

# Factor de productividad para actividad de comercialización de energía eléctrica

## Resultados de estimación



**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO**

Adelante en el tiempo

CREG - Bogotá, 28 de Marzo de 2010

# INTRODUCCIÓN

# Primer informe y presentación

- Noviembre 2010.
  - Antecedentes.
  - Revisión de experiencia profesional.
  - Presentación de metodología.

# Segundo informe y presentación

- Metodología.
- Datos.
- Resultados de estimación.

# **EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD USANDO DEA**

# DEA – Data Envelopment Analysis

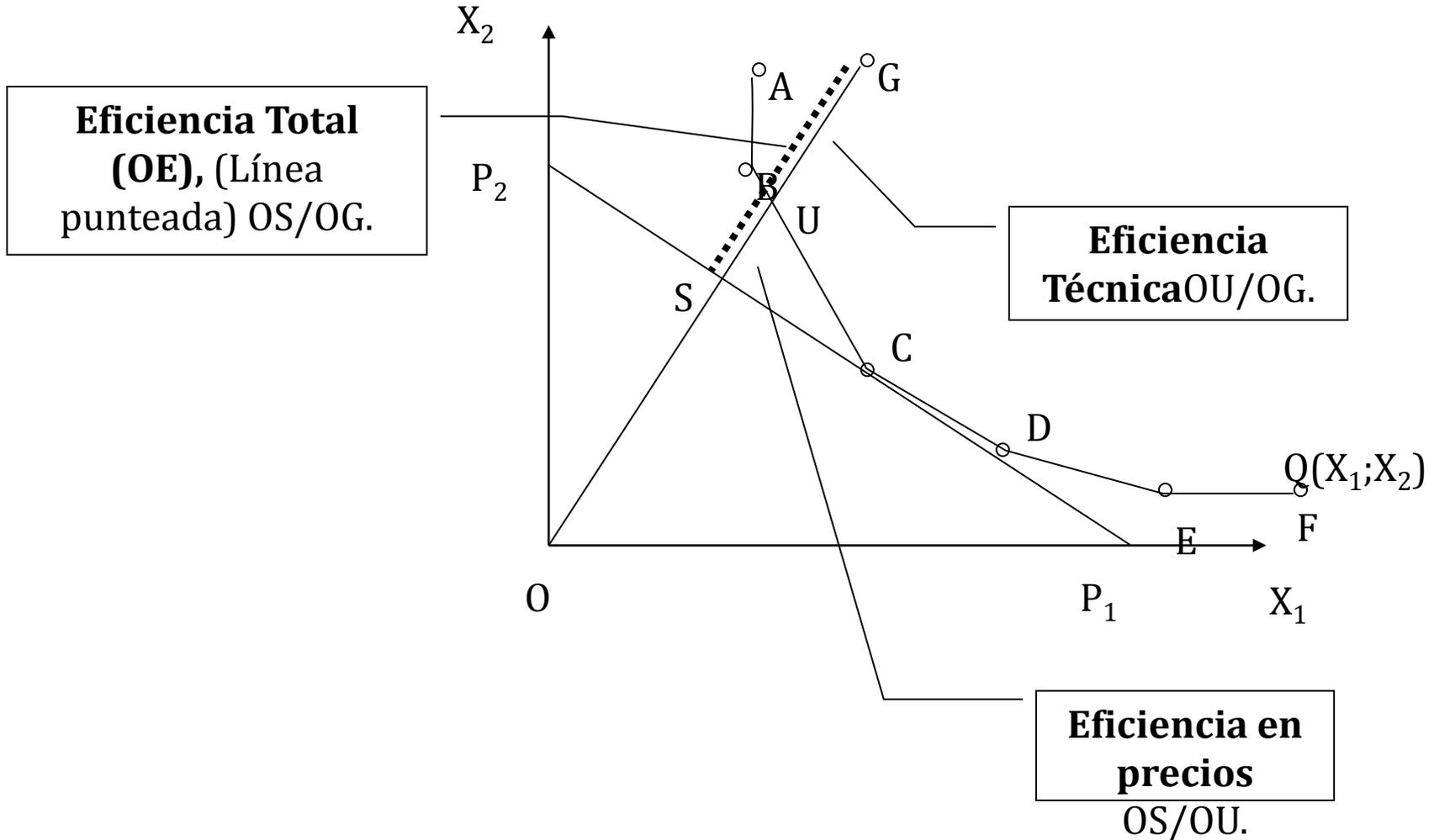
Data Envelopment Analysis / Análisis Envolverte de Datos

- Usado para estimación de eficiencia
  - Eficiencia en el sentido de reducción de insumos
  - Eficiencia en el sentido de incremento de producto
- Los resultados de estimación de eficiencia para dos períodos puede ser llevado a obtener cambios en productividad.
- Éste cambio se define como Índice de productividad de Malmquist.

# Eficiencia

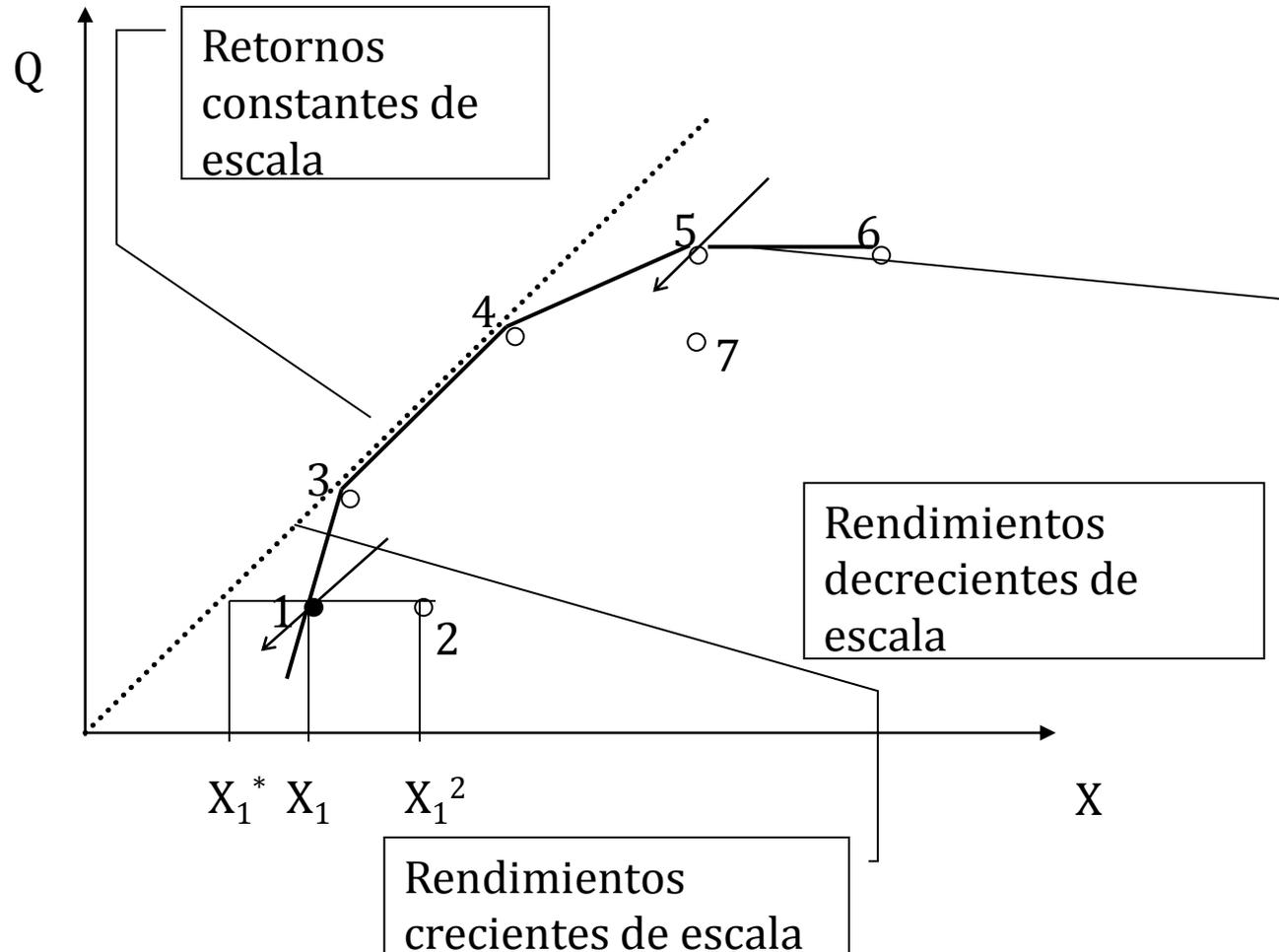
Data Envelopment Analysis –DEA – (Orientado a insumos)

Rendimientos constantes de escala



# Eficiencia

Data Envelopment Analysis –DEA – (Orientado a insumos) Rendimientos variables de escala



# MPI – Malmquist Productivity Index

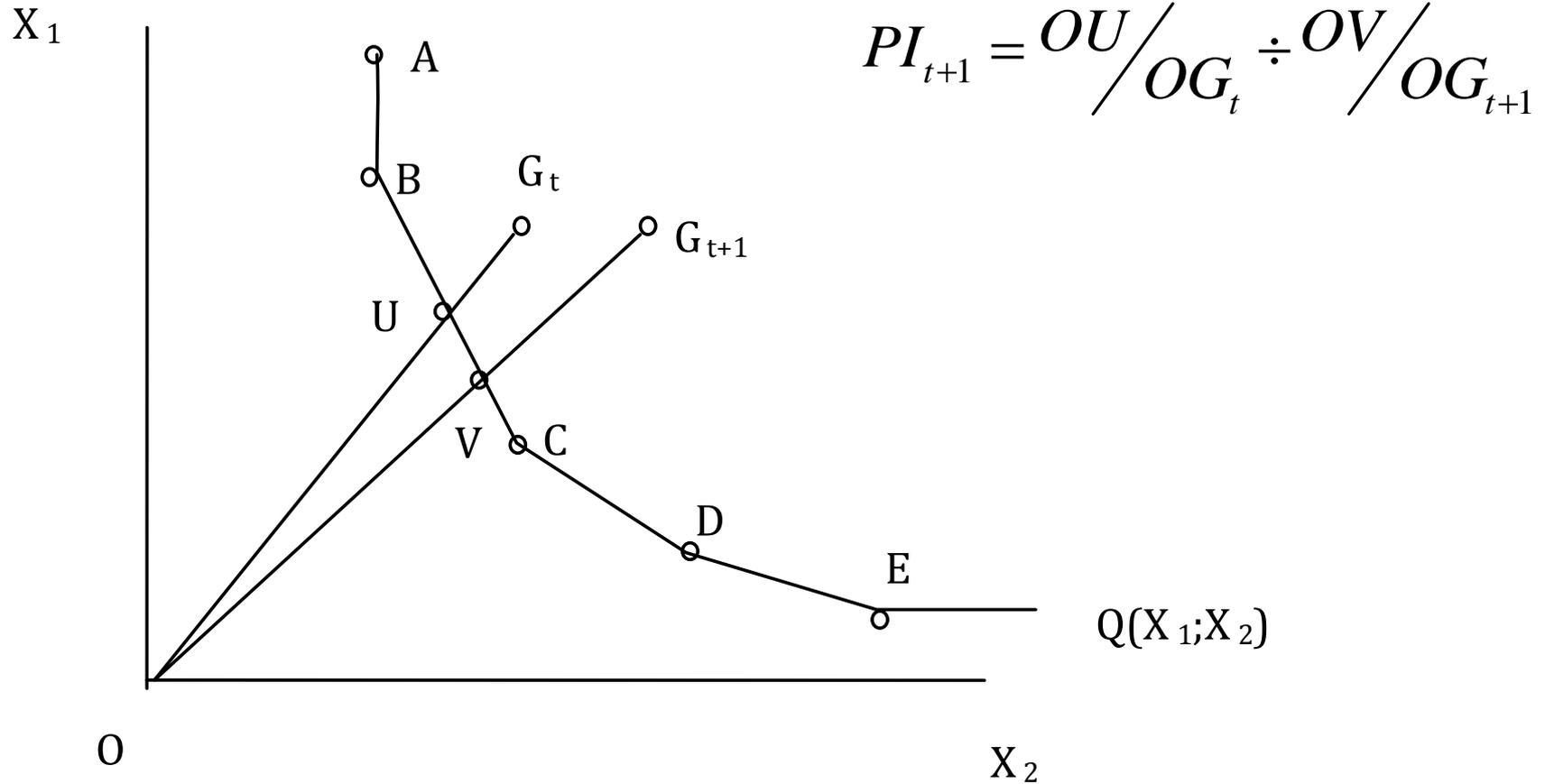
El MPI – Malmquist Productivity Index o Índice de Productividad de Malmquist

- Un MPI puede obtenerse a través de la estimación de eficiencia usando DEA.
  - Implica la estimación de varios modelos de eficiencia DEA.
  - 2 estimaciones DEA para modelo sin cambio en frontera de producción o tecnología.
  - 4 estimaciones DEA para modelo con cambio en frontera de producción o tecnología.

# Productividad

## Data Envelopment Analysis –DEA – Malmquist Index

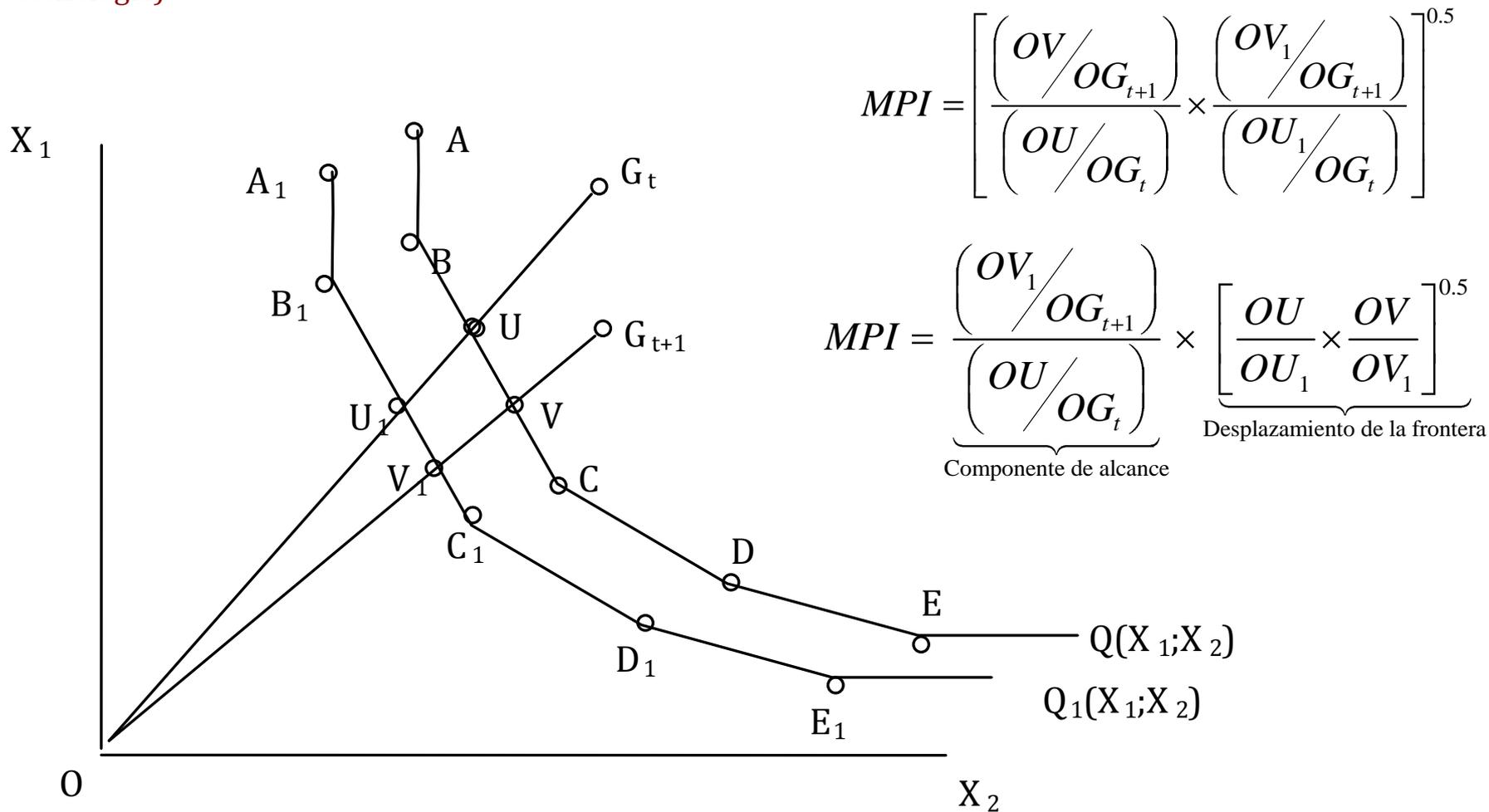
(Misma tecnología)



Fuente: Thanassoulis (2001)

# Productividad

## Data Envelopment Analysis –DEA – Malmquist Index (Cambio en tecnología)



Source: (Thanassoulis2000)

# MPI – Malmquist Productivity Index

- En el primer caso, el MPI es el resultado de incrementos en eficiencia de las unidades de producción.
- En el segundo caso, el MPI es el resultado de incrementos en eficiencia de las unidades de producción. Y también es el resultado del cambio en la frontera de producción o cambio tecnológico

# MPI con cambio tecnológico

- La estimación DEA representada por la distancia radial  $OV/OG_{t+1}$  en la ecuación y en la gráfica representa una medida de eficiencia para la unidad  $G_{t+1}$  con respecto a la unidad  $V$ , que hace parte de la frontera de producción en el período  $t$ .
- La estimación DEA representada por la distancia radial  $OU/OG_t$  en la ecuación y en la gráfica representa una medida de eficiencia para la unidad  $G_t$  con respecto a la unidad  $U$ , que hace parte de la frontera de producción en el período  $t$ .

# MPI con cambio tecnológico

- La estimación DEA representada por la distancia radial  $OV_1/Og_{t+1}$  en la ecuación y en la gráfica representa una medida de eficiencia para la unidad  $G_{t+1}$  con respecto a la unidad  $V_1$ , que hace parte de la frontera de producción en el período  $t+1$ .
- La estimación DEA representada por la distancia radial  $OU_1/OG_t$  en la ecuación y en la gráfica representa una medida de eficiencia para la unidad  $G_t$  con respecto a la unidad  $U_1$ , que hace parte de la frontera de producción en el período  $t+1$ .

# Descomposición MPI

- El MPI puede descomponerse en dos medidas.
  - Productividad por el desplazamiento de la frontera de producción.
  - Productividad por el efecto de las empresas respecto a la frontera o alcance

$$MPI = \frac{\left( \frac{OV_1}{OG_{t+1}} \right)}{\underbrace{\left( \frac{OU}{OG_t} \right)}_{\text{Componente de alcance}}} \times \underbrace{\left[ \frac{OU}{OU_1} \times \frac{OV}{OV_1} \right]^{0.5}}_{\text{Desplazamiento de la frontera}}$$

**DATOS**

# Datos

- Parte del éxito de una estimación DEA y su extensión a obtener un MPI se basa en gran medida en la calidad de la información usada para construir las variables insumo y producto necesarias para la estimación.
- Una estimación de eficiencia DEA se beneficia de utilización de variables físicas en contraposición a la utilización de variables en medidas monetarias.
- Cuando se utilizan variables en medidas físicas la interpretación de la medida de eficiencia y su posible incremento es directa, lo que no ocurre siempre con una medida monetaria en donde se combina un efecto precio.

# Datos

- Sin embargo una solución básica para el caso de tener que usar variables monetarias es construir cocientes entre este tipo de variables de manera que se puede llegar a anular el efecto precio.
- Una ventaja adicional en la construcción de cocientes como variables para una estimación DEA es la normalización de variables que empleadas individualmente pueden comportarse como observaciones atípicas.
- Esta es una solución adicional al tipo de estimación que incluye control por retornos variables de escala. Cuando entre las unidades de producción analizadas existe un grupo de observaciones que parece ser más grande de lo usual, la normalización hace que se ajusten los valores entre empresas de diferentes magnitudes.

# Datos

- Otra dimensión de la calidad de la información corresponde a su observación continua para los períodos de tiempo analizados. Cuando una variable de una unidad de producción no se observa en un período de tiempo, toda la unidad de observación debe ser removida, ya que se necesita su presencia en todo el período analizado.
- Finalmente cuando las variables ideales para estimación de eficiencia no se encuentran a disposición del analista, se recurre a medidas aproximadas a su disposición.
- En la estimación de eficiencia y productividad resumida en este documento se enfrentan varias de estas dificultades.

# Datos

- La estimación usa información para los años 2006 a 2009.
- Existe una observación por empresa para cada año. No es posible construir una base de datos discriminada por sectores, usuarios, o subclasificaciones al interior de las empresas.
- Tener cuatro períodos de análisis implica que se obtienen tres medidas de productividad, cada una corresponde a la productividad entre 2006 – 2007, 2007 – 2008, 2008-2009.
- La información utilizada para la estimación ha sido obtenida de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).

# Empresas

CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS S.A. E.S.P.
CENTRALES ELECTRICAS DE NARINO S.A. E.S.P.
CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A. E.S.P.
CODENSA S.A. E.S.P.
COMPAÑIA DE ELECTRICIDAD DE TULUA S.A.
COMPAÑÍA ENERGÉTICA DEL TOLIMA S.A. E.S.P.
ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A.
ELECTRIFICADORA DEL CARIBE S.A. E.S.P
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A. E.S.P.
ELECTRIFICADORA DEL META S.A. ESP.
EMPRESA DE ENERGIA DE BOYACA S.A. E.S.P.
EMPRESA DE ENERGIA DEL BAJO PUTUMAYO S.A. E.S.P.
EMPRESA DE ENERGIA DEL PACIFICO S.A. E.S.P
EMPRESA DE ENERGIA DEL PUTUMAYO S.A E.S.P.
EMPRESA DE ENERGIA DEL QUINDIO S.A. E.S.P.
EMPRESA DE ENERGIA DEL VALLE DE SIBUNDOY S.A. E.S.P.
EMPRESA DE ENERGÍA DE PEREIRA S.A. E.S.P.
EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN E.S.P.

# Variables

## Insumos

Costo de comercialización / Usuarios

Empleo / Usuarios

Valor activos / Usuarios

## Productos

$(-1) * pqr / \text{Usuarios}$

$(-1) * cpc\ 90 - 365 \text{ días} / \text{ingresos operacionales}$

## Variables producto ambientales o no discrecionales

Ventas por usuarios = Ventas kwh / Usuarios

Transformadores por usuario = Número de transformadores / usuarios

---

# Variables

## Insumos

Costo de comercialización / Usuarios

Empleo / Usuarios

Valor activos / Usuarios

## Productos

$(-1) * pqr / \text{Usuarios}$

$(-1) * cpc\ 90 - 365 \text{ días} / \text{ingresos operacionales}$

## Variables producto ambientales o no discrecionales

Ventas por usuarios = Ventas kwh / Usuarios

Transformadores por usuario = Número de transformadores / usuarios

---

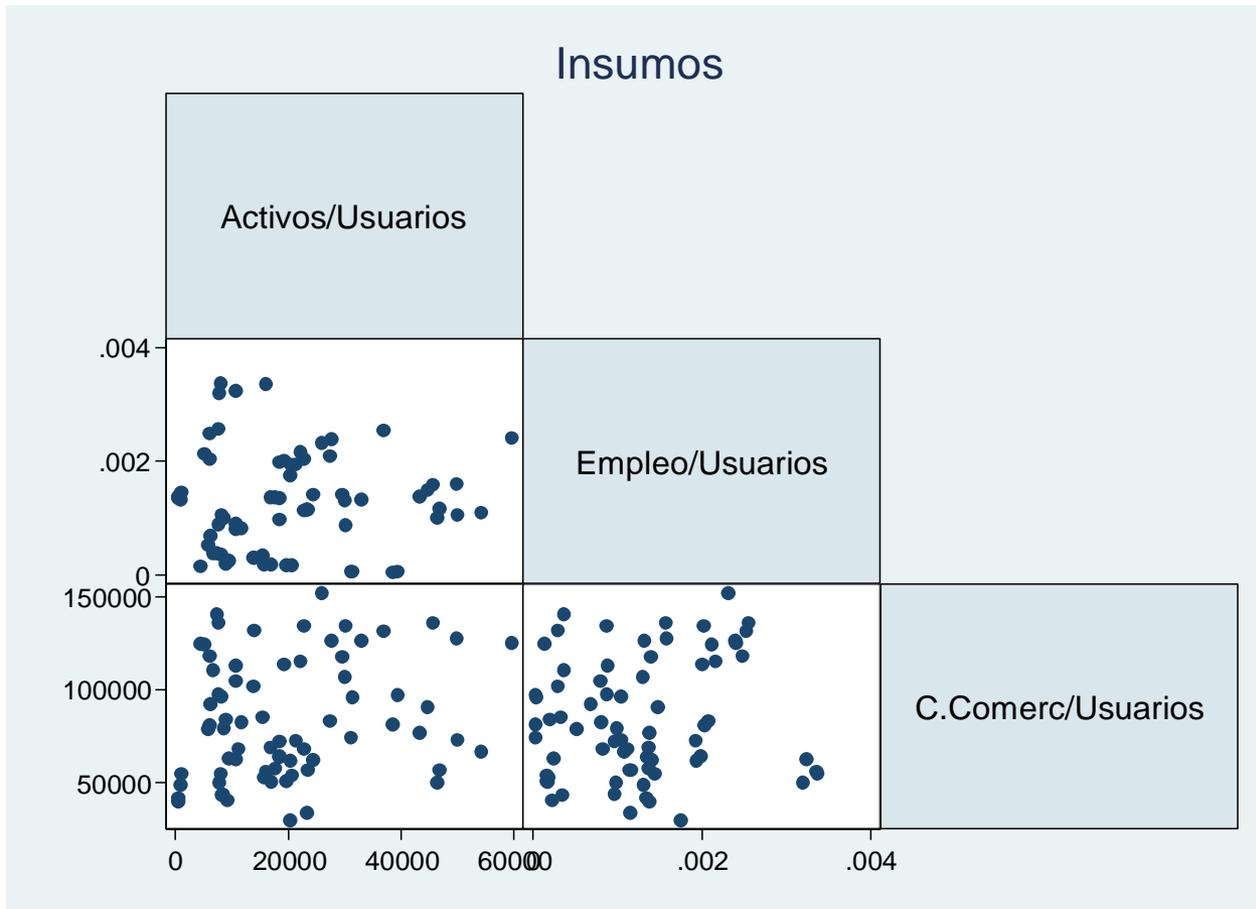
# Variables insumo

**Costo de comercialización por usuario.** Esta variable es construida como el cociente entre costo de comercialización y el número de usuarios. La variable refleja el costo por usuario entre empresas en la entrega de energía eléctrica. El objetivo de esta variable reside en que la eficiencia estimada en el DEA puede aumentar al disminuir el costo de ventas por usuarios.

**Empleo por usuario.** Esta variable es construida como el cociente entre el número de empleados y el número de usuarios. La variable empleo se construye a partir de la suma del número de empleados y de directivos. Se espera que en la estimación DEA la variable capture el comportamiento del insumo mano de obra y la posibilidad de que una reducción genere incrementos en eficiencia.

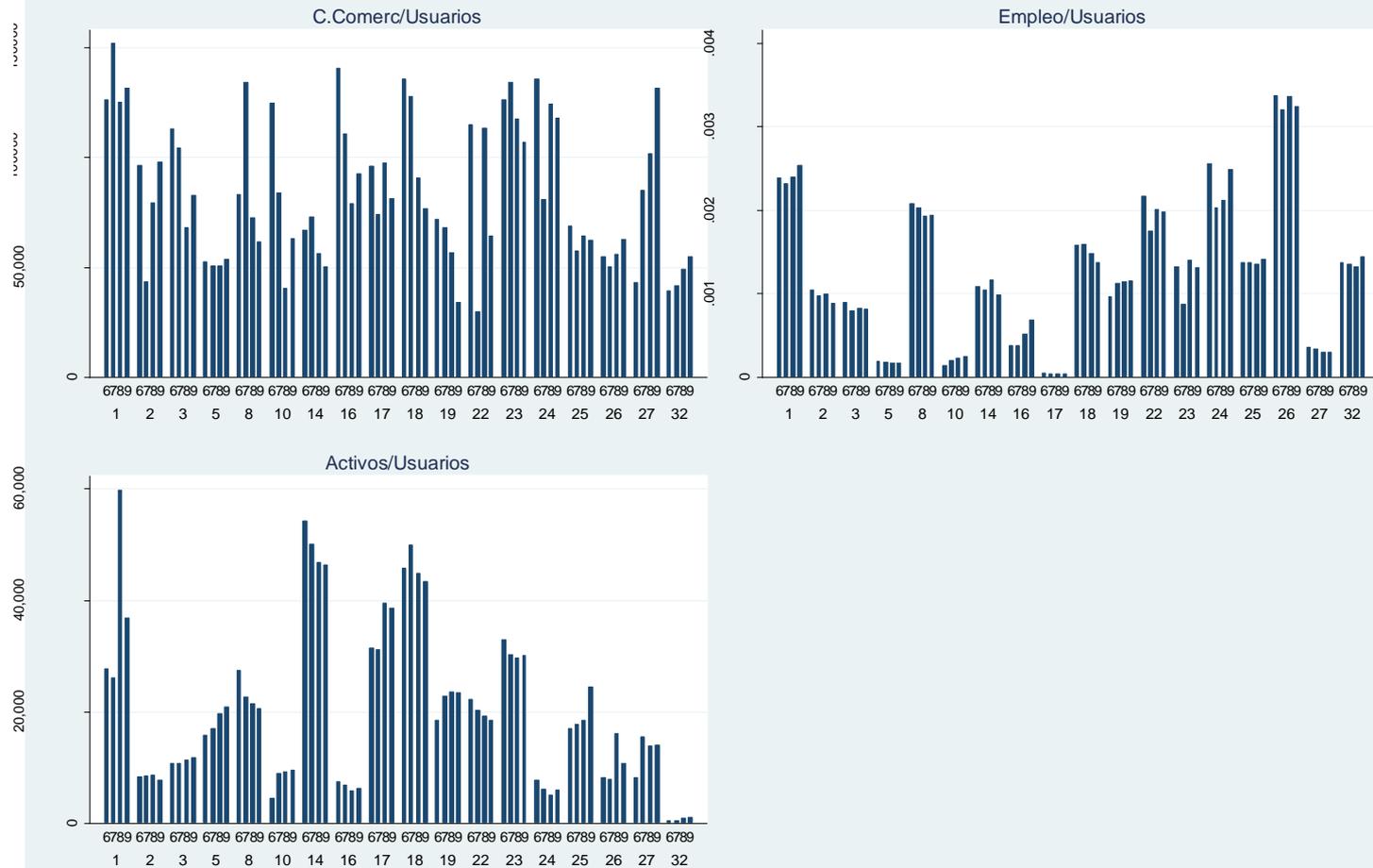
**Valor de activos por usuario.** Esta variable es construida como el cociente entre el valor de activos y el número de usuarios. La variable valor de activos se construye a partir de la suma del valor de activos reportado por las empresas de comercialización mediante Circular 082 de 2010 . Se espera que en la estimación DEA la variable capture el comportamiento del insumo capital y la posibilidad de que una reducción genere incrementos en eficiencia.

# Variables insumo



# Variables insumo

## Insumos



# Variables producto

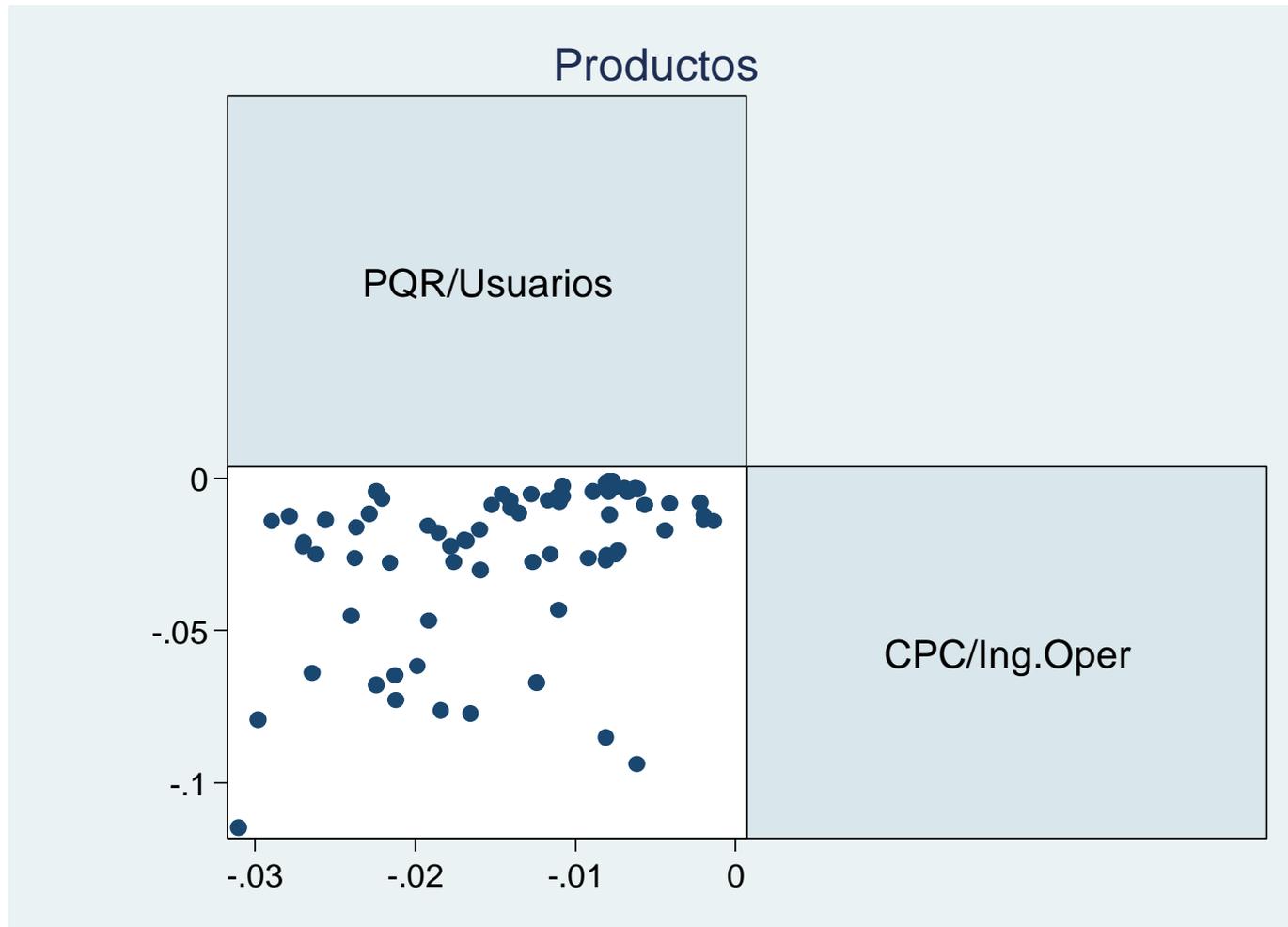
**Peticiones quejas y reclamos (PQR) por usuario (-1).** El cociente entre PQR y el número de usuarios es usado como una variable producto multiplicado por menos uno. La lógica de la inclusión de este indicador como un producto es que la reducción de peticiones, quejas y reclamos representa un incremento en la calidad del servicio de las empresas comercializadoras de energía. En el uso de esta variable se consideró eliminar las peticiones quejas o reclamos que se ajustaban a la siguiente categorización:

- Respuesta: accede
- Respuesta: Pendiente de respuesta
- Respuesta: accede parcialmente
- Detalle: Falla en la prestación del servicio.

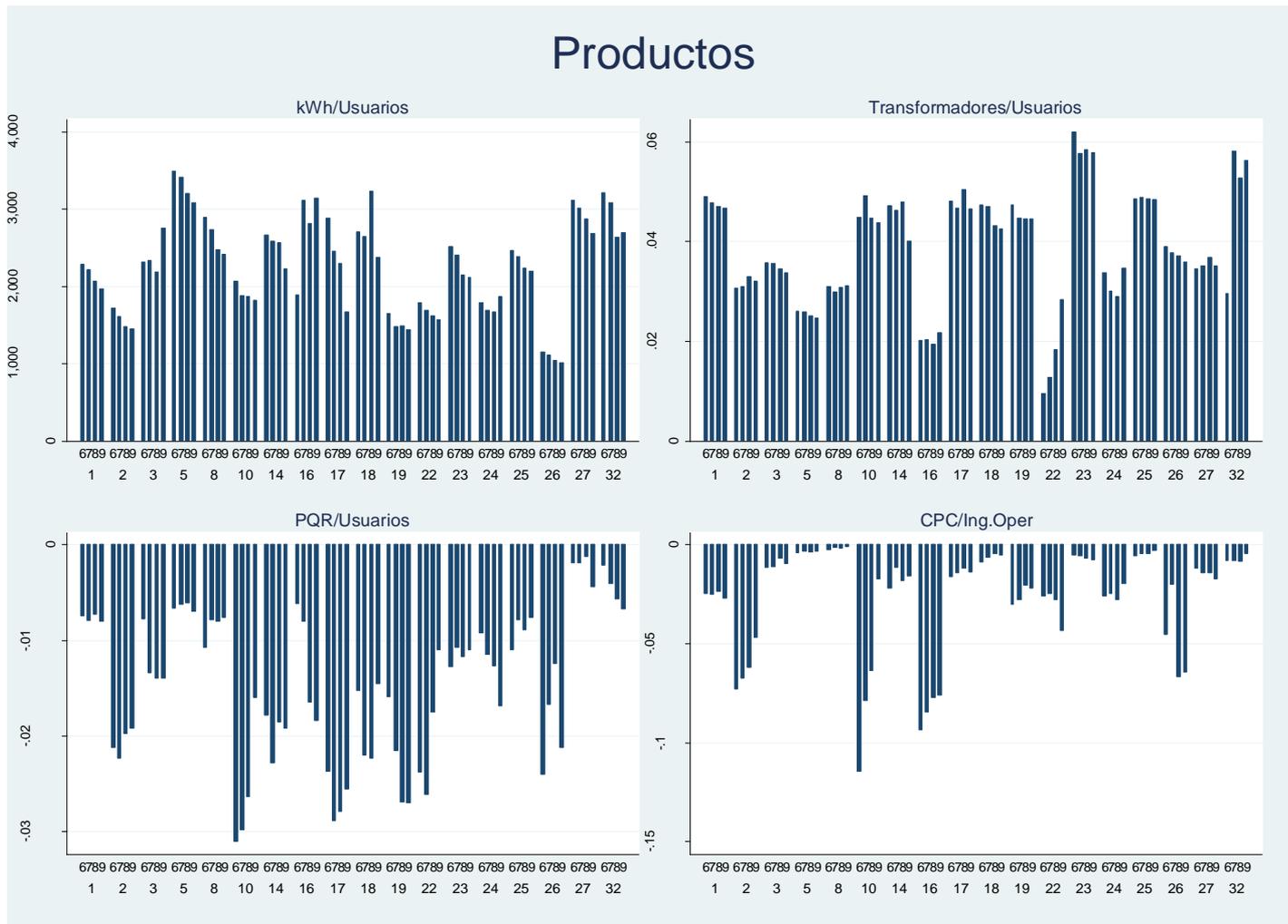
Las PQR correspondientes a esta clasificación es posible que no correspondan completamente a las empresas de comercialización.

**Cuentas por cobrar (CPC) e ingresos operacionales (-1).** La inclusión del cociente de cuentas por cobrar respecto a los ingresos operacionales sigue la lógica de que una empresa de comercialización de energía tiene como una de sus prioridades la reducción de las cuentas por cobrar en el mediano plazo. Al multiplicar este indicador por menos uno se consigue un efecto de incremento en eficiencia al generar una reducción en las cuentas por cobrar.

# Variables producto



# Variables producto / ambientales

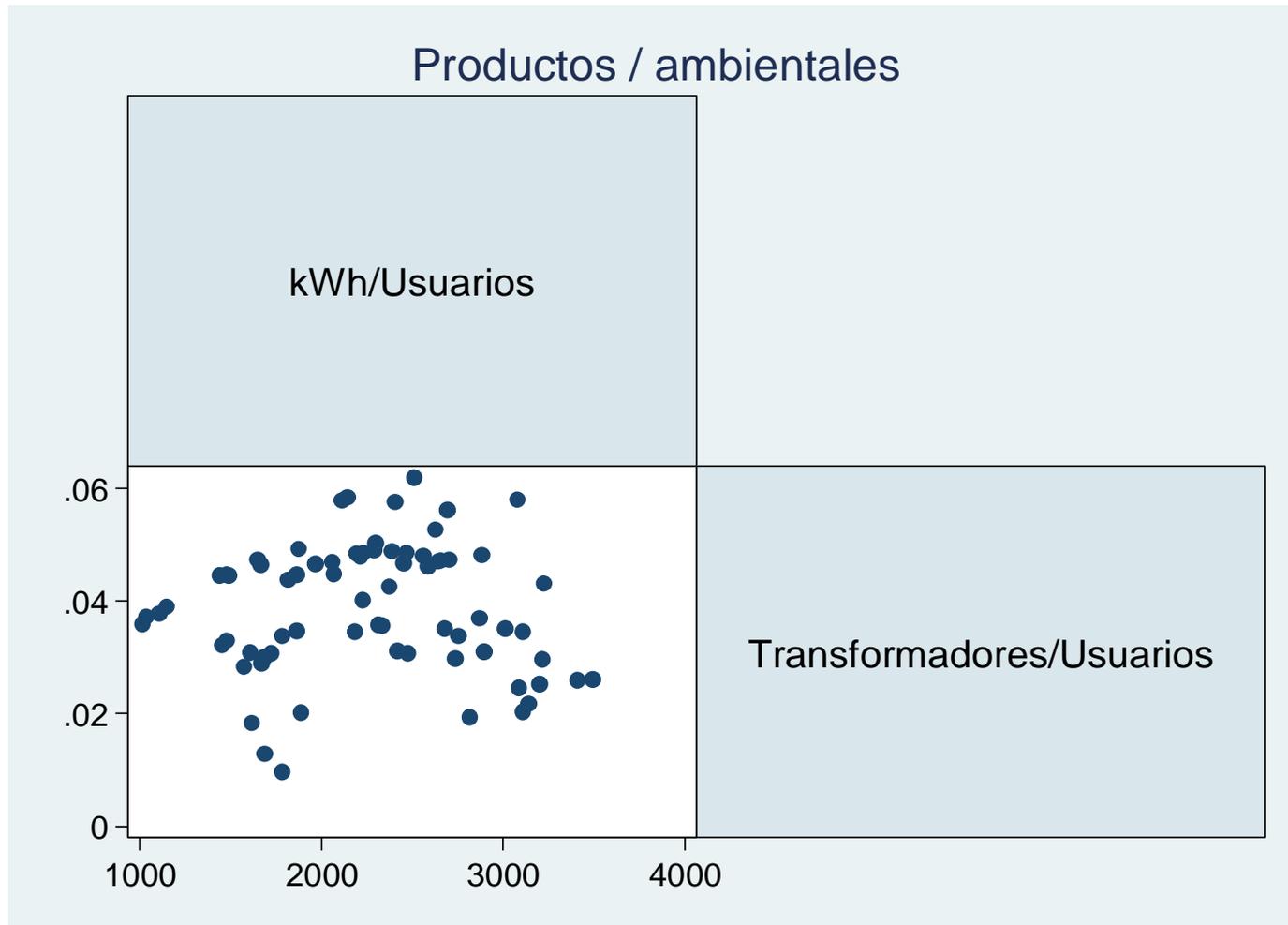


# VARIABLES AMBIENTALES

**Transformadores por usuarios (ambiental / no discrecional).** Esta variable es construida como el cociente entre el número de transformadores y el número de usuarios. Este cociente debe capturar características del sistema de distribución de la zona en que actúan los agentes de comercialización de energía eléctrica. En particular características de dispersión de usuarios y de terreno. Su caracterización como variable ambiental / no discrecional reconoce la imposibilidad de que la empresa de comercialización use esta variable estratégicamente en su actividad.

**Ventas (kWh) por usuarios (ambiental / no discrecional).** Este cociente busca capturar el número de kWh entregado por usuario. Esta variable refleja factores como clima, costumbres, distribución por tipo de usuarios, que no dependen de la actividad de la empresa pero si afecta el valor de las ventas. Su caracterización como variable ambiental / no discrecional reconoce la imposibilidad de que la empresa de comercialización use esta variable estratégicamente en su actividad. Las variables Ventas kWh y número de usuarios provienen de la información depurada y entregada por la CREG para este reporte.

# Variables ambientales



# RESULTADOS

# MPI

Resultados de promedio simple, ponderado por ventas en kWh del MPI se presentan en la siguiente tabla:

Resumen Industria	2006 - 2007	2007 - 2008	2008 - 2009	Promedio geométrico
Promedio simple	1.1416	1.0000	1.0325	1.0283
Mínimo	0.8212	0.4083	0.7075	0.9200
Máximo	2.6511	1.7783	1.7150	1.2291
Promedio ponderado por Ventas kWh	1.0090	1.0241	1.0024	1.0118

# MPI – Desplazamiento respecto a la frontera

Resultados de promedio simple, ponderado por ventas en kWh del efecto de desplazamiento respecto a la frontera se presentan en la siguiente tabla:

Resumen Industria	2006 - 2007	2007 - 2008	2008 - 2009	Promedio geométrico
Promedio simple	1.07287	1.03661	1.05060	1.01007
Mínimo	0.35440	0.40840	0.68730	0.74314
Máximo	2.75862	2.00401	1.89912	1.28858
Promedio ponderado por Ventas kWh	0.97719	1.03832	1.00498	1.00652

# MPI – Desplazamiento de la frontera

Resultados de promedio simple, ponderado por ventas en kWh del efecto de desplazamiento de la frontera se presentan en la siguiente tabla:

Resumen Industria	2006 - 2007	2007 - 2008	2008 ' 2009	Promedio geométrico
Promedio simple	1.14188	0.97370	0.98659	1.0229
Mínimo	0.91188	0.80837	0.90303	0.9495
Máximo	2.31711	1.07367	1.08670	1.2508
Promedio ponderado por Ventas kWh	1.06811	0.99035	0.99793	1.0182

# Estimación econométrica de función de producción y productividad

- La estimación econométrica de una función de producción permite obtener una medida de productividad.
- La estimación de función de producción con metodología básica de corte transversal o panel de datos no corrige por un potencial error de simultaneidad y entrada y salida de firmas.
- La estimación propuesta por Oley-Pakes ofrece una corrección de estos problemas en los factores de producción, y en consecuencia una estimación superior de productividad

# Estimación econométrica de función de producción y productividad

	2006 - 2007	2007 - 2008	2008 - 2009
K (activos)	0.499	0.547	0.655
(se)	0.369	0.476	0.469
L (Empleo total)	0.512	0.448	0.509
(se)	0.392	0.393	0.5
Observaciones	36	36	36

SE: error estándar

# Estimación econométrica de función de producción y productividad

Crecimiento Productividad	Oley - Pakes	Crecimiento Productividad	OLS
		2006-2007	-4
2007-2008	-0.52	2007-2008	-2.38
2008-2009	-0.93	2008-2009	0.46
2007-2009	-0.72	2006-2009	2.6e-9

# Productividad de la economía

- Varios estudios sobre la productividad se han realizado en el país. El uso de diferentes técnicas de estimación, datos disponibles y variables explicativas o factores de interés usados han generado una variedad de resultados.
- Por ejemplo, Eslava y otros (2004) estimaron una productividad multifactorial para la industria manufacturera de 0.1% para el período previo a la reformas de 1990 y de 0.4% posterior a la misma. El período de estudio estuvo entre 1982 y 1998.
- Clavijo 2003 por su parte presenta que la productividad laboral de la economía colombiana creció 0.4% entre 1990 y 2002 y la PTF decreció 0.6% para el mismo período.

# Productividad de la economía

- Villamil (2003) encontró que la PTF de la industria manufacturera creció 0.4% entre 1999 y el año 2000.
- Un estudio más reciente de Echavarría y otros (2006) presentan varios estimativos tanto de la PTF como de la productividad laboral de la industria manufacturera. Del año 1991 al 2002, los autores encontraron que usando uno de los métodos la PTF sin corregir por capacidad crece al 1.2% (y 0.7% sin corrección de capacidad).
- En promedio, se observa que la PTF ha podido crecer entre 0.1% y 0.6%.

# **INTERPRETACIÓN Y ALCANCE DE RESULTADOS**

# Resumen resultados

- La variabilidad en los resultados de estimación no es inusual. Esta variabilidad es de esperarse por la disponibilidad de información y las metodologías usadas. Lo cual es evidente al ver los resultados de las estimaciones de productividad para toda la economía.
- Un resumen global de los resultados se presenta en la tabla resumen. De esta tabla se define un incremento en la productividad de la industria utilizando el Índice de Productividad de Malmquist entre 1.1 y 2.8% en el período 2006-09.

# Resumen resultados

- Al descomponer éste entre el asociado al desplazamiento de la frontera y el asociado respecto a la frontera, se pueden observar efectos combinados. El efecto respecto a la frontera, es decir el incremento en productividad de las unidades de producción respecto a la frontera eficiente sugiere un incremento en el período total entre 0.6 y 1%. El primer valor corresponde al ponderado por kWh y el segundo al promedio simple.
- El resultado de productividad asociado al desplazamiento de la frontera, es decir al cambio en productividad por cambios en la frontera eficiente está entre 1.8 y 2.2%. El primer valor corresponde al promedio simple y el segundo al ponderado por kWh y el segundo al promedio simple. El resultado de la productividad obtenido por la estimación econométrica según la metodología de Oley – Pakes y MCO se encuentra entre 0 y 0.46.

# Resumen resultados

		2006-07	2007-08	2008-09	Promedio geométrico 2006-09
		%	%	%	%
MPI	Promedio simple	14	0	3.2	2.8
	Promedio ponderado por Ventas kWh	0.9	2.4	2.4	1.1
Efecto respecto a la frontera	Promedio simple	7.2	3.6	5.0	1
	Promedio ponderado por Ventas kWh	-2.3	3.8	0.4	0.6
Efecto desplazamiento de la frontera	Promedio simple	14	-2.7	-1.4	2.2
	Promedio ponderado por Ventas kWh	6.8	-0.1	-0.03	1.8
<b>Promedio industria</b>		<b>2007-2008</b>	<b>2008-2009</b>	<b>2007-2009</b>	
Estimación econométrica Olley – Pakes		-0.52	-0.93	-0.72	
Estimación econométrica MCO		-2.38	0.46	0	

# Resumen resultados

- Los valores del crecimiento de la productividad son diversos. Este tipo de resultado no es desconocido y como se discute en la presentación de otras estimaciones de crecimiento de productividad en Colombia es posible encontrar gran variabilidad en este tipo de ejercicios.
- En concordancia con la teoría económica y los objetivos de la consultoría, a partir de estos resultados, la Universidad del Rosario recomienda la adopción de cambio en productividad sugerido por el Índice de Productividad de Malmquist (MPI) de 1.1% para el promedio simple entre 2006 y 2009.
- Y no superior al resultado del promedio ponderado por ventas de kWh del efecto desplazamiento de la frontera de 1.8%. Para efectos de la regulación del sector de comercialización de energía eléctrica un incremento cercano a 1% por año debe ser apropiado y acorde a la actividad económica del país.

# Fortalezas y debilidades

- Una fortaleza de la metodología y de los resultados es la posibilidad de utilizar diferentes medidas de insumo y producto y calificar el desempeño y productividad de la industria a partir de diferentes características relevantes a los propósitos del estudio y a la actividad del sector.
- Una segunda fortaleza es poder discriminar los resultados entre efectos en relación a la frontera eficiente y efectos de la frontera misma. Esta división de los resultados permite identificar fuente de los cambios agregados en productividad.
- Los resultados presentados son consistentes con las múltiples estimaciones previas llevadas a cabo para este estudio.
- La evaluación del desempeño y productividad se ve limitada por la información ofrecida por las unidades estudiadas.