

CREG

**ASESORIA PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS MEJORAS EN PRODUCTIVIDAD
PERIÓDICAS QUE LOGRAN LAS FIRMAS EN LAS ACTIVIDADES DE
TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, SISTEMA NACIONAL DE
TRANSPORTE DE GAS, Y TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN
DE GLP.**

(Informe final)

EAFIT

Medellín, Diciembre 2004

I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. LA PRODUCTIVIDAD EN LOS SECTORES REGULADOS.....	3
II.1. La productividad, los costes y la competencia.....	3
II.2. La medición del cambio en la productividad.....	6
II.3. El incremento en la productividad exigible por el Regulador.....	8
III. LA EVOLUCIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN COLOMBIA.....	9
III.1. La productividad agregada en Colombia.....	9
III.2. La productividad en la década de los noventa.....	10
III.3. La evolución de la productividad entre 2000 y 2002.....	11
IV. CONSTRUCCIÓN DE LAS BASES DE DATOS.....	11
IV.1. Información de la Encuesta Anual Manufacturera.....	12
IV.2. Información de los sectores de electricidad, gas y GLP.....	15
IV.3. Variables Utilizadas en el modelo DEA.....	17
IV.4. Variables Utilizadas en el modelo econométrico.....	18
IV.5. Empresas.....	18
V. APLICACIÓN MODELO ECONOMÉTRICO.....	20
VI. MÉTODOS ALTERNATIVOS DE EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD.....	21
VI.1. Medida de Solow y Números índices.....	21
VI.2. El método DEA.....	22
VI.3. Fronteras estocásticas.....	23
VII. CONCLUSIONES.....	28
BIBLIOGRAFÍA.....	33
ANEXO 1: Comparaciones internacionales.....	34
ANEXO 2: Método Análisis Envolvente de Datos (DEA).....	38
ANEXO 3: Código CIU 3 Rev.....	43

I. INTRODUCCIÓN.

En 2002, EAFIT y el CIDE realizaron un proyecto de investigación para determinar el factor “X” aplicable a las actividades de Distribución y Comercialización de Energía eléctrica y Gas Natural, en la fórmula tarifaria. Se trataba, en dicho proyecto, de determinar el esfuerzo de productividad que el Regulador puede incluir en el “Price cap” de dichas actividades, incentivando las mejoras de productividad de las empresas, y contribuyendo de esta manera a acrecentar el bienestar de los consumidores, sin poner en riesgo la estabilidad financiera de las empresas.

En el presente informe se aborda, desde la misma perspectiva, el tema de la productividad en las actividades de Transmisión de Electricidad; Transporte de Gas; y transporte, almacenamiento y distribución de GLP.

El informe contiene, además de esta pequeña introducción, una sección dedicada al planteamiento teórico general del problema, que completa la presentación inicial del tema. Las secciones siguientes se ocupan de la evolución general de la productividad en Colombia; de la construcción de las bases de datos necesarias para el proyecto; de la aplicación del modelo de productividad originalmente estimado por EAFIT-CIDE para la CREG; de los métodos alternativos utilizados para convalidar los resultados; y de las conclusiones. En el anexo 1 se presenta a modo ilustrativo información de factores de productividad utilizados en la regulación de varios países.

II. LA PRODUCTIVIDAD EN LOS SECTORES REGULADOS.

II.1. La productividad, los costes y la competencia.

El incremento en la productividad es la fuerza motriz del desarrollo económico: es la fuente primordial de competitividad, y el elemento esencial que determina las ganancias en una empresa dentro de un sector productivo. Todo incremento en la productividad se refleja en un incremento de la rentabilidad, a menos que la competencia obligue a trasladar el incremento a los precios.

Para ilustrar esto, considérese la siguiente función de producción de una empresa en un sector productivo:

$$y_t = A_t f(x_t) \quad (1)$$

donde y es el producto, y x el insumo.

El índice de “productividad total de los factores”¹ se define cómo:

$$ITFP_t = (y_t / y_{t-1}) / (x_t / x_{t-1}) \quad (2)$$

¹ En términos de “t-1”.

y el cambio en la productividad es:

$$VTFP_t = (y_t / y_{t-1}) / (x_t / x_{t-1}) - 1$$

Si se define el margen de beneficio como:

$$m_t = \frac{p_t y_t}{w_t x_t} - 1 \quad (3)$$

entonces, *ITFP* puede reexpresarse como:

$$ITFP = \left[\frac{p_t y_t}{w_t x_t} \frac{w_{t-1} x_{t-1}}{p_{t-1} y_{t-1}} \right] \left[\frac{w_t p_{t-1}}{w_{t-1} p_t} \right] = \left[\frac{1 + m_t}{1 + m_{t-1}} \right] \left[\frac{w_t / w_{t-1}}{p_t / p_{t-1}} \right] \quad (4)$$

o:

$$p_t / p_{t-1} = \left[\frac{1 + m_t}{1 + m_{t-1}} \right] \left[w_t / w_{t-1} \right] \left[\frac{1}{ITFP} \right] \quad (5)$$

En una economía competitiva en la que los costos aumenten de acuerdo a un índice (por ejemplo, IPP), los precios de una empresa que haya incrementado su *ITFP*, y mantenga su margen constante, variarán de acuerdo a la fórmula:

$$p_t / p_{t-1} = \frac{w_t / w_{t-1}}{ITFP} = IPP / TFP \quad (6)$$

Desde el punto de vista de la empresa, la dinámica mencionada puede interpretarse de otra forma: el factor w_t / w_{t-1} representa el incremento de precio que experimentan los insumos. El costo total de la empresa se afecta en esa medida, menos el incremento que se logre en la productividad, que puede por ello interpretarse como la reducción de costos alcanzada. En otras palabras, la variación total en los costos es el resultado de dos fuerzas: el incremento en precio de los insumos (que depende, si las firmas son tomadoras de precio, del mercado de dichos insumos), y el decremento en los costos debido a las mejoras en productividad. Esas mejoras en productividad (o reducciones de costo) pueden lograrse de múltiples maneras: por mejoras en el rendimiento de los insumos; por optimización en la coordinación entre ellos; por su mejor aprovechamiento; por el establecimiento de nuevos procesos productivos que reduzcan el costo por unidad producida; por el impacto de nuevos sistemas de información; o en general, por la eficiencia administrativa.

En mercados competitivos se dan simultáneamente tanto el incentivo para alcanzar las mejoras en productividad, como el mecanismo que obliga a trasladarlo al precio. En efecto, si una empresa no consigue incrementar su productividad en la proporción en que sus competidores lo alcanzan, entonces sale del mercado; pero al tiempo, la presión competitiva no permite guardarse la reducción de costos, porque en condiciones de competencia perfecta, ningún consumidor estaría dispuesto a pagar una “prima” de

productividad en la compra de sus productos. Así que las empresas deben incrementar su productividad para no desaparecer, pero no pueden quedarse con el beneficio de la reducción de costos.

Alternativamente, en una economía no competitiva, en la que no existan presiones que mantengan estable el margen de beneficio (recuérdese que el paradigma competitivo indica que el margen de beneficio en competencia perfecta tiende a ser cero), y en la que la empresa traslade la totalidad de sus incrementos de costos al consumidor, el margen evolucionará de acuerdo a la fórmula:

$$1 + m_t = (1 + m_{t-1})ITFP \quad (7)$$

Así, el mecanismo que opera en los mercados competitivos puede describirse mediante la relación entre *ITFP* y los precios: un aumento en la productividad hará que los precios crezcan en la proporción en que crecen los costos, menos el crecimiento de la productividad. Las empresas dinámicas en un mercado competitivo aumentan su productividad, generando con ello reducciones de precio que reflejan el nuevo nivel de eficiencia.

Si no existen presiones competitivas, en cambio, la empresa podrá trasladar el incremento del precio de los insumos a sus propios precios, sin que se vea obligada a trasladar al precio las mejoras en productividad. De esta forma, mejorará su margen de beneficio.

Cuando la ausencia de condiciones competitivas genera la intervención regulatoria, el Regulador debe establecer mecanismos que obliguen a trasladar, por lo menos parcialmente, los beneficios de la productividad al consumidor, sin que generen con ello circunstancias que desalienten el desarrollo de la productividad. Un mecanismo en tal dirección está contemplado en la regulación colombiana en la aplicación del factor “X”: el Regulador establece una meta en el incremento de la productividad, y traslada la mitad de dicha meta al consumidor, dejando que la empresa regulada mejore su rentabilidad en la parte del incremento de la productividad que no es trasladable al precio.

Si, en aras de la brevedad, el Regulador obligase al traslado de la totalidad del esfuerzo productivo, la empresa no tendría ningún incentivo para emprender mejoras: le sería más cómodo mantener su estructura productiva inalterada, y hacer la gestión pertinente para demostrar el demérito patrimonial en que se encontraría, utilizando en dicha gestión su poder de mercado.

Así pues, tanto en entornos competitivos como en mercados regulados, existen incentivos para el desarrollo de la productividad: en los primeros, el mercado mismo obliga a trasladar las reducciones de costos implícitas en dichos desarrollos al precio de mercado; en los segundos, el Regulador debe establecer mecanismos que generen un traslado parcial de las mejoras en productividad al consumidor, sin que ello desincentive el esfuerzo productivo. Pero estos mecanismos dependen del conocimiento que se tenga del incremento en la productividad alcanzable por la empresa o industria regulada. Y este conocimiento es complejo y difícil de alcanzar.

II.2. La medición del cambio en la productividad.

El problema del incremento en la productividad alcanzable por una empresa o una industria, es complejo por partida doble: de una parte, no hay una medida unívoca e inequívoca de los cambios en la productividad; de otra, aún siendo clara dicha medida, no es fácil establecer un modelo teórico que “explique” el incremento en la productividad, por lo que resulta difícil “pronosticar” el potencial productivo de una industria.

En lo referente a la medida de la productividad, la literatura distingue dos tipos de cambios en la productividad: aquellos que se refieren a la frontera de posibilidades de producción de la industria (progreso técnico); y los que se refieren a la eficiencia particular de las firmas. La distinción parte del supuesto de que existe una frontera de posibilidades de producción en la industria, que refleja el estado de la tecnología disponible en la producción, y con respecto a la cual es posible que se presenten desviaciones, imputables a la ineficiencia de las firmas.

Una parte muy importante de la información disponible (y de las series de tiempo que pueden construirse) corresponde a información agregada de la industria. Esta información no permite discriminar entre progreso técnico y eficiencia, porque los movimientos en la productividad agregada deben depender tanto de la una como de la otra. Sobre este tipo de información se desarrollaron los conceptos fundamentales de la teoría del crecimiento, como el llamado *residuo de Solow*, y a ella puede aplicarse la teoría de los números índices, que permite agregar insumos o productos, de forma tal que el *índice de productividad total de los factores* expresado en la ecuación (2), pueda ser calculado para industrias multiproducto, en las que se emplean diversos tipos de insumos.

Para definir el índice de Solow se parte de una función de producción como:

$$Y = Af(K, N, M) \quad (8)$$

Donde Y es el producto; K , N y M los insumos (capital, trabajo e materias primas) y A es el parámetro de productividad.

Dada competencia perfecta y rendimientos constantes a escala:

$$VTFP = \dot{Y}/Y - (\dot{N}/N)\alpha_N - (\dot{K}/K)\alpha_K - (\dot{M}/M)\alpha_M \quad (9)$$

Donde α_i es la participación del factor i en la remuneración total de los factores.

El índice de Solow muestra la variación en la productividad agregada del sector, que depende no sólo del progreso técnico, sino también de las variaciones en la eficiencia de las empresas del sector y del efecto de reasignación de recursos implícito en los procesos dinámicos, en los que algunas empresas no eficientes son reemplazadas por nuevas empresas.

Una medida alternativa es la que se obtiene mediante números índices. Se trata, en este caso, de construir índices de cantidad de insumos y productos, para reemplazarlos en la ecuación (2).

El índice habitualmente empleado es el índice de Tornqvist que, para el caso de los insumos es:

$$\ln Q_T = (1/2) \sum_1^n \left[\left(\frac{w_{t-1}^i x_{t-1}^i}{w_{t-1} x_{t-1}} \right) + \left(\frac{w_t^i x_t^i}{w_t x_t} \right) \right] \ln \left(\frac{x_t^i}{x_{t-1}^i} \right) \quad (10)$$

Donde x_t^i es la cantidad del insumo i empleada en el período t ; w_t^i es el precio correspondiente; x_t y w_t son los vectores de cantidades y precios del período t (y, en consecuencia, $x_t w_t$ debe entenderse como un producto vectorial).

Un enfoque alternativo se obtiene estimando la función de producción del sector, y calculando el índice de Malmquist. Se trata, en este caso, de calcular los factores t_0 y t_1 que ajustarían, respectivamente, los insumos del período final para obtener la producción del período inicial; y los insumos del período inicial para obtener la producción final, con las respectivas funciones de producción; para después obtener el índice M como la media geométrica de los factores:

$$\begin{aligned} y_{t-1} &= f_{t-1}(x_{1,t-1}/t_0, x_{2,t-1}/t_0, \dots, x_{n,t-1}/t_0) \\ y_t &= f_t(t_1 \cdot x_{1,t-1}, t_1 \cdot x_{2,t-1}, \dots, t_1 \cdot x_{n,t-1}) \end{aligned} \quad (11)$$

$$M(y_t, x_t, y_{t-1}, x_{t-1}) = (t_0 t_1)^{1/2} \quad (12)$$

La estimación econométrica convencional de funciones de producción supone que todas las firmas analizadas son eficientes, y en consecuencia, el índice de Malmquist obtenido a partir de este tipo de estimaciones, asume que todo el cambio en la productividad corresponde a progreso técnico.

No obstante, han ganado popularidad recientemente los análisis de eficiencia, que evitan ese supuesto: en este caso, se busca más bien determinar la eficiencia de cada una de las empresas que constituyen el sector, determinando al mismo tiempo la frontera de posibilidades de producción general.

Un enfoque no econométrico es el *Data Envelopment Analysis, DEA*; un enfoque econométrico es el análisis de fronteras estocásticas. El *DEA* ya ha sido empleado en Colombia con fines regulatorios; y en el informe de EAFIT-CIDE del 2002 presenta ejercicios de estimación de fronteras estocásticas para los sectores de Distribución y Comercialización de Electricidad y Gas natural.²

El punto fundamental con esos métodos es que permiten, simultáneamente, determinar la eficiencia de cada firma (o unidad productiva) en relación a las demás; y establecer una frontera de posibilidades de producción, que permita determinar el progreso técnico. La frontera puede ser una frontera “por tramos” (en el caso *DEA*) o una frontera

² En el Anexo 2 se resumen brevemente la metodología *DEA*. En la sección VI, por su parte, se aborda el tema de fronteras estocásticas.

continua (para la estimación de fronteras estocásticas). En este último caso, es posible aplicar el índice de Malmquist a la frontera estimada, generando con ello un estimativo del “progreso técnico”, independiente de las variaciones en la eficiencia; en el caso del *DEA* se ha implementado un enfoque alternativo, partiendo de una versión ajustada del índice de Malmquist, que parte de evaluar la eficiencia de la empresa j en el período t con respecto a los datos del período $t-1$; y la eficiencia de la misma empresa en el período $t-1$ respecto a los datos del período t , para después construir un índice de la industria como la media geométrica de los índices de Malmquist de las empresas, según se detalla en el anexo 2.³

Este índice de Malmquist ajustado no aísla el progreso técnico. Se refiere, más bien, al índice de cambio total de la productividad. Pero se acostumbra descomponerlo, de tal manera que discrimine “progreso técnico” y “cambios en la eficiencia”.

II.3. El incremento en la productividad exigible por el Regulador.

Ahora bien: en los sectores regulados, el Regulador debe establecer el esfuerzo de reducción de costos alcanzable por la empresa regulada, a fin de incorporar el factor “X” en el “price cap”. ¿Cómo puede establecerse este esfuerzo alcanzable?

Hay dos consideraciones básicas que deben presidir el análisis:

- La productividad muestra una tendencia creciente que es inherente a la evolución de las economías de mercado, y que se refleja en general en todas las medidas de la productividad y el progreso técnico cuando se aplican a información tanto agregada como sectorial. La sección siguiente del informe ilustra esta afirmación.
- La naturaleza propia de la evolución de las empresas, exige que éstas propendan por el mejoramiento continuo: es decir, por la búsqueda de mejoras en productividad y reducciones en costos, que guíen el esfuerzo cotidiano en las organizaciones.

De acuerdo a ello, el Regulador debe captar un nivel adecuado de esfuerzo, que enmarcado en las posibilidades de la economía y del sector, se refleje en bienestar para los consumidores, sin afectar la estabilidad financiera del sector. Es decir, debe imponer metas viables pero exigentes, en concordancia con las oportunidades existentes de mejoramiento continuo de las organizaciones.⁴

La determinación del esfuerzo alcanzable puede, en principio, remitirse a tres tipos de criterios:

³ Debe advertirse que este índice de Malmquist ajustado adolece de un problema importante, que lo hace parcialmente inadecuado: no es un índice ponderado, y no resulta obvio qué ponderación pudiera hacerse, para evitar que movimientos imprevistos en una empresa afecten de manera importante el índice de la industria.

⁴ Es tentadora la idea de expresar la interacción entre Regulador y regulado como un juego dinámico de información incompleta: dinámico, porque el Regulador está obligado a buscar el bienestar de corto plazo de los consumidores, pero también la viabilidad de largo plazo del sistema; y de información incompleta, porque en rigor no es posible determinar la productividad futura alcanzable.

1. Experiencias internacionales: “Benchmarking” respecto a empresas del sector, en otros países del mundo, entendiendo que las empresas reguladas pueden alcanzar niveles de productividad observables en otros países.
2. Experiencias históricas: evolución reciente del sector, bajo el supuesto de que los ritmos de incremento en la productividad pueden alcanzarse de nuevo en el futuro.
3. Experiencias generales en la economía considerada: “Benchmarking” respecto a otros sectores de la economía, que usando los factores generales de la producción consiguen incrementos en la productividad efectivos. En la base de esta metodología está la concepción de la economía como un sistema de uso de recursos productivos móviles, que fluyen de unos usos a otros, de acuerdo a las rentabilidades relativas. Esa concepción general es la misma que está detrás del concepto de función de producción agregada, y puede explicitarse mediante ejercicios econométricos que determinen los factores que inciden en el desempeño productivo de los sectores.

El enfoque considerado es el último, aunque se recurre al análisis de la evolución reciente del sector, para confrontar las metas establecidas con las experiencias sectoriales recientes.

Más específicamente, se usó un modelo econométrico de desempeño de la productividad en los sectores productivos para los que existe información económica abundante, para aplicarlo a los sectores regulados. Los resultados se convalidan mediante el análisis de desempeño reciente de los sectores considerados, hecho mediante *DEA* y mediante Fronteras estocásticas, como se describe en una sección posterior del informe.

III. LA EVOLUCIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN COLOMBIA.

Como punto de referencia básico, se han tenido en cuenta tres grandes indicadores: la evolución general de la productividad en la economía colombiana entre 1970 y 1995, de acuerdo al sistema de cuentas nacionales antiguo, base 1970, en un intento de captar las grandes tendencias de la productividad, en lapsos de tiempos suficientemente grandes; la evolución de la productividad en los sectores industriales, entre 1992 y 1999, utilizando la serie de información más detallada que existe sobre algún sector económico (en este caso, la industria manufacturera), con el sistema antiguo de clasificación de la encuesta anual manufacturera; y la evolución reciente (2000-2002) de la productividad en el nuevo sistema de clasificación de la encuesta anual manufacturera.

III.1. La productividad agregada en Colombia.

Un ejercicio básico de aplicación de los índices de productividad definidos en la sección II, a la economía colombiana, en un horizonte de tiempo suficientemente grande, como para permitir la determinación del stock de capital mediante el método de Harberger, arroja los siguientes resultados:

DESCRIPCION	VALOR
Promedio geométrico del residuo de Solow calculado año a año	0.43%
Promedio geométrico de crecimiento de PTF medida con índices de cantidad de Törnqvist, calculados año a año.	0.44%
Promedio geométrico del residuo de Solow, calculado entre el período inicial y el período final. Ponderador promedio del período.	0.90%
Promedio geométrico de crecimiento de PTF medida con índices de cantidad de Törnqvist, calculados año a año.	0.42%
Promedio geométrico de crecimiento de PTF medida con índices tipo Malmquist	0.14%

El período considerado es 1970-1995 con datos provenientes de Cuentas Nacionales, base 1970. En 1994 se cambió la base de las Cuentas Nacionales, y hasta el presente se ha reconstruido sólo la información entre 1999 y 2002, de forma tal que la serie es todavía muy corta, para emprender la construcción de series de capital adecuadas. La década de los noventa se analiza mediante la encuesta anual manufacturera, como se reporta en la siguiente sección:

III.2. La productividad en la década de los noventa.

Para la estimación del modelo econométrico, se procesó la información de la Encuesta Anual Manufacturera, entre 1992 y 1999, y se calculó el índice de Törnqvist para dos

TASA DE CRECIMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD ANUAL.								
Índice de Törnqvist. Promedio anual								
Sector CIU	1992-1995	1996-1999	Sector CIU	1992-1995	1996-1999	Sector CIU	1992-1995	1996-1999
2 rev.			2 rev.			2 rev.		
3111	0.06%	0.18%	3221	5.06%	1.12%	3692	4.55%	-0.26%
3112	2.16%	-1.36%	3231	-2.70%	1.42%	3710	3.02%	1.27%
3113	3.66%	-2.16%	3232	6.67%	0.18%	3720	4.38%	5.42%
3114	-0.64%	2.45%	3233	-2.01%	1.39%	3721	-0.32%	1.90%
3115	-0.94%	1.02%	3240	-1.86%	1.24%	3722	4.21%	-0.47%
3116	-0.26%	0.21%	3311	2.00%	-10.11%	3811	5.73%	-3.64%
3117	2.07%	-1.70%	3320	3.75%	-0.25%	3812	4.31%	-0.23%
3118	1.25%	-0.77%	3411	-0.99%	3.01%	3813	6.53%	-10.60%
3119	-0.52%	0.68%	3412	-0.24%	-0.66%	3814	9.42%	-0.59%
3121	-1.30%	-3.46%	3420	1.07%	1.34%	3823	3.38%	-8.63%
3122	-0.74%	-0.62%	3511	5.22%	-0.21%	3824	2.93%	0.06%
3131	1.88%	6.94%	3512	0.79%	-3.17%	3825	8.31%	-5.01%
3132	-0.34%	1.55%	3513	5.15%	-1.27%	3826	5.26%	-2.21%
3133	-0.33%	-2.51%	3521	0.64%	-4.33%	3827	2.79%	-0.97%
3134	1.14%	4.59%	3522	-0.24%	-0.67%	3831	0.93%	-3.40%
3140	-7.45%	7.58%	3523	3.20%	3.28%	3832	3.58%	-2.85%
3211	-0.26%	-5.54%	3528	7.59%	-2.07%	3833	-5.73%	-8.39%
3212	0.72%	1.23%	3530	6.09%	5.00%	3843	1.18%	-0.57%
3213	2.68%	2.60%	3540	5.58%	-3.14%	3844	2.93%	-0.21%
3214	6.82%	3.99%	3551	-1.39%	-4.21%	3845	4.75%	6.72%
3215	10.93%	-2.14%	3560	0.84%	1.09%	3901	9.97%	-9.85%
3216	1.00%	0.13%	3610	-0.38%	2.16%	3902	-13.30%	4.89%
3217	-1.15%	-0.13%	3620	0.31%	-4.30%	3904	5.97%	2.06%
3218	0.25%	4.45%	3621	-2.54%	-5.63%	Promedio	1.91%	-0.55%
3220	1.50%	4.22%	3691	0.51%	-6.99%			

períodos: 1992-1995 y 1996-1999. Debe recordarse que este último período incluye la recesión que azotó a Colombia a finales de la década pasada:

Como puede apreciarse, el crecimiento promedio de la productividad entre 1992 y 1995 fue del 1.91%; entre 1996 y 1999, se da una caída del 0.55% (asociada a la recesión), lo que arroja un promedio para el período total del 0.68%.

III.3. La evolución de la productividad entre 2000 y 2002.

A partir de 2000, la Encuesta Anual Manufacturera ha cambiado la clasificación CIU utilizada, reemplazando la versión 2 por la versión 3. Con esta nueva clasificación, se ha calculado la productividad sectorial y la productividad general, tanto mediante el residuo de Solow como por el índice de Törnqvist. Los resultados (que se anexan al informe en hoja de cálculo) se resumen en los siguientes cuadros:

TOTAL INDUSTRIA MANUFACTURERA			
TFP	2000 - 2001	2001 - 2002	PROMEDIO
Solow	0.696%	0.312%	0.504%
Törnqvist	0.683%	0.315%	0.509%

PROMEDIO SECTORES CIU			
TFP	2000 - 2001	2001 - 2002	PROMEDIO
Solow	2.710%	3.261%	2.737%
Törnqvist	3.323%	3.310%	3.054%

Entre 2000 y 2002, la productividad total agregada de los sectores industriales ha crecido a una tasa anual del 0.5%; si se halla un promedio simple de la productividad sectorial, entonces el resultado anual se encuentra entre el 2.7% y el 3%.

En síntesis, la evidencia disponible muestra que el crecimiento de la productividad en Colombia ha mantenido como mínimo un nivel del orden del 0.5%, con comportamientos sectoriales disímiles, cuya lógica se analiza mediante el modelo econométrico estimado en el estudio EAFIT-CIDE de 2002.

IV. CONSTRUCCIÓN DE LAS BASES DE DATOS.

El enfoque adoptado en el presente informe es el siguiente:

1. Aplicar el modelo econométrico EAFIT-CIDE a los sectores de transmisión de electricidad; transporte de gas; y distribución, almacenamiento y comercialización de GLP.
2. Convalidar los resultados mediante modelos de fronteras estocásticas, aplicados a los sectores analizados y a los sectores incluidos en EAM 2000-2002.
3. Convalidar los resultados mediante análisis *DEA* de los sectores objeto del estudio.

Para los puntos 2 y 3 de la relación anterior, se han construido bases de datos de la Encuesta Anual Manufacturera, y de los sectores considerados, de acuerdo a la metodología que se describe a continuación.

IV.1. Información de la Encuesta Anual Manufacturera.

IV.1.A. CONSTRUCCIÓN DE SERIES

Se construyeron series de producción, de capital, de consumo intermedio, de trabajo y de sus respectivos precios para cada uno de los sectores de la industria manufacturera colombiana, según la clasificación CIIU a 4 dígitos según la tercera revisión adaptada para Colombia (CIIU 3 Rev. A.C.). La fuente de información fue la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) realizada por el DANE y el periodo de análisis comprende desde el año 2000 hasta el año 2002.

1.1 Producción

La producción se calculo como:

$$Y_t^i = \frac{PBI_t^i}{PY_t^i}$$

Donde PBI_t^i es la producción industrial bruta en el año t para el sector i, tomada de la EAM DANE. Se tomó como índice de precios de la producción del año t para el sector i, PY_t^i , el índice de precios del productor, IPP, por clasificación CIIU a 4 dígitos 3 Rev. A.C. elaborado por del Banco de la República.

1.2 Consumo Intermedio

El consumo intermedio del año t para el sector i se calculó como:

$$M_t^i = \frac{CI_t^i}{PM_t}$$

Donde CI_t^i es el consumo intermedio del año t para el sector i extraído de la EAM. Y PM_t es el índice de precios del productor del consumo intermedio publicado por el Banco de la República según uso o destino económico.

1.3 Trabajo

La cantidad de trabajo usada por el sector i en el año t , N_t^i se tomó como el número de trabajadores permanentes y temporales contratados directamente por el establecimiento sin incluir propietarios, socios y familiares.

El precio del trabajo para el sector i en el año t PN_t^i se calculó como:

$$PN_t^i = \frac{SSSP_t^i}{N_t^i}$$

Donde $SSSP_t^i$ es la suma de sueldos y salarios más prestaciones sociales incluyendo aportes patronales al ISS, SENA, ICBF, cajas de compensación, sistemas de salud y fondos de pensiones del personal permanente y temporal contratado directamente por el establecimiento, tomados de la EAM.

1.4 Capital

El capital empleado se calculó como:

$$K_t^i = \frac{AF_t^i}{IPP_t}$$

Donde, AF_t^i es la suma de los valores revalorizados a final de año de los activos depreciables de cada sector, reportados por la EAM. A continuación se presentan las cuentas que se consideraron:

EDIFICIOS Y ESTRUCTURAS
EQUIPO DE OFICINA
EQUIPO DE TRANSPORTE
MAQUINARIA Y EQUIPO
MAQUINARIA EN MONTAJE
CONSTRUCCIONES EN CURSO
OTROS DEPRECIABLES

Y, donde IPP_t es el índice de precios del productor de formación de capital publicado por el Banco de la República según uso o destino económico.

El precio del capital del sector i en el año t , se calculó de forma residual como

$$PK_t^i = \frac{VA_t^i - SSSP_t^i}{K_t^i}$$

Donde VA_t^i es el valor agregado por el sector i en el año t . Según la EAM el valor agregado corresponde al valor de los ingresos recibidos por el uso de los factores productivos participantes en el proceso de producción durante el período estudiado. El DANE obtiene el valor agregado de la industria manufacturera deduciendo del valor de la producción bruta el valor del consumo intermedio.

2. CÁLCULO ΔPTF SOLOW

Se calculó el incremento en la productividad total de los factores (PTF) según la fórmula de Solow para el sector i entre los años $(t-s)$ y (t) como:

$$\Delta PTFS_{(t-s)(t)}^i = \left(1 + \frac{Y_t^i - Y_{t-s}^i}{Y_{t-s}^i} - \alpha_t^{N(i)} \frac{N_t^i - N_{t-s}^i}{N_{t-s}^i} - \alpha_t^{KU(i)} \frac{K_t^i - K_{t-s}^i}{K_{t-s}^i} - \alpha_t^{M(i)} \frac{M_t^i - M_{t-s}^i}{M_{t-s}^i} \right)^{\frac{1}{s}} - 1$$

Donde $\alpha_t^{N(i)} = \frac{N_{t-s}^i \times PN_{t-s}^i}{Y_{t-s}^i \times PY_{t-s}^i}$, $\alpha_t^{KU(i)} = \frac{K_{t-s}^i \times PK_{t-s}^i}{Y_{t-s}^i \times PY_{t-s}^i}$ y $\alpha_t^{M(i)} = \frac{M_{t-s}^i \times PM_{t-s}^i}{Y_{t-s}^i \times PY_{t-s}^i}$

3. CÁLCULO ΔPTF TÖRNQVIST

Se calculó el incremento en la productividad total de los factores según el índice de Törnqvist para el sector i entre los años $t-s$ y t como

$$\Delta PTFT_{(t-s)(t)}^i = \left[\left(\frac{Y_t^i}{Y_{t-s}^i} \right) / Q_{(t-s)(t)}^i \right]^{\frac{1}{s}} - 1$$

Donde,

$$\ln Q_{(t-s)(t)}^i = \frac{1}{2} \{ T1_{(t-s)(t)}^i + T2_{(t-s)(t)}^i + T3_{(t-s)(t)}^i \}$$

$$T1_{(t-s)(t)}^i = \left(\frac{PK_{t-s}^i \times K_{t-s}^i}{PBI_{t-s}^i} + \frac{PK_t^i \times K_t^i}{PBI_t^i} \right) \ln \left(\frac{K_t^i}{K_{t-s}^i} \right)$$

$$T2_{(t-s)(t)}^i = \left(\frac{PM_{t-s}^i \times M_{t-s}^i}{PBI_{t-s}^i} + \frac{PM_t^i \times M_t^i}{PBI_t^i} \right) \ln \left(\frac{M_t^i}{M_{t-s}^i} \right)$$

$$T3_{(t-s)(t)}^i = \left(\frac{PN_{t-s}^i \times N_{t-s}^i}{PBI_{t-s}^i} + \frac{PN_t^i \times N_t^i}{PBI_t^i} \right) \ln \left(\frac{N_t^i}{N_{t-s}^i} \right)$$

4. ÍNDICES CONCENTRACIÓN DE INDUSTRIA

Se construyeron dos índices de concentración de la industria para el año 2001 por sectores CIIU a 4 dígitos, a partir de la clasificación en escalas de personal de la EAM DANE.

El primero es el índice Herfindahl-Hirschman que se calculó como se presenta a continuación:

$$HHI_t^i = \sum_{n \in I} NE_n^i \times (PEP_n^i)^2$$

Donde NE_n^i : Número de empresas escala de personal n, sector i.

PEP_n^i : Participación en la producción total de la industria de la empresa promedio de la escala de personal n en el sector i.

I : Escalas de personal.

El segundo índice de concentración es la participación típica máxima en el sector i, bajo la clasificación por escala de personal para el año t, tal como se presenta a continuación:

$$IC_t^i = PTM_t^i$$

5. ÍNDICES COMPETENCIA EXTERNA

Se construyeron los índices CAE_t^i (coeficiente de apertura exportadora) y CPI_t^i (coeficiente de penetración de importaciones) para cada división industrial de la EAM según la clasificación CIIU 3 Rev. A.C. (2 dígitos) en promedio para los años 2000 y 20001. Estos índices son calculados anualmente por el Departamento Nacional de Planeación según la clasificación CIIU 2 Rev. A.C. a 3 dígitos. Pero a partir de una tabla de correspondencia realizada por el DANE se puede relacionar de manera general clases CIIU Rev. 3 con las agrupaciones CIIU Rev. 2.

IV.2. Información de los sectores de electricidad, gas y GLP.

IV.2.A. Información

Variables

La información es la suministrada por la CREG y obtenida de la información que suministran las empresas al Sistema Único de Información SUI.

La siguiente es la definición de las variables utilizadas en el cálculo de los índices de TFP de Solow y Törnqvist, en el modelo de fronteras estocásticas y en los modelos DEA y econométrico.

Se incluye también la definición de las variables que específicamente se utilizan en los modelos DEA y econométrico.

Capital:

Esta variable corresponde a los activos en operación suministrados por las empresas al sistema SUI. La CREG ha suministrado la información para las empresas de la muestra para los años 2001 y 2003. Esta variable se obtiene como la suma del concepto propiedad planta y equipos sin incluir provisiones para protecciones, más valorizaciones (sin incluir valorizaciones por terrenos), menos terrenos⁵.

En el caso de ISA, CREG suministró los valores que corresponden a ISA sin incluir el VND. Las cuentas del SUI tienen agregado este centro de costos a ISA.

Como en el momento de la evaluación no se disponía de las valorizaciones sin incluir VND, este valor se obtuvo, mientras se dispone del valor exacto, conservando la misma proporción de los activos de ISA sin VND del total ISA en la valorización.

Los precios corrientes se convierten en precios de 1994 o 1999, según sea el modelo⁶, mediante el IPP de formación de capital.

Ventas de servicios:

Es la cuenta con el mismo nombre que incluye los servicios de uso de la red, conexión y en el caso de gas natural servicio de gas combustible. Esta variable corresponde a la definición de producción bruta industrial de la Encuesta Anual Manufacturera⁷.

En el caso de ISA no se incluyen los servicios de VND, ASIC, LAC y telecomunicaciones.

En el caso de GLP, en el cual las empresas compran y venden el producto, las cuentas de AOM incluyen el costo de compra del gas. Este valor se descuenta tanto de las cuentas de AOM como de las ventas. De esta forma se obtiene una productividad sobre el margen.

Los precios corrientes se convierten en precios de 1994 o 1999 mediante el IPP total.

Compras Intermedias:

⁵ La depreciación se descuenta para el modelo econométrico, teniendo en cuenta que la serie de capital de este modelo así considera la variable. La variable es definida sin depreciación para el cálculo de los índices de TFP, del modelo de fronteras estocásticas y del DEA.

⁶ El modelo econométrico está ajustado a precios de 1994. El modelo de fronteras estocásticas se trabaja en precios de 1999

⁷ **“Producción bruta Industrial** El cálculo del valor de la producción bruta corresponde al valor de todos los productos y subproductos elaborados por el establecimiento durante el año valorados a precio de venta en fábrica (sin incluir los impuestos indirectos), más los ingresos por los trabajos industriales realizados para otros, más el valor de la energía eléctrica vendida, más el valor de otros ingresos operacionales (valor de los ingresos por instalación, reparación y mantenimiento de productos fabricados por el establecimiento, entre otros), más el valor del inventario final de productos en proceso de fabricación, menos el valor del inventario inicial de productos en proceso de fabricación, más el valor de los ingresos causados por CERT.”

Esta variable se calcula como los costos de administración operación y mantenimiento (AOM) descontando personal. Se obtiene de la suma de la cuenta de gastos administrativos, más costos de ventas, menos depreciaciones, menos gastos de personal. Para el caso de ISA la CREG suministró los valores de las variables sin el centro de costos del CND.

En el caso de GLP, en el cual las empresas compran y venden el producto, las cuentas de AOM incluyen el costo de compra del gas. Este valor de compras de gas se descuenta tanto de las cuentas de AOM como de las ventas. De esta forma, se obtiene una productividad sobre el margen.

Los precios corrientes se convierten en precios de 1994 o 1999 mediante el IPP de consumos intermedios.

Costos de Personal:

Se obtiene de la suma de los conceptos servicios de personal, más sueldos y salarios, más las cuentas denominadas “contribucimputadas” y “contribucionesefect”, más aportes sobre nómina, más servicios personales.

Para ISA se utilizó la información descontando el CND.

Esta variable se utiliza para estimar los porcentajes de participación de los factores en el año 2001, en el cálculo de los índices Solow y Törnqvist

Personal:

Número de personas en nómina suministrado por las empresas directamente a la CREG.

Valor agregado:

Esta variable se utiliza para calcular el índice de Törnqvist.

Se calcula utilizando la definición del DANE en la EAM⁸, es igual a las ventas de servicios menos consumos intermedios (AOM sin personal).

IV.3. Variables Utilizadas en el modelo DEA

Adicional a las variables de capital y valor de ventas ya definidas, se consideran en particular las siguientes variables:

Administración Operación y Mantenimiento

Es la suma de las variables definidas anteriormente como consumos intermedios y costos de personal.

Ventas

Definida para el GLP en galones y para el gas natural en MPCD.

Corresponde a las ventas totales del año, suministradas por las empresas a la CREG.

Kilómetros de Línea de Transmisión

Corresponde a los kilómetros de línea 220kV y 500kV suministrada por las empresas a la CREG.

Disponibilidad

⁸ “El DANE obtiene el valor agregado de la industria manufacturera deduciendo del valor de la producción bruta el valor del consumo intermedio.”

Definido para las empresas de transmisión de energía eléctrica. Se calcula como la diferencia del valor de disponibilidad real obtenido en el año y el valor de referencia establecido como límite por la CREG.

Kilómetros de Gasoducto

Corresponde al total de kilómetros de gasoducto en operación. La información es la suministrada por las empresas a la CREG.

IV.4. Variables Utilizadas en el modelo econométrico.

El modelo econométrico utiliza las variables capital, consumos intermedios, personal antes definidas. Adicionalmente, se utilizan las siguientes variables:

Crecimiento diferencial de la producción industrial frente al promedio de la economía DYYPB.

Se determina como la diferencia entre el crecimiento anual de las ventas de servicios y el crecimiento de la economía.

Los crecimientos de ventas de cada sector se presentan a continuación

Sector	Crecimiento anual de ventas
Transmisión de Energía Eléctrica	3.3%
Transporte de Gas Natural	25.36%
GLP	12.18%

Relación compras intermedias/ capital MK

Esta relación se calcula de acuerdo con las definiciones de las variables compras intermedias y capital presentadas anteriormente. En esta última variable se descuentan las depreciaciones.

Relación personal/capital NK

Esta variable se calcula de acuerdo con las definiciones para los conceptos personal y capital presentados anteriormente.

Coefficiente de penetración de importaciones CPI

Este coeficiente se define como cero para los sectores analizados.

IV.5. Empresas

Las empresas consideradas son

Transmisión de Electricidad (4 empresas)

ISA
Transelca
EEB
Distasa

Transporte de Gas Natural (7 empresas)

Transmetano
Transoccidente
Sociedad Transportadora de Gas Natural
PROGASUR
PROMIGAS
Gasoducto del Tolima
ECOGAS

Almacenamiento y distribución de GLP (20 empresas), que se distribuyeron a su vez en tres subgrupos:⁹

1. *ALMACENAMIENTO DE GLP.*

Almacenadora de gas ALMAGAS Manizales (Almacenadota pura)
ALMALLANO (Almacenadota pura)
Intergases del Pacífico S.A. (Almacenadora y distribuidora, con una participación mínima en el mercado de distribución).

2. *GRANDES DISTRIBUIDORAS: VENTAS SUPERIORES A 7 MILLONES DE GALONES AÑO.*

Ramirez Gonzalez Rojas y CIA S.C.A E.S.P.
Gas Santander
Grupo Gases De Caldas S.A. E.S.P.
Antioqueña de Gas

4. *OTROS DISTRIBUIDORES: VENTAS INFERIORES A 7 MILLONES DE GALONES AÑO.*

LUSTRIGAS S.A. E.S.P.
DISTRIBUIDORA CENTRAL DE GAS S.A. E.S.P.
GAS CORDILLERA S.A. E.S.P.
GAS DEL META S.A. E.S.P.
GAS NEIVA S.A. E.S.P.
GAS SUROESTE S.A. E.S.P.
GAS TOCAIMA S.A. E.S.P.
GAS VALLE DE TENZA S.A. E.S.P.
GAS ZIPA S.A. E.S.P.
GASES DE GIRARDOT S.A. E.S.P.
INDUSTRIAS PROVEEDORAS DE GAS S.A. E.S.P.
INTERMUNICIPAL DE GAS S.A. E.S.P.
ISAGAS S.A. E.S.P.

⁹ El número de empresas escogidas inicialmente era más amplio pero solamente se pudo obtener información de todas las variables de estas 20 empresas. Hizo falta o se encontró inconsistente, principalmente la información financiera y de personal, en las demás empresas. Por otra parte, se identificó un proceso de transformación de las empresas como respuesta al proceso de reorganización del sector. Se encontró, por ejemplo, una reducción importante en los activos en algunas empresas, lo cual produce un cambio en la composición de los factores productivos.

V. APLICACIÓN MODELO ECONÓMÉTRICO.

El modelo econométrico estimado por EAFIT-CIDE (2002) incluye tres versiones: la primera, relaciona el incremento en la productividad con el crecimiento diferencial del sector respecto al crecimiento medio de la economía (DYYPPIB) y con la relación Insumos Intermedios Capital (MK); el segundo incluye además la relación Trabajo Capital (NK); en tanto que el tercero adiciona la variable Índice de penetración de importaciones (CPI).

Los parámetros del modelo son:

	COEFICIENTES		
	Ecuación 1	Ecuación 2	Ecuación 3
Constante	0.0188	0.016	0.0083
DYYPPIB	0.3	0.3019	0.2701
MK	-0.0024	-0.0029	-0.0031
NK		25.56	46.57
CPI			0.0174

Los resultados de aplicarlo a los sectores analizados son (la primera fila, para cada sector, indica el incremento de la productividad señalado por el modelo; las siguientes filas, los valores de las variables explicativas):

Sector			
Transmisión Energía Eléctrica	1.68%	1.40%	0.65%
Constante	1.00	1.00	1.00
DYYPPIB	-0.01	-0.01	-0.01
MK	0.07	0.07	0.07
NK		1.2378E-09	1.2378E-09
CPI			0.00
Transporte Gas Natural	8.30%	8.06%	6.60%
Constante	1.00	1.00	1.00
DYYPPIB	0.21	0.21	0.21
MK	0.11	0.11	0.11
NK		9.9966E-10	9.9966E-10
CPI			0.00
GLP	3.09%	2.56%	1.42%
Constante	1	1.00	1.00
DYYPPIB	0.08	0.08	0.08
MK	5.34	5.34	5.34
NK		6.6704E-07	0.00
CPI			0

De acuerdo a la anterior, la productividad alcanzable del sector de transmisión de electricidad está entre 0.65% y 1.68% anual; la de transporte de gas natural entre 6.6% y 8.3%; y la del sector de GLP (integrado almacenamiento y distribución) entre el 1.42% y el 3.09%.

Para analizar en detalle el comportamiento del sector de GLP, se consideraron 3 subsectores: almacenamiento; grandes distribuidores; pequeños distribuidores. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

GLP Almacenadores	-0,15%	-0,48%	-1,06%
Constante	1	1,00	1,00
DYYPIB	-0,06	-0,06	-0,06
MK	0,62	0,62	0,62
NK		3,71289E-07	0,00
CPI			0

GLP Grandes Distribuidores	5,68%	5,17%	3,76%
Constante	1	1,00	1,00
DYYPIB	0,17	0,17	0,17
MK	5,23	5,23	5,23
NK		3,11524E-07	0,00
CPI			0

GLP Pequeños Distribuidores	-6,04%	-6,68%	-6,91%
Constante	1	1,00	1,00
DYYPIB	-0,21	-0,21	-0,21
MK	6,46	6,46	6,46
NK		5,74403E-07	0,00
CPI			0

VI. MÉTODOS ALTERNATIVOS DE EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD.

VI.1. Medida de Solow y Números índices.

La aplicación del índice de Solow y el índice de Törnqvist a los datos de los sectores de transmisión de electricidad; transporte de gas natural; y almacenamiento y distribución integrado de GLP, arrojó los siguientes resultados, para el período 2001-2003:

MEDICIONES CONVENCIONALES DE LA PRODUCTIVIDAD		
Incremento de la productividad, promedio anual. 2001-2003		
	SOLOW	TORKVIST
TRANSMISION DE ELECTRICIDAD	4,28%	4,33%
TRANSPORTE DE GAS	11,97%	12,04%
ALMACENAMIENTO Y DIST. GLP	1,59%	0,33%

La desagregación del sector GLP, por su parte, presenta los siguientes resultados:

MEDICIONES CONVENCIONALES DE LA PRODUCTIVIDAD		
Incremento de la productividad GLP, promedio anual. 2001-2003		
	SOLOW	TÖRNQVIST
GLP Almacenamiento	6,50%	11,41%
GLP Grande Distribución	10,83%	9,79%
GLP Pequeña Distribución	-9,65%	-11,91%

Las medidas coinciden en el caso de Transmisión de electricidad y Transporte de gas; no así en el caso del almacenamiento y distribución integrado de GLP, en el que las discrepancias obedecen a cambios importantes en la estructura factorial de la industria, entre 2001 y 2003: en efecto, las cifras indican que se han presentado importantes modificaciones en la composición factorial del sector, determinando grandes cambios en los ponderadores usados en las mediciones de la productividad. Esta conclusión se refuerza considerando los resultados correspondiente al sector GLP desagregado.

La modificación en la estructura factorial parece obedecer a un profundo reacomodo del sector, y puede reflejar cambios tecnológicos importantes, que deben ser tenidos en cuenta al determinar los esfuerzos de productividad alcanzables por el sector.

VI.2. El método DEA.

El método DEA (que se describe en el anexo 2) se aplicó a los sectores de Transporte de Gas y de Almacenamiento y distribución de GLP, para los que existe un número adecuado de empresas, que permiten resultados significativos. Para la Transmisión de electricidad, sólo existe información de cuatro unidades productivas, lo que hace irrelevantes los resultados.

Para el Transporte de Gas Natural, se usaron como variables de salida el volumen transportado y los kilómetros de gasoducto; como variables de entrada se incluyeron los gastos AOM netos de personal, y el personal empleado. Los resultados fueron¹⁰:

MODELO DEA 2001-2003. PROMEDIO ANUAL		
	%	
TFP	4.80%	INDICE DE MALMQUIST PROMEDIO SIMPLE
FS	11.80%	CAMBIO EN LA FRONTERA
TE	-6.30%	CAMBIO EN EFICIENCIA
PTE	-2.70%	CAMBIO EN LA PRODUCTIVIDAD
SE	-3.70%	ECONOMIAS DE ESCALA

El incremento promedio de la productividad asciende al 4.8%, que en la descomposición entre cambio en la frontera y cambio en eficiencia, indica ante todo un fuerte movimiento de aquella.

Sorprende el hecho de que tanto el movimiento en la frontera determinado mediante DEA, como los índices convencionales de productividad calculados en la sección anterior, reflejan incrementos muy importantes en las posibilidades productivas del sector.

¹⁰ En el anexo 2 se describen cada una de las medidas.

En el caso del almacenamiento y distribución integrado del GLP, los resultados son¹¹:

MODELO DEA 2001-2003. PROMEDIO ANUAL		
	%	
TFP	-6.30%	INDICE DE MALMQUIST PROMEDIO SIMPLE
FS	5.60%	CAMBIO EN LA FRONTERA
TE	-11.20%	CAMBIO EN EFICIENCIA
PTE	-14.50%	CAMBIO EN LA PRODUCTIVIDAD
SE	3.80%	ECONOMIAS DE ESCALA

La productividad parece haber tenido un pobre desempeño, aunque la frontera parece haber evolucionado positivamente. Pero como se anotó anteriormente, los cambios en la composición factorial del sector hacen difícil interpretar los resultados: podrían reflejar un cambio tecnológico al que todavía no se han ajustado las empresas del sector.

VI.3. Fronteras estocásticas.

Un modelo típico de fronteras estocásticas, en el que se emplea la función Cobb-Douglas como representativa de la tecnología analizada, es:

$$Y_i = x_i \beta + (v_i - u_i)$$

Donde:

Y_i es el logaritmo de la producción de la empresa “i” .

x_i es un vector cuyo primer elemento es 1, y cuyos demás elementos son los logaritmos de cantidades de insumos de la firma “i”.

β es un vector de parámetros a estimar.

v_i es una variable aleatoria independientemente distribuida, con media 0 y varianza σ_v^2 , e independiente de:

u_i , variable aleatoria no negativa, independientemente distribuida que sigue una distribución normal truncada, con media 0 y varianza σ_u^2 , y que da cuenta de la ineficiencia productiva de la empresa “i”,

Un modelo de este tipo admite que pueden haber dos fuentes de divergencia entre la función de producción estimada y el dato observado: una (ruido blanco) es un error aleatorio que se distribuye de forma normal, con media cero; la otra, es un componente de ineficiencia, que puede analizarse como una variable aleatoria no negativa.

Si se define $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$ como la suma de las varianzas, es posible definir también un parámetro $\gamma = \sigma_u^2 / \sigma^2$, entre 0 y 1, que representa la proporción de la varianza que está asociada a ineficiencia. Si $\gamma=0$, entonces la totalidad de las divergencias observadas

¹¹ Variable de salida: galones vendidos; variables de entrada: activos totales y AOM.

entre los datos y la función de producción, son ruido blanco; si, en cambio $\gamma=1$, las ineficiencias de las empresas explican la totalidad de la divergencia entre los datos y la función de producción.

El procedimiento de estimación de este modelo, como está establecido en Frontier¹², es:

1. Estimación de la función Cobb-Douglas mediante mínimos cuadrados ordinarios.
2. Corrección de los estimadores, y cálculo del valor inicial de γ .
3. Estimación por máxima verosimilitud del modelo, a partir de los estimadores mínimo cuadráticos corregidos y del valor inicial de γ .

Se reportan los parámetros de acuerdo a la siguiente convención:

β_k : parámetros de los insumos en la función Cobb-Douglas .

σ_u^2 : varianza de la distribución normal truncada en cero de la variable de ineficiencia.

$\gamma = \sigma_u^2 / \sigma^2$, parámetro entre 0 y 1, que representa la proporción de la varianza que está asociada a ineficiencia.

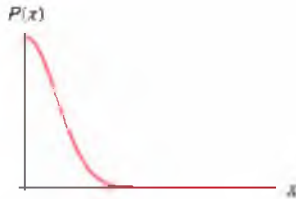
Ahora bien: el enfoque utilizado en este informe incorpora cuatro elementos específicos:

1. El modelo se aplica a la economía en su conjunto, asumiendo que existe una función de producción agregada, con respecto a la cual puede evaluarse la eficiencia de cada sector productivo. Los sectores productivos considerados son los 126 sectores industriales definidos por la clasificación CIIU tercera revisión¹³, que se usa en Colombia a partir del año 2000, más los tres sectores energéticos considerados en este estudio: Transmisión de electricidad; Transporte de gas; y almacenamiento y distribución de GLP.
2. Se incluye la variable t en el modelo, para captar efectos de progreso técnico no incorporado. Así, la función de producción implícita es:
$$\ln Y = \beta_0 + \beta_1 \ln K + \beta_2 \ln M + \beta_3 \ln N + \beta_4 \ln t,$$
donde Y es el producto; K , M y N los insumos, y t el tiempo.
3. Se usa un “panel data no balanceado”, conformado por observaciones para tres años de los sectores industriales CIIU tercera revisión, y de dos años, para los sectores energéticos considerados.
4. Se reformula el modelo de fronteras estocásticas, permitiendo que haya una distribución de la variable no negativa de ineficiencia para cada sector: es decir, cada sector tiene una distribución normal truncada, con media m_i , conforme a la cual se genera la variable aleatoria que expresa su ineficiencia. La media m_i se explica, a su vez, por un grupo de variables z_i , explicativas de la eficiencia sectorial.

¹² FRONTIER es un software para estimación de fronteras estocásticas, desarrollado por Tim Coelli. Puede obtenerse sin costo en www.uq.edu.au/economics/cepa/frontier-htm.

¹³ Ver anexo 3.

El último punto puede ser explicado en detalle: el modelo típico arriba descrito supone que la variable de ineficiencia se distribuye como una distribución “half-normal”, es decir, como la parte no negativa de una función normal, con media 0 y varianza σ_u^2 . Pero ello implica que la ineficiencia se distribuye de manera uniforme en todos los sectores analizados, y que se concentra en la cercanía de cero, puesto que una distribución half-normal tiene la forma:



Una alternativa interesante es suponer que la distribución normal truncada tiene una media distinta a cero, en cuyo caso, es posible determinar un nuevo parámetro a estimar: m , la media de la distribución normal truncada.

Hay dos posibles interpretaciones acerca de este parámetro: la primera, que es un parámetro que define la distribución aplicable a todos los sectores (es decir, la ineficiencia de cada sector es una “realización” de una variable aleatoria que se distribuye normal-truncada, con media m y varianza σ_m^2); la segunda, que las observaciones de cada sector son “realizaciones” de una variable aleatoria sectorial, con media m_i y varianza σ_m^2 . En el primer caso, todas las observaciones provendrían de la misma distribución normal truncada, en tanto que en el segundo, existirían “n” distribuciones, con la misma varianza, pero con una media particular (m_i), que puede ser explicada por variables exógenas, que sean determinantes de la eficiencia.

En el primer enfoque, es incluso posible endogenizar la trayectoria en el tiempo de la variable aleatoria, haciendo que se genere como:

$$u_{i,t} = (u_i e^{-\eta(t-T)})$$

donde u_i es el valor de la variable de ineficiencia sectorial, que se distribuye normal-truncada, con media m y varianza σ_u^2 ; y η un parámetro indicativo de la forma como se mueve en el tiempo la ineficiencia. Este modelo se denomina en FRONTIER “modelo de corrección de errores”.

La segunda alternativa supone que la distribución de la variable de ineficiencia es propia de cada sector “i”, dado que la media de cada sector puede modelarse en función de las variables que explican la eficiencia:

$$m_i = \delta_0 + \sum_j \delta_j z_j$$

donde z_j es un conjunto de variables explicativas de la ineficiencia de los sectores.

Este último procedimiento es muy adecuado para detectar comportamiento de eficiencia diferenciales entre los sectores, y puede ser estimado mediante la opción llamada de “efectos de ineficiencia” (TE effects) en FRONTIER.

El modelo de fronteras estocásticas elegido en el presente informe es de este tipo: un modelo de “panel data no balanceado”, de ineficiencias diferenciales entre los sectores, en el que las variables explicativas de la ineficiencia son:

MK: Relación insumos intermedios a capital.

NK: Relación trabajo capital.

CPI: Índice de penetración de importaciones en el sector.

HHI: Índice de concentración de Hirschman-Herfindall, expresando sobre base 1¹⁴.

DYYPIB: Crecimiento del sector.

El modelo se estimó mediante FRONTIER, y los resultados son los siguientes:

ESTIMACION OLS FUNCION COBB DOUGLAS		
	PARAMETRO	t
beta 0	0,9952	16,2010
beta K	0,1405	10,8153
beta M	0,7412	53,1117
beta N	0,1310	8,4244
beta t	0,0401	1,7923
R2 AJUSTADO INICIAL	0,9885	

ESTIMACION MLE MODELO FRONTERA ESTOCÁSTICA		
	PARAMETRO	t
beta 0	1,65033	15,33
beta K	0,20780	12,22
beta M	0,67481	43,34
beta N	0,16066	8,24
beta t	0,04180	1,92
delta0	1,00102	8,92
delta MK	-0,01766	-6,04
delta NK	-1,11641	-3,37
delta CPI	0,06897	1,73
delta HHI	-0,13064	-2,42
delta VARPIB	-0,04569	-0,88
sigma-squared	0,03532	12,72
gamma	0,54995	2,57
LR test	48,94000	7
Valor 0.5%	18,48000	

El test que puede ser aplicado para determinar la validez del modelo de fronteras estocásticas es un test de razón de máxima verosimilitud de una cola. El logaritmo del cociente entre los valores de la función de verosimilitud de la hipótesis nula (el modelo convencional sin efectos estocásticos) y la hipótesis alternativa (el modelo de fronteras estocásticas) se distribuye asintóticamente como una variable aleatoria chi-cuadrada,

¹⁴ Es decir, la máxima concentración es 1:

con tantos grados de libertad como restricciones adicionales incorpora el modelo (en nuestro caso, 7).

Los valores específicos del modelo estimado son:

LR test	48.94
Grados de libertad	7
Valor $\alpha=0.5\%$	18.48

Ello quiere decir que puede rechazarse, para $\alpha = 0.05$, la hipótesis nula de que son igual a cero los parámetros del modelo de fronteras estocásticas (los parámetros δ y γ).

Las eficiencias correspondientes al modelo estimado son¹⁵:

EFICIENCIA							FRONTERA
	TOTAL	TRANS	TRANSG	GLPA	GLPGD	GLPPD	
2000	0,4197						94,37%
2001	0,4179	0,5017	0,4070	0,3357	0,3505	0,3950	97,14%
2002	0,4206						98,80%
2003		0,4944	0,4567	0,3711	0,3672	0,3331	100,00%

La frontera (que cambia en función de la variable t) se desplaza en el tiempo, pasando de un índice de .9437 en el año 2000, a un índice de 1, en el 2003¹⁶. Dadas las eficiencias anuales de cada sector, y el índice de la frontera, la eficiencia total medida sobre la frontera final es:

INDICE DE PRODUCTIVIDAD							FRONTERA
	TOTAL	TRANS	TRANSG	GLPA	GLPGD	GLPPD	
2000	0,396023255						
2001	0,405987633	0,487377013	0,395413435	0,32609604	0,3405378	0,38368386	
2002	0,415525984						
2003		0,49441183	0,45668278	0,37110705	0,36716314	0,33309076	
PROMEDIO AÑO	2,43%	0,72%	7,47%	6,68%	3,84%	-6,83%	1,95%

De acuerdo a ello, la productividad promedio de la economía ha crecido en un 2.43% anual, en el período considerado; la productividad de la transmisión de electricidad ha aumentado en un 0,72%; la del transporte de gas en un 7,47%; y la del almacenamiento y distribución de GLP ha tenido un comportamiento mixto: crecimiento del subsector de grande distribuidores (3,84%) y los almacenadores (6,68%); y decrecimiento en la productividad de los pequeños distribuidores (-6.83%). El movimiento promedio de la frontera ha sido del 1.95% anual.

Estos resultados son interesantes: muestran que la frontera de la economía en su conjunto se ha desplazado a una tasa promedio del 2% en los últimos años, aunque el comportamiento de los sectores en su productividad ha sido diferencial: algunos han tenido un crecimiento de la productividad menor al de la frontera (por lo que puede decirse que han perdido eficiencia, con relación a ella), en tanto que otros han tenido un dinamismo superior, incrementado su eficiencia. Las variables que explican el

¹⁵ TRANS: Transmisión Electricidad. TRANSG: Transporte de gas Natural. GLPA: Almacenamiento GLP. GLPGD: Grandes distribuidores de GLP. GLPPD: Pequeños distribuidores GLP

¹⁶ La frontera se determina como un índice sobre la función de producción calculada del último año.

comportamiento diferencial en cuanto a eficiencia resultan en general significativas, y el modelo resulta así mismo significativo, en términos del test de verosimilitud ya descrito.

VII. CONCLUSIONES.

A. TRANSMISIÓN DE ELECTRICIDAD.

Los modelos utilizados para estimar la productividad del sector de transmisión de electricidad, se resumen a continuación:

MODELO ECONOMETRICO		
MODELO	TFP	
A	1.68%	DYPIB, MK
B	1.40%	DYPIB, MK, NK
C	0.65%	DYPIB, MK, NK, ICP

CALCULO PRODUCTIVIDAD 2001-2003		
TFP	4.28%	RESIDUO DE SOLOW
TÖRNQVIST	4.33%	VARIACION EN LA PRODUCTIVIDAD

FRONTERAS ESTOCÁSTICAS		
MODELO	0.72%	INEFICIENCIA VARIABLE

De acuerdo al modelo econométrico, la productividad alcanzable por el sector está entre el 0.65% y el 1.68% anual. El modelo de fronteras estocásticas muestra que, para el período 2001 a 2003, su índice de productividad se ha incrementado en un 0.72% promedio anual. Y el cálculo de la productividad mediante los números índices muestra resultados incluso mejores: del orden del 4.3%.

El factor “X” debe estar entre 0.33 y 0.85, con un posible valor de referencia de 0.36%, que corresponde al 50% del nivel efectivamente alcanzado por el sector en el período 2001-2003, de acuerdo al modelo de fronteras estocásticas.

Este factor “X” debe aplicarse al cargo de uso del sistema de transmisión que, según las Resoluciones CREG 051 de 1998, 004 y 026 de 1999 y 103 de 2000 se aplica a los activos que fueron puestos en operación antes de 1998, ya que los activos que han sido construidos como resultado de las convocatorias hechas por la UPME, se remuneran por el valor de la propuesta ganadora en el concurso correspondiente.

B. TRANSPORTE DE GAS NATURAL.

Las cifras del transporte de gas natural muestran que el sector ha alcanzado incrementos importantes en la productividad en los últimos años. Los cuadros siguientes resumen esos resultados:

MODELO DEA 2001-2003. PROMEDIO ANUAL		
	%	
TFP	4.80%	INDICE DE MALMQUIST
FS	11.80%	CAMBIO EN LA FRONTERA
TE	-6.30%	CAMBIO EN EFICIENCIA
PTE	-2.70%	CAMBIO EN LA PRODUCTIVIDAD
SE	-3.70%	ECONOMIAS DE ESCALA

El modelo DEA, que usa como variables de salida el volumen transportado y los kilómetros de gasoducto, y como variable de entrada los gastos AOM sin personal, y el personal empleado, indica que el sector ha tenido un excelente desempeño reciente, con un incremento anual en su productividad del 4.8%.

La estimación de fronteras estocásticas confirma esos resultados:

FRONTERAS ESTOCÁSTICAS		
MODELO	7.47%	INEFICIENCIA VARIABLE

La aplicación del modelo econométrico arroja un incremento de la productividad muy importante, superior al 6%:

MODELO ECONOMETRICO		
MODELO	TFP	
A	8.30%	DYPIB, MK
B	8.06%	DYPIB, MK, NK
C	6.60%	DYPIB, MK, NK, CPI

No resulta extraño este resultado, si se considera que la aplicación de medidas simples, como los números índices, muestra también grandes progresos en la productividad:

CALCULO PRODUCTIVIDAD 2001-2003		
TFP	11.97%	RESIDUO DE SOLOW
TORKVIST	12.04%	VARIACION EN LA PRODUCCION

Ahora bien: incrementos grandes, como los producidos por el modelo econométrico, son difíciles de mantener por períodos de tiempo largos, como los utilizados en la fórmula tarifaria. Así que la recomendación es fijar inicialmente el factor X en 1.21%, correspondiente al 50% de la productividad media alcanzada por el conjunto de los sectores considerados de la economía, en el período 2000-2003, de acuerdo al modelo de fronteras estocásticas y realizar una revisión del tema al término de 2 años, para verificar si el dinamismo se mantiene y ajustar al mismo la meta del sector. La idea es que el sector de Transporte de Gas, que ha tenido un desempeño muy dinámico en productividad de acuerdo a los datos consideradores, mantenga inicialmente por lo menos la dinámica media de la economía, y que se revise posteriormente el tema, para determinar posibilidades adicionales de incremento en la productividad.

C. TRANSPORTE, DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE GLP.

El sector de GLP vive grandes transformaciones, que se reflejan en cambios de tecnología, cambios institucionales, esquemas de operación, etc.

Esos cambios hacen muy difícil apreciar cuál es la productividad real que ha alcanzado el sector en los últimos años. El modelo DEA muestra incluso un retroceso en la productividad, como lo ilustra el siguiente cuadro:

MODELO DEA 2001-2003. PROMEDIO ANUAL		
	%	
TFP	-6.30%	INDICE DE MALMQUIST
FS	5.60%	CAMBIO EN LA FRONTERA
TE	-11.20%	CAMBIO EN EFICIENCIA
PTE	-14.50%	CAMBIO EN LA PRODUCTIVIDAD
SE	3.80%	ECONOMIAS DE ESCALA

Obsérvese que la descomposición del índice de Malmquist indica un cambio positivo en el frontera (5.6%) junto con un cambio negativo en la eficiencia (-11.2%), lo que indicaría que las empresas aún no se han ajustado a las condiciones estructurales nuevas que inciden en el negocio.

Las mediciones hechas a través de números índices reflejan esos mismos cambios en la estructura productiva del sector, mostrando una extrema sensibilidad de los resultados a los ponderadores usados en cada uno de ellos, y produciendo resultados diferentes para el índice de Solow y el índice de Törnqvist:

CALCULO PRODUCTIVIDAD 2001-2003		
TFP	1.59%	RESIDUO DE SOLOW
TÖRNQVIST	0.33%	VARIACION EN LA PRODUCCION

El modelo econométrico arroja las siguientes metas de productividad del sector:

MODELO ECONOMETRICO		
MODELO	TFP	
A	3.09%	DYPIB, MK
B	2.56%	DYPIB, MK, NK
C	1.42%	DYPIB, MK, NK, CPI

Las desagregaciones por subsectores muestran un comportamiento mixto. Los índices de Solow y Törnqvist arrojan los siguientes resultados:

CALCULO DE LA PRODUCTIVIDAD 2001-2003		
	SOLOW	TÖRNQVIST
ALMACENAMIENTO	6,50%	11,41%
GRANDES DISTRIBUIDORES	10,83%	9,79%
OTROS DISTRIBUIDORES	-9,65%	-11,91%

El modelo econométrico produce los siguientes resultados, para los subsectores considerados:

MODELO ECONOMETRICO			
	MODELO A	MODELO B	MODELO C
ALMACENAMIENTO	-0,15%	-0,48%	-1,06%
GRANDES DISTRIBUIDORES	5,68%	5,17%	3,76%
OTROS DISTRIBUIDORES	-6,04%	-6,68%	-6,91%
VARIABLES	DYPIB, MK	DYPIB, MK, NK	DYPIB, MK, NK, CPI

De acuerdo al modelo de fronteras estocásticas, el incremento de productividad promedio alcanzado entre 2001 y 2003 es el siguiente:

FRONTERAS ESTOCÁSTICAS	
ALMACENAMIENTO	6,68%
GRANDES DISTRIBUIDORES	3,84%
OTROS DISTRIBUIDORES	-6,83%

Parecen evidentes las siguientes conclusiones:

1. Existe un comportamiento diferencial de los distribuidores, de acuerdo a su tamaño: ello sugiere la presencia de economías de escala, que deben ser aprovechadas.
2. El negocio del almacenamiento no presente un patrón de comportamiento claro, que permite obtener conclusiones unívocas acerca de su potencial de incremento de la productividad y acerca de su desempeño reciente.

Así, en la regulación de la distribución debe tenerse como referencia el potencial de crecimiento de la productividad que se aprecia en el caso de los grandes distribuidores, a fin de propiciar la búsqueda de economías de escala. El modelo econométrico indica metas posibles entre el 3.76% y el 5.68%, pero dado que es un esfuerzo considerable para un lapso de tiempo largo, puede adoptarse como criterio el crecimiento promedio de la productividad sectorial en el modelo de fronteras estocásticas: 2.43%, con una revisión al término de 2 años para establecer si el incremento en productividad no es un fenómeno transitorio y hacer un ajuste al mismo. El factor X, en consecuencia, puede ser 1.21%¹⁷. Debe definirse si este factor se aplica de manera inmediata, o si es prudente aplazar su aplicación, hasta que se complete la reorganización del sector.

En almacenamiento, en cambio, dada la poca claridad existente, resulta prudente esperar a que se complete el proceso de reestructuración del sector, para fijar entonces metas de productividad adecuadas al sector. Una revisión al término de 2 años es recomendable para establecer el nivel adecuado.

En cuanto al transporte de GLP, no fue posible acceder a información específica de la actividad, ya que ésta no está desagregada de la operación total de ECOPETROL. Habida cuenta de ello, la decisión que se tome respecto al factor "X" deberá estar acotada por dos valores límites del esfuerzo productivo exigible: 0% en el límite inferior, haciendo extensiva la política propuesta para el almacenamiento de GLP; y 2.43%, que es la estimación del movimiento general de la productividad sectorial de la economía en su conjunto, de acuerdo al modelo de Fronteras estocásticas. Aplicando el

¹⁷ Este factor se debe aplicar sobre el margen entre la compra y la venta no sobre el precio total.

principio de compartir el esfuerzo de productividad entre la empresa y los consumidores, el factor "X" deberá estar entre 0 y 1.21%.

BIBLIOGRAFÍA.

- Cambridge Economic Policy Associates, CEPA (2003). “Background to Work on Assessing Efficiency for the 2005 Distribution Price Control Review”. Paper prepared for Ofgem.
- Coelli, Prasada and Battese (1998). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Kluwer Academic Publishers.
- EAFIT-CIDE (2002). “Asesoría para la estimación del factor de productividad (X) de las actividades de distribución y comercialización a usuarios regulados de los servicios públicos domiciliarios de energía eléctrica y gas combustible por red”. Informe a la CREG, Colombia.
- EAFIT-CIDE (2002). “Asesoría para la verificación de la consistencia de resultados entre la implementación de métodos paramétricos y métodos no paramétricos en la definición de los cargos eficientes de comercialización y distribución”. Informe a la CREG, Colombia.
- Independent Pricing and Regulatory Tribunal of New South Wales (1999). “Draft Decision. Access Arrangement for AGL Gas Network Limited. Natural Gas System in NSW”.
- NERA (2003). “Global Energy Regulation. Reporting on energy regulation around the world”. July 2003. www.nera.com.
- Nillesen and Pollitt (2004). “The Consequences for Consumer Welfare of the 2001-2003 Electricity Distribution Price Review in the Netherlands”. *The Cambridge MIT Institute. Working Paper 50*.
- Petrov, Konstantin (2002). “Establishment of Regulatory Price Control in Electricity Networks”. *Workshop on Energy Agency*.
- OFGEM (2000). “The Transmission Price Control Review of the National Grid Company from 2001. Draft proposals”.
- UTILITIES COMMISSION (2004). “Network Pricing: 2004 Regulatory Reset. Final Determination”.
- Viljainen, Satu et al (2003). “Regulation of Electricity Distribution Business”. *Draft*.

ANEXO 1: Comparaciones internacionales.

Los valores de productividad obtenidos en otros países deben ser considerados dentro del contexto económico, tecnológico y regulatorio y el desarrollo que cada sector tiene en cada país. El análisis comparativo riguroso requeriría de la información de las variables que permitan establecer cada contexto y un modelo para convertirlas al propio. Un estudio de este tipo se sale del alcance de este trabajo. Por esto, en este anexo se presentan a modo ilustrativo, la información sobre factores utilizados en otros países, sin realizar ninguna comparación con los valores obtenidos.

I. HOLANDA.

La oficina de Regulación de Energía de Holanda (DTe) adoptó, en Septiembre 17 de 2004, los nuevos factores “X” para incentivar la productividad de las empresas de Transmisión de Gas: dichos factores estarán vigentes en el período 2005-2007, y se resumen en el siguiente cuadro, en el que se detalla los factores para los administradores de la red de transmisión de gas¹⁸.

	X factor	Market share
Continuon netbeheer	2.8	29%
Essent netbeheer	6.5	29%
Eneco netbeheer	2.9	25%
Other gas network managers	1.7	17%

En lo que se refiere a Distribución de electricidad, el factor “X” empleado para el “price cap” es del 1.5%.¹⁹

Para la Transmisión de electricidad, la Dte determinó un factor “X” en el “price cap” del 3.2% anual, entre el 2001 y el 2003.²⁰

II. AUSTRALIA.

En 1999, el Tribunal Regulatorio de Nueva Gales del Sur, en Australia, analizó las condiciones regulatorias, para el período 2000-2004, para el sistema de distribución de gas natural en Nueva Gales del Sur, y concluyó que era pertinente utilizar un sistema de price cap en el que el factor “X” fuese el 1% anual. Entre 1994 y 1999, ese factor había sido el 1.5%. De acuerdo a la decisión adoptada “el Tribunal ha concluido que un “price cap” de CPI menos 1% anual se aplicará (...) para 2000-2004” (Executive Summary, pag 4. Independent Pricing and Regulatory Tribunal (2000 a)).

¹⁸ Ver www.dte.nl/en/.

¹⁹ Ver Viljainen (2003).

²⁰ Ver Nillesen and Pollitt (2003) pag 23. No obstante, cuando se tienen en cuenta todos los aspectos de la legislación, Nillesen and Pollitt concluyen que el factor “X” realmente aplicado en 2003 fue el 2%. Ver pág. 25.

Para la Jurisdicción llamada “Northern Territory”, la Utilities Comisión determinó, en Febrero de 2004, los factores “X” a ser aplicados en el acceso a las redes de energía y agua, para el segundo período regulatorio, así:

X₁ (Factor diferencial de crecimiento de los costos de las redes, respecto al crecimiento de los costos de los demás proveedores bienes y servicios): 1,75%. “Este valor está en el límite inferior de un rango de valores estimado por reguladores de diversas partes como el movimiento anual en los costos de un proveedor eficiente de servicios de red, respecto al movimiento anual en los costos de los demás bienes y servicios”.

X₂ (Factor diferencial de crecimiento de los costos debido a la eficiencia relativa): 0.25%.

Como anota la Comisión, “la suma de estos dos factores (2%) es inferior al factor “X” (...) que se aplicó durante los cuatro años del primer período regulatorio”. (Utilities Commission (2004), pag. 1).

En su exposición de motivos, The Utilities Comisión incluye el siguiente cuadro, que resumen algunos factores “X” empleados en la Regulación mundial²¹:

REGULADOR	FUENTE	EFEECTO TOTAL: EFEECTO DE LA MEJORA EN LA EFICIENCIA
VICTORIA	ORG, 2001 Electricity Distribucion Price Review	2.10%
QUEENSLAND	QCA. Regulation of Electricity Distribution.	1.8-2.8%
OFGEM 2000	OFGEM, Distribution Price Control Review.	3%
NEW ZEALAND	Commerce Commission. Regulation of Electricity Lines Businesses	2.6-3.2%
HOLANDA	Dte. Methodebesluit Tenne T.	3%

El Cuadro resume el efecto total de productividad implícito en la Regulación de las redes de electricidad de cada una de las zonas consideradas, y sirve de apoyo a la escogencia del factor “X” combinado que se usa en Northern Territory.

III. FINLANDIA.

La meta de eficiencia empleada en Finlandia, para la regulación del negocio de la distribución de electricidad, será, a partir del 2005, del 1.3%. El esquema finlandés ha sufrido modificaciones recientemente, y puede caracterizarse como un esquema de “tasa de retorno” con requerimientos de eficiencia. Su vigencia está planteada entre 2005 y 2007.²²

IV. NORUEGA.

²¹ Utilities Comisión (2003). Pag. 14.

²² Ver Viljainen et al (2003).

La legislación noruega sobre distribución de electricidad puede caracterizarse como un esquema de “revenue cap” (renta máxima) con requerimientos de productividad, tanto generales (para el conjunto del sector) como individuales (para cada empresa). El requerimiento general de productividad es el 1.5%.²³

V. ITALIA.

La “Autorita per l’energia elettrica e il gas” (AEEG) distingue, en el caso del Transporte de Gas, dos componentes de la tarifa: el componente variable y el fijo. Al primero se le aplica un factor “X” en el price cap del 4.5%; al segundo, un factor de productividad del 2%, que es “la tasa anual predeterminada de incremento de la productividad en las redes de transporte” (ver Decisión 120/2001, modificada por la Decisión 127/2002, artículo 11, numerales 11.4 y 11.5).

En cuanto al almacenamiento de gas natural, determina un factor “X” en el “price cap” del 2.75% (ver Decisión 26/2002, artículo 8), aplicable entre el 1 de Abril del 2003, y el 31 de Marzo del 2006.²⁴

Por otra parte, en Julio de 2003, la AEEG expresó en un documento de consulta relativo a las tarifas de electricidad del período 2004-2007, su intención de mantener un “price cap” en línea con el utilizado en el primer período regulatorio, iniciado en 1999, y que era cerca del 4% (ver NERA (2003)).

VI. GRAN BRETAÑA.

Entre Inglaterra y Gales, en el negocio de distribución de electricidad, el factor “X” que se aplicó en el segundo período regulatorio (entre 1997 y 2000), fue el 3% anual.²⁵ Para la transmisión de electricidad, OFGEM (2000) propuso así mismo un factor “X” del 3%, a partir del 2001.²⁶

VII. MEDIDAS DE LA PRODUCTIVIDAD EN ESTADOS UNIDOS.

Una observación interesante sobre las medidas de productividad y el factor “X” es la siguiente: el estudio del CEPA, citando una investigación de Kuafmann y Lowry, señala que los factores “X” fijados a partir de estimativos de TFP en Estados Unidos y Canadá, en las industrias de comunicaciones, gas y electricidad, arrojan un rango de valores en general más bajo que el observado en el Reino Unido: entre 0 y 2%. Estos valores “imponen metas de eficiencia muy bajas, de acuerdo a los estándares del Reino Unido”²⁷. No obstante, debe tenerse en cuenta que esas medidas deben ser consideradas

²³ Ver Viljainen et al (2003).

²⁴ Ver www.autorita.energia.it.

²⁵ Petrov (2002) resume la trayectoria desde 1990: inicialmente, el factor “x” es negativo, en un promedio del 1.1%. Entre 1995 y 1996 se dan dos ajustes muy grandes, reduciendo los precios en un 14% y 11.5%, para empezar desde allí una reducción anual, por productividad, del 3%, en el período 1997-2000.

²⁶ OFGEM (2000).

²⁷ CEPA (2003). Pag. 28.

como medidas en el rango bajo del intervalo, en tanto que se encuentran valores superiores, entre 3 y 4% puntos porcentuales, en la experiencia europea.

ANEXO 2²⁸: Método Análisis Envolvente de Datos (DEA).

El “análisis envolvente de datos” (DEA) es una técnica de programación lineal que permite establecer comparaciones entre diversas unidades productivas, relacionando sus insumos y sus productos, a fin de determinar la eficiencia o ineficiencia relativa de cada una de esas unidades.

Ahora bien: cómo medir esa ineficiencia? Las medidas de eficiencia fueron inicialmente propuestas por Farrell (1957): supóngase que se conoce el conjunto de posibilidades de producción de una industria específica, y que se quiere determinar una medida de la eficiencia de las empresas de esa industria en relación a los límites de la frontera de dicho conjunto. El conjunto se define como:

$$S^t = \{(x^t, y^t) : x^t \text{ puede producir } y^t\}$$

donde x^t , y^t son, respectivamente, el vector de insumos y el vector de productos, en el período “t”.

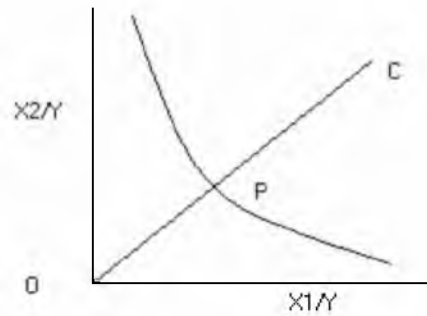
Considérese el caso más simple, en el que hay un producto y dos insumos, y la tecnología presenta rendimientos constantes de escala. La tecnología puede representarse a través de una isocuanta, en un plano cartesiano, en el que las variables se definen por unidad de producto²⁹, como se ilustra en el gráfico 2, en el que además se incluye la representación de una empresa ineficiente “C”.

La isocuanta dibujada caracteriza el conjunto de posibilidades de producción de la industria: cualquier punto a la derecha de ella cumple la condición de que la combinación de insumos puede alcanzar un nivel de producción posible en la tecnología considerada. Claramente, el punto “P” pertenece a la frontera de dicho conjunto, en tanto que el punto “C” es un punto interior, en el que se usan los insumos de manera ineficiente.

Grafico 2:

²⁸ Tomado de CIDE-EAFIT (2002).

²⁹ Dado el supuesto de rendimientos constantes de escala. Este supuesto puede ser eliminado, como se verá más adelante.



Farrell (1957) propone como medida de la ineficiencia la razón $\frac{OP}{OC}$. Esa razón indicaría el porcentaje de insumos empleados por “C” que realmente son requeridos, para tener una producción eficiente: “el punto *P* representa una firma eficiente usando los dos factores en la misma proporción que *C*. Puede verse que produce el mismo output que *C* usando sólo la fracción OP/OC de cada factor. ...Es pues razonable definir OP/OC como la eficiencia técnica de la empresa “C” (pag. 254).

Ahora bien: el anterior análisis supone el conocimiento del conjunto de posibilidades de producción. En primera instancia, es posible estimar la frontera de dicho conjunto (lo que ha dado lugar al análisis estocástico de fronteras); o, alternativamente, el “Data Envelopment Analysis” (DEA) es un enfoque no paramétrico del problema.

Si la eficiencia en general se define como la relación entre productos e insumos, el problema esencial de toda medida de productividad será definir los ponderadores que permiten agregar insumos y productos en la fórmula general de eficiencia:

$$h = \frac{\sum_k v_k y_k}{\sum_j u_j x_j} \quad (1)$$

donde v y u son ponderadores, h la eficiencia, y x y y los insumos y productos.

DEA busca aquellos ponderadores que hacen máximo h para una empresa específica, dado que al aplicarlos a las demás empresas, generen para ellas valores de h no superiores a la unidad.

En otras palabras, DEA busca la ponderación más favorable para cada empresa, y a partir de ella, define su eficiencia. En lugar de suponer una formulación paramétrica de la frontera de posibilidades de producción, compara a la empresa con otras empresas del sector. El método se caracteriza, pues, por usar técnicas de optimización, y por su carácter no paramétrico.

Dualidad y tipo de medida.

Como resulta claro en la ecuación (1), hay dos grupos de ponderadores: los relativos a insumos, y los relativos a productos. Ello define dos orientaciones posibles en DEA: IO (input oriented) o OO (output oriented). En el primer caso, se adiciona una restricción de escala sobre los ponderadores de los insumos, igualandolos a una constante K_0 ; en el segundo, se buscan los ponderadores de los insumos que hacen óptimo el índice de eficiencia de la empresa, restringiendo el valor de los ponderadores de los productos.

En su forma general, DEA-IO resuelve el siguiente de problema de optimización para cada una de las empresa de la muestra considerada ($m=1..I$)³⁰:

$$\begin{aligned} \max \quad h_m &= \frac{\sum_k v_k y_{k,m}}{\sum_j u_j x_{j,m}} \\ \text{sujeto a} \quad &\frac{\sum_k v_k y_{k,i}}{\sum_j u_j x_{j,i}} \leq 1 \quad \text{para } i = 1..I \\ &\text{y } \sum_j u_j x_{j,m} = K_0 \\ &v_k, u_j \geq 0 \end{aligned}$$

Alternativamente, DEA-OO resuelve m problemas de optimización de la forma:

$$\begin{aligned} \max \quad h_m &= \frac{\sum_k v_k y_{k,m}}{\sum_j u_j x_{j,m}} \\ \text{sujeto a} \quad &\frac{\sum_k v_k y_{k,i}}{\sum_j u_j x_{j,i}} \leq 1 \quad \text{para } i = 1..I \\ &\text{y } \sum_k v_k y_{k,m} = K_0 \\ &v_k, u_j \geq 0 \end{aligned}$$

No obstante, la mayor parte del trabajo empírico se hace mediante el enfoque dual: en efecto, al problema primal DEA-IO le corresponde un problema dual, en el que se definen las variables λ_i y θ , correspondientes a las restricciones originales del problema.³¹

El problema dual se plantea así, para cada unidad m considerada³²:

$$\text{Min } \theta_m$$

³⁰ Al suponer $K_0=1$, el problema se vuelve lineal, facilitando su solución.

³¹ La variable λ_i es el precio sombra de la restricción del problema primal.

³² Una buena presentación de DEA se encuentra en Coelli, Prasada and Battese (1997). Este texto se remite fundamentalmente a dicha presentación.

Sujeto a :

$$-y_m + \sum_i \lambda_i y_{k,i} \geq 0 \text{ para todo } k$$

$$\theta_m x_{j,m} - \sum_i \lambda_i x_{j,i} \geq 0 \text{ para todo } j$$

$$\lambda_i \geq 0, \text{ para todo } i.$$

Como lo anotan Coelli et al (1997), es posible interpretar este problema como la búsqueda del menor factor que hay que aplicar a los insumos de la empresa, para llegar a la frontera de posibilidades de producción. Ésta, por su parte, se define como una isocuanta en tramos, que se forma considerando las combinaciones de insumos de las empresas consideradas.

El enfoque alternativo (“output oriented”), por su parte, se formula así:³³

Max φ_m

Sujeto a :

$$-\varphi_m y_m + \sum_i \lambda_i y_{k,i} \geq 0 \text{ para todo } k$$

$$x_{j,m} - \sum_i \lambda_i x_{j,i} \geq 0 \text{ para todo } j$$

$$\lambda_i \geq 0, \text{ para todo } i.$$

Medición de la productividad mediante índices de Malmquist.

El uso de índices de productividad de Malmquist con métodos no paramétricos de medición de eficiencia, se asocia a Färe et al (1994): partiendo de la definición del índice de TPF de Malmquist de Caves et al (1982), calculan la variación de la productividad entre dos momentos distintos, descomponiendo su efecto en cambio técnico y cambio en la eficiencia productiva.

El índice de productividad de Malmquist ajustado mide el cambio en la productividad entre dos momentos del tiempo s y t como:

$$m(y_s, x_s, y_t, x_t) = \left[\frac{d^s(y_t, x_t)}{d^s(y_s, x_s)} \frac{d^t(y_t, x_t)}{d^t(y_s, x_s)} \right]^{1/2} \quad (2)$$

donde $d^s(y_t, x_t)$ es la distancia entre una observación del período t respecto a la tecnología del período s .³⁴ Es decir, es el promedio geométrico entre dos índices de productividad de la empresa: el que es medido sobre la tecnología inicial; y el que es medido sobre la tecnología final.

³³ En este caso, la variable que se optimiza, ϕ , corresponde a $1/\theta$, del problema original.

³⁴ Las medidas de Malmquist, en general, están asociadas al concepto de distancia, y a promedios geométricos. Como se observó en una sección anterior, es posible construir índices de productividad a partir de índices de cantidad de Malmquist para los productos y los insumos. En el presente caso, en cambio, se parte del promedio geométrico entre la medida calculada respecto a la frontera inicial, y la misma medida calculada sobre la frontera final.

Las distancias, por su parte, son las mediciones DEA de eficiencia, tanto propias de cada período, como cruzadas entre ellos. Para el caso de los modelos “input oriented”, $d^s(y_s, x_s)$ y $d^t(y_t, x_t)$ son la medida de la eficiencia de la empresa considerada, para el período s y el período t , respectivamente. Por su parte, $d^s(y_t, x_t)$ es la medida de la eficiencia que se obtiene al comparar la observación de una empresa en el período t con la frontera determinada por las observaciones de todas las empresas en el período s .³⁵

Así pues, para calcular el índice de productividad de Malmquist ajustado se procede de la siguiente manera:

Se calcula la eficiencia de las empresas en el período inicial y final.

Se calcula la eficiencia de la observación de cada empresa en el período inicial, respecto a la frontera del período final.

Se calcula la eficiencia de la observación de cada empresa en el período final, respecto a la frontera del período inicial.

Se calcula el índice de productividad de Malmquist, para cada empresa, según la ecuación (2).

Se calcula el índice de productividad total como el promedio geométrico de los índices de productividad de cada empresa.

El índice de productividad de Malmquist ajustado puede descomponerse en progreso técnico y eficiencia técnica. La ecuación (2) puede reescribirse como:

$$m(y_s, x_s, y_t, x_t) = \frac{d^t(y_t, x_t)}{d^s(y_s, x_s)} \left[\frac{d^s(y_t, x_t) d^s(y_s, x_s)}{d^t(y_t, x_t) d^t(y_s, x_s)} \right]^{1/2}$$

El término fuera de corchetes se interpreta en la literatura como “cambio en eficiencia”, en tanto que el segundo se interpreta como “progreso técnico”. El primero, es el cociente entre la eficiencia final y la eficiencia inicial; el segundo sintetiza los movimientos que la frontera tuvo entre los períodos.

³⁵ Las mismas definiciones aplican a las mediciones “output oriented”. Cabe anotar que, en el caso de retornos constantes de escala, las medidas DEA-IO y DEA-OO coinciden.

ANEXO 3: Código CIIU 3 Rev.

CÓDIGOS DE CLASES INDUSTRIALES CIIU 3 REV. A.C. (4 DÍGITOS)

- 1511 Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos
- 1512 Transformación y conservación de pescado y de derivados del pescado
- 1521 Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas
- 1522 Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal
- 1530 Elaboración de productos lácteos
- 1541 Elaboración de productos de molinería
- 1542 Elaboración de almidones y de productos derivados del almidón
- 1543 Elaboración de alimentos preparados para animales
- 1551 Elaboración de productos de panadería
- 1552 Elaboración de macarrones, fideos, alucuzcuz y productos farináceos similares
- 1561 Trilla de café
- 1562 Descafeinado
- 1563 Tostión y molienda del café
- 1564 Elaboración de otros derivados del café
- 1571 Fabricación y refinación de azúcar
- 1572 Fabricación de panela
- 1581 Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería
- 1589 Elaboración de otros productos alimenticios ncp
- 1591 Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas; producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas
- 1592 Elaboración de bebidas fermentadas no destiladas
- 1593 Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas malteadas.
- 1594 Elaboración de bebidas no alcohólicas; producción de aguas minerales.
- 1600 Fabricación de productos de tabaco
- 1710 Preparación e hilatura de fibras textiles
- 1720 Tejeduría de productos textiles
- 1730 Acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción
- 1741 Confección de artículos con materiales textiles no producidos en la misma unidad, excepto prendas de vestir.
- 1742 Fabricación de tapices y alfombras para pisos
- 1743 Fabricación de cuerdas, cordeles, cables, bramantes y redes
- 1749 Fabricación de otros artículos textiles ncp
- 1750 Fabricación de tejidos y artículos de punto y ganchillo
- 1810 Fabricación de prendas de vestir, excepto prendas de piel.
- 1820 Preparado y teñido de pieles; fabricación de artículos de piel.
- 1910 Curtido y preparado de cueros
- 1921 Fabricación de calzado de cuero y piel; con cualquier tipo de suela, excepto el calzado deportivo
- 1922 Fabricación de calzado de materiales textiles; con cualquier tipo de suela, excepto el calzado deportivo
- 1923 Fabricación de calzado de caucho, excepto el calzado deportivo.
- 1924 Fabricación de calzado de plástico, excepto el calzado deportivo
- 1925 Fabricación de calzado deportivo, incluso el moldeado
- 1926 Fabricación de partes del calzado
- 1929 Fabricación de calzado ncp

- 1931 Fabricación de artículos de viaje, bolsos de mano, y artículos similares elaborados en cuero; fabricación de artículos de talabartería y guarnicionería
- 1932 Fabricación de artículos de viaje, bolsos de mano y artículos similares, elaborados en materiales sintéticos, plástico e imitaciones de cuero
- 1939 Fabricación de artículos de viaje, bolsos de mano, y artículos similares elaborados con materiales ncp
- 2010 Aserrado, acepillado e impregnación de la madera
- 2020 Fabricación de hojas de madera para enchapado; fabricación de tableros contrachapados, tableros laminados, tableros de partículas y otros tableros y paneles
- 2030 Fabricación de partes y piezas de carpintería para edificios y construcciones
- 2040 Fabricación de recipientes de madera
- 2090 Fabricación de otros productos de madera; fabricación de artículos de corcho, cestería y espartería
- 2101 Fabricación de pastas celulósicas; papel y cartón
- 2102 Fabricación de papel y cartón ondulado, fabricación de envases, empaques y de embalajes de papel y cartón
- 2109 Fabricación de otros artículos de papel y cartón
- 2211 Edición de libros, folletos, partituras y otras publicaciones
- 2212 Edición de periódicos, revistas y publicaciones periódicas
- 2213 Edición de materiales grabados
- 2219 Otros trabajos de edición
- 2220 Actividades de impresión
- 2231 Arte, diseño y composición
- 2232 Fotomecánica y análogos
- 2233 Encuadernación
- 2234 Acabado o recubrimiento
- 2239 Otros servicios conexos ncp
- 2240 Reproducción de materiales grabados
- 2310 Fabricación de productos de hornos de coque
- 2321 Fabricación de productos de la refinación del petróleo, elaborados en refinería
- 2322 Elaboración de productos derivados del petróleo, fuera de refinería
- 2330 Elaboración de combustible nuclear
- 2411 Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados
- 2412 Fabricación de abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados
- 2413 Fabricación de plásticos en formas primarias
- 2414 Fabricación de caucho sintético en formas primarias
- 2421 Fabricación de plaguicidas y otros productos químicos de uso agropecuario
- 2422 Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, tintas para impresión y masillas
- 2423 Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos
- 2424 Fabricación de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir; perfumes y preparados de tocador
- 2429 Fabricación de otros productos químicos ncp
- 2430 Fabricación de fibras sintéticas y artificiales
- 2511 Fabricación de llantas y neumáticos de caucho
- 2512 Reencauche de llantas usadas
- 2513 Fabricación de formas básicas de caucho
- 2519 Fabricación de otros productos de caucho ncp
- 2521 Fabricación de formas básicas de plástico
- 2529 Fabricación de artículos de plástico ncp
- 2610 Fabricación de vidrio y de productos de vidrio
- 2691 Fabricación de productos de cerámica no refractaria, para uso no estructural
- 2692 Fabricación de productos de cerámica refractaria

- 2693 Fabricación de productos de arcilla y cerámica no refractaria, para uso estructural
- 2694 Fabricación de cemento, cal y yeso
- 2695 Fabricación de artículos de hormigón, cemento y yeso
- 2696 Corte, tallado y acabado de la piedra
- 2699 Fabricación de otros productos minerales no metálicos ncp
- 2710 Industrias básicas de hierro y de acero
- 2721 Industrias básicas de metales preciosos
- 2729 Industrias básicas de otros metales no ferrosos
- 2731 Fundición de hierro y de acero
- 2732 Fundición de metales no ferrosos
- 2811 Fabricación de productos metálicos para uso estructural
- 2812 Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de metal
- 2813 Fabricación de generadores de vapor, excepto calderas de agua caliente para calefacción central
- 2891 Forja, prensado, estampado y laminado de metal; pulvimetalurgia
- 2892 Tratamiento y revestimiento de metales; trabajos de ingeniería mecánica en general realizados a cambio de una retribución o por contrata
- 2893 Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería
- 2899 Fabricación de otros productos elaborados de metal ncp
- 2911 Fabricación de motores y turbinas, excepto motores para aeronaves, vehículos automotores y motocicletas
- 2912 Fabricación de bombas, compresores, grifos y válvulas
- 2913 Fabricación de cojinetes, engranajes, trenes de engranajes y piezas de transmisión
- 2914 Fabricación de hornos, hogares y quemadores industriales.
- 2915 Fabricación de equipo de elevación y manipulación
- 2919 Fabricación de otros tipos de maquinaria de uso general ncp
- 2921 Fabricación de maquinaria agropecuaria y forestal
- 2922 Fabricación de máquinas herramienta
- 2923 Fabricación de maquinaria para la metalurgia
- 2924 Fabricación de maquinaria para la explotación de minas y canteras y para la construcción
- 2925 Fabricación de maquinaria para la elaboración de alimentos, bebidas y tabaco
- 2926 Fabricación de maquinaria para la elaboración de productos textiles, prendas de vestir y cueros
- 2927 Fabricación de armas y municiones
- 2929 Fabricación de otros tipos de maquinaria de uso especial ncp
- 2930 Fabricación de aparatos de uso doméstico ncp
- 3000 Fabricación de maquinaria de oficina, contabilidad e informática
- 3110 Fabricación de motores, generadores y transformadores eléctricos
- 3120 Fabricación de aparatos de distribución y control de la energía eléctrica
- 3130 Fabricación de hilos y cables aislados
- 3140 Fabricación de acumuladores y de pilas eléctricas
- 3150 Fabricación de lámparas eléctricas y equipo de iluminación
- 3190 Fabricación de otros tipos de equipo eléctrico ncp
- 3210 Fabricación de tubos y válvulas electrónicas y de otros componentes electrónicos
- 3220 Fabricación de transmisores de radio y televisión y de aparatos para telefonía y telegrafía
- 3230 Fabricación de receptores de radio y televisión, de aparatos de grabación y de reproducción del sonido o de la imagen, y de productos conexos
- 3311 Fabricación de equipo médico y quirúrgico y de aparatos ortésicos y protésicos.
- 3312 Fabricación de instrumentos y aparatos para medir, verificar, ensayar, navegar y otros fines, excepto equipo de control de procesos industriales
- 3313 Fabricación de equipo de control de procesos industriales
- 3320 Fabricación de instrumentos ópticos y de equipo fotográfico
- 3330 Fabricación de relojes

- 3410 Fabricación de vehículos automotores y sus motores
- 3420 Fabricación de carrocerías para vehículos automotores; fabricación de remolques y semirremolques
- 3430 Fabricación de partes, piezas y accesorios (autopartes) para vehículos automotores y para sus motores
- 3511 Construcción y reparación de buques
- 3512 Construcción y reparación de embarcaciones de recreo y deporte
- 3520 Fabricación de locomotoras y de material rodante para ferrocarriles y tranvías
- 3530 Fabricación de aeronaves y de naves espaciales
- 3591 Fabricación de motocicletas
- 3592 Fabricación de bicicletas y de sillones de ruedas para discapacitados
- 3599 Fabricación de otros tipos de equipo de transporte ncp
- 3611 Fabricación de muebles para el hogar
- 3612 Fabricación de muebles para oficina
- 3613 Fabricación de muebles para comercio y servicios
- 3614 Fabricación de colchones y somieres
- 3619 Fabricación de otros muebles ncp
- 3691 Fabricación de joyas y de artículos conexos
- 3692 Fabricación de instrumentos musicales
- 3693 Fabricación de artículos deportivos
- 3694 Fabricación de juegos y juguetes
- 3699 Otras industrias manufactureras ncp
- 3710 Reciclaje de desperdicios y de desechos metálicos
- 3720 Reciclaje de desperdicios y desechos no metálicos

Nota: En las actividades 2330, 3000, 3520, 3710 y 3720 no hay fuentes incluidas en la EAM, Además la cuenta 2732 sólo cuenta con información para el año 2000, de igual manera la cuenta 2234 sólo cuenta con información para el año 2002 y se cuenta con información de la cuenta 1820 para los años 2000 y 2001.