs
5    0.034  0.036  0.941  irs
6    0.030  0.039  0.759  irs
7    0.042  0.043  0.991  -
8    0.026  0.031  0.862  irs
9    0.040  0.052  0.784  irs
10   0.052  0.053  0.984  irs
11   0.065  0.070  0.926  irs
12   0.074  0.079  0.938  irs
13   0.072  0.074  0.973  irs
14   1.000  1.000  1.000  -
15   0.072  0.118  0.609  irs
16   0.076  0.083  0.917  irs
17   0.027  0.027  0.995  -
18   0.019  0.026  0.702  irs
19   0.076  0.086  0.880  irs
20   0.024  0.037  0.662  irs
21   0.052  0.059  0.889  irs
22   0.102  0.102  0.998  -
23   0.061  0.071  0.851  irs
24   0.100  0.140  0.712  irs

mean  0.092  0.145  0.808

Note: crste = technical efficiency from CRS DEA
      vrste = technical efficiency from VRS DEA
      scale = scale efficiency = crste/vrste

Note also that all subsequent tables refer to VRS results
```

**Anexo 8.** Resultados de estimación de la frontera de eficiencia, orientado al producto periodo 2015

```

Results from DEAP Version 2.1
Instruction file = Efi3-ins.txt
Data file      = Efi3-dta.txt

Output orientated DEA
Scale assumption: VRS
Slacks calculated using multi-stage method
    
```

EFFICIENCY SUMMARY:

firm	crste	vrste	scale	
1	0.035	0.842	0.041	drs
2	0.047	0.980	0.048	drs
3	0.021	0.998	0.021	drs
4	0.066	1.000	0.066	drs
5	0.034	0.937	0.036	drs
6	0.030	0.756	0.039	drs
7	0.042	0.987	0.043	drs
8	0.026	0.859	0.031	drs
9	0.040	0.781	0.052	drs
10	0.052	0.982	0.053	drs
11	0.065	0.922	0.071	drs
12	0.074	0.934	0.080	drs
13	0.072	0.969	0.074	drs
14	1.000	1.000	1.000	-
15	0.072	0.607	0.118	drs
16	0.076	0.914	0.084	drs
17	0.027	0.993	0.027	drs
18	0.019	0.699	0.027	drs
19	0.076	0.877	0.086	drs
20	0.024	0.660	0.037	drs
21	0.052	0.885	0.059	drs
22	0.102	0.997	0.102	drs
23	0.061	0.849	0.072	drs
24	0.100	0.711	0.140	drs
mean	0.092	0.881	0.100	

Note: crste = technical efficiency from CRS DEA  
vrste = technical efficiency from VRS DEA  
scale = scale efficiency = crste/vrste

Note also that all subsequent tables refer to VRS results

**Anexo 9.** Resultados de estimación de determinantes de eficiencia, modelo original

Dependent Variable: EFIC  
 Method: Panel Least Squares  
 Date: 10/08/17 Time: 22:31  
 Sample: 2013 2015  
 Periods included: 3  
 Cross-sections included: 24  
 Total panel (balanced) observations: 72

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	12.64956	7.319611	1.728174	0.0886
GASTO	-0.000336	0.000152	-2.208611	0.0307
EJEC_SAN	0.000967	0.002015	0.4797	0.633
EJEC_TOTAL	-0.002394	0.002832	-0.845249	0.401
PBI	-0.000954	0.003766	-0.253327	0.8008
EDUCA	-0.120204	0.07386	-1.627452	0.1084
R-squared	0.09614	Mean dependent var		0.524757
Adjusted R-squared	0.027665	S.D. dependent var		0.167834
S.E. of regression	0.165496	Akaike info criterion		-0.680085
Sum squared resid	1.807667	Schwarz criterion		-0.490363
Log likelihood	30.48306	Hannan-Quinn criter.		-0.604556
F-statistic	1.404026	Durbin-Watson stat		1.149949
Prob(F-statistic)	0.234349			

**Anexo 10.** Resultados de estimación de determinantes de eficiencia, modelo robusto a heterocedasticidad

Dependent Variable: EFIC

Method: Panel Least Squares

Date: 10/08/17 Time: 22:14

Sample: 2013 2015

Periods included: 3

Cross-sections included: 24

Total panel (balanced) observations: 72

White cross-section standard errors & covariance (d.f. corrected)

WARNING: estimated coefficient covariance matrix is of reduced rank

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	12.64956	11.4434	1.105403	0.273
GASTO	-0.000336	4.17E-05	-8.065805	0
EJEC_SAN	0.000967	0.002046	0.47241	0.6382
EJEC_TOTAL	-0.002394	0.002434	-0.983535	0.3289
PBI	-0.000954	0.004969	-0.191997	0.8483
EDUCA	-0.120204	0.114299	-1.051667	0.2968
R-squared	0.09614	Mean dependent var		0.524757
Adjusted R-squared	0.027665	S.D. dependent var		0.167834
S.E. of regression	0.165496	Akaike info criterion		-0.680085
Sum squared resid	1.807667	Schwarz criterion		-0.490363
Log likelihood	30.48306	Hannan-Quinn criter.		-0.604556
F-statistic	1.404026	Durbin-Watson stat		1.149949
Prob(F-statistic)	0.234349			

**Anexo 11.** Resultados de estimación de determinantes de eficiencia, modelo robusto a heterocedasticidad y auto correlación

Dependent Variable: EFIC  
 Method: Panel EGLS (Cross-section weights)  
 Date: 10/08/17 Time: 22:14  
 Sample (adjusted): 2014 2015  
 Periods included: 2  
 Cross-sections included: 24  
 Total panel (balanced) observations: 48  
 Linear estimation after one-step weighting matrix  
 White period standard errors & covariance (d.f. corrected)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	4.940658	1.21253	4.07467	0.0002
GASTO	-2.61E-05	3.18E-05	-0.821807	0.4159
EJEC_SAN	-0.000148	9.85E-05	-1.501783	0.1408
EJEC_TOTAL	0.000358	0.000204	1.756057	0.0865
PBI	-0.003177	0.000718	-4.423637	0.0001
EDUCA	-0.048942	0.012312	-3.975139	0.0003
EFIC(-1)	0.818999	0.053711	15.24829	0

Weighted Statistics

R-squared	0.878492	Mean dependent var	2.165493
Adjusted R-squared	0.86071	S.D. dependent var	2.397304
S.E. of regression	0.09636	Sum squared resid	0.380694
F-statistic	49.40427	Durbin-Watson stat	2.538406
Prob(F-statistic)	0		

Unweighted Statistics

R-squared	0.57588	Mean dependent var	0.522615
Sum squared resid	0.557977	Durbin-Watson stat	2.586044