

# **Economías de alcance, diversificación y escala en el sector eléctrico: una aproximación frontera no paramétrica.**

Pablo Arocena Garro\*

Zuray A. Melgarejo Molina

*Universidad Pública de Navarra*

Febrero 2005

*Versión preliminar.*

*No citar sin permiso de los autores.*

## **Resumen**

En este trabajo se estiman economías de alcance, diversificación y escala en el sector eléctrico español mediante fronteras de costes construidas con métodos no-paramétricos basados en modelos de programación lineal. Los resultados obtenidos indican, en primer lugar, que las economías de alcance y de diversificación en el sector eléctrico español son significativas. En segundo lugar, se muestra que una partición del número de empresas que mantuviese constante el grado de integración vertical y diversificación horizontal de las empresas, además de contribuir a crear una estructura de mercado más competitiva, mejoraría la eficiencia de escala de las empresas eléctricas.

**Palabras clave:** economías de alcance, diversificación, escala, eficiencia, sector eléctrico

**Clasificación JEL:** D24, L94, L11

**\*Autor y dirección de contacto:**

Universidad Pública de Navarra.

Dpto. Gestión de Empresas.

Campus de Arrosadia. 31006 Pamplona.

Tel. 948169684 Fax. 948169404 e-mail: pablo@unavarra.es

## **1. Introducción.**

A lo largo de la última década, la industria de la energía eléctrica ha sido sometida a profundas reformas liberalizadoras, con el objetivo de introducir la competencia en un sector tradicionalmente organizado alrededor del monopolio, la propiedad pública y la regulación intensa. El potencial pro-competitivo de estas reformas está condicionado de forma fundamental por la estructura del mercado, tanto horizontal como vertical. Si la existencia de un número suficiente de competidores es un requisito indispensable para el desarrollo y mantenimiento de una competencia efectiva en cualquier industria, en el caso del sector eléctrico además, la separación efectiva entre actividades reguladas (transporte y distribución) y no reguladas (generación y comercialización), es tan importante para el desarrollo de la competencia como el nivel de concentración horizontal. Así, un sector eléctrico con empresas verticalmente integradas en todas las fases del suministro puede dificultar la entrada de nuevos competidores. Por un lado, una empresa verticalmente integrada tiene la posibilidad de llevar a cabo subsidios cruzados entre las actividades reguladas y las actividades que desarrolla en un escenario competitivo. Por otro, una empresa verticalmente integrada propietaria de la red de transmisión y/o distribución tiene el incentivo a favorecer a sus propias divisiones que operan en la parte competitiva de la industria y a dificultar a sus competidores que operan únicamente en este segmento. En este sentido, la elevada concentración horizontal, unida a la integración vertical de las empresas sigue siendo uno de los problemas más importantes del mercado eléctrico español ya que crea oportunidades para que las empresas involucradas tengan un comportamiento anticompetitivo (Arocena *et al* 1999, Fernández-Ordóñez 2002, Ocaña 2003).

En lo que respecta a la concentración horizontal, esta puede reducirse creando un mayor número de competidores mediante la partición de grandes empresas en unidades

más pequeñas, con menor poder de mercado. Este tipo de intervención fue puesta en práctica por el regulador inglés en los años 90, y parece la más eficaz en situaciones donde es difícil la entrada de nuevos competidores. No obstante, el número eficiente de empresas que operan en el mercado y su grado de integración vertical depende en gran medida de la importancia de las economías de escala, diversificación y alcance. Así, si las economías asociadas a la escala de operaciones y la diversificación de productos son limitadas o insignificantes, la partición de empresas en unidades de menor tamaño con el fin de crear un número suficiente de competidores, tendrá un efecto positivo para el comportamiento eficiente del mercado sin afectar a los costes de las empresas. Por el contrario, si estas economías son significativas, la partición en unidades más pequeñas incurren en pérdidas de eficiencia productiva que podrían anular las ganancias esperadas de la creación de un funcionamiento más competitivo del mercado.

Un argumento similar es aplicable al alcance vertical de la empresa. Si se puede lograr un suministro eficiente a través de empresas especializadas que compiten en sus respectivas etapas, la separación vertical de actividades ayudaría a aumentar la presión competitiva sin sufrir a cambio ninguna penalización. Por el contrario, si existen economías de integración entre etapas del suministro eléctrico, la separación vertical de actividades tendría como contrapartida una pérdida de la eficiencia productiva.

Por lo tanto, estamos ante una cuestión crucial desde el punto de vista de la intervención pública ya que el regulador debe evaluar si el potencial aumento de la eficiencia derivado de una mayor competencia como consecuencia de una eventual partición (vertical u horizontal) de las empresas existentes, compensa el potencial aumento de costes debido a pérdida de economías de escala, diversificación e integración vertical.

Los trabajos previos vienen a confirmar tanto la existencia de economías de integración vertical entre la generación y transmisión-distribución de electricidad, como de integración horizontal, sea entre productos de generación o entre productos de distribución (Kaserman y Mayo 1991, Gilsdorf 1995, Lee, 1995, Thompson 1997, Hayashi et al 1997, Kwoka 2002, Nemoto y Goto 2004). Estos beneficios de la integración están relacionados con la mejora de la coordinación en la operación del sistema y de las inversiones y con la reducción de los costes de transacción. Asimismo, la mayoría de estos trabajos encuentran que las economías de escala se agotan para niveles de producción relativamente pequeños, tanto a nivel de planta como de empresa (Ramos-Real, 2005). El único trabajo que estima economías de integración en el sector eléctrico español es el de Jara-Díaz *et al* (2004). Estos autores realizan un análisis empírico del sector eléctrico español durante el período de 1985-1996, mediante la estimación de una función de costes cuadrática. Sus estimaciones cifran en un 6.5% el ahorro en costes por el hecho de generar y distribuir conjuntamente y en un 28.1% el ahorro en costes derivado de la integración horizontal entre productos de generación.

El objetivo de este trabajo es estimar estas economías en el sector eléctrico español mediante un enfoque alternativo. En este sentido, son varias las contribuciones fundamentales de este trabajo. En primer lugar, estimamos una frontera de costes, frente a la tradicional estimación de una función de costes con técnicas no-frontera, que implica asumir de forma implícita que las empresas son eficientes. En segundo lugar, utilizamos métodos no paramétricos basado en modelos de programación lineal, sin asumir a priori ninguna forma funcional respecto a la tecnología subyacente (i.e. cuadrática, translogarítmica, etc.). Finalmente, al contrario que con las estimaciones tradicionales de funciones de costes, construimos fronteras diferentes para las empresas diversificadas y para las empresas especializadas.

El trabajo se organiza como sigue. En la sección 2 se revisan los conceptos teóricos fundamentales. La sección 3 presenta la metodología no paramétrica utilizada para la estimación de las economías de integración. La sección 4 presenta los datos y variables utilizadas. Los resultados se recogen en la sección 5. El trabajo se cierra con el resumen de las principales conclusiones.

## 2. Las economías del tamaño: integración vertical, diversificación y escala.

El tamaño de una empresa viene explicado en gran medida por el concepto de subaditividad de costes. La subaditividad de costes existe cuando una sola empresa es capaz de producir la cantidad de un bien a un costo menor o igual al que tendrían dos o más empresas. Formalmente, una función de costes es estrictamente subaditiva en  $y$  si para cualquier cantidad de outputs  $y_1, \dots, y_n$ ,  $y_j$ ?  $y$ ,  $j = 1, \dots, n$ , tal que  $\sum_i y_i = y$ , se produce que  $\sum C(y_i) > C(y)$ . Las economías de alcance, de escala y de diversificación son conceptos relacionados con esta noción de subaditividad.

### 2.1 Economías de Alcance.

Las economías de alcance se definen como aquella situación en la que la producción simultánea o conjunta de varios outputs diferentes en una única empresa resulta más barato que producirlos por separado, cada uno por una empresa especializada. Siguiendo a Baumol *et al* (1982 p.71-72), sea  $U$  el conjunto de outputs producidos por una empresa, y  $S$  un subconjunto de los outputs tal que  $S \subseteq U$ . Sea  $P = \{T_1, T_2, \dots, T_k\}$  una partición no trivial de  $S$ . Esto es,  $\cup_i T_i = S$ ,  $T_i \cap T_j = 0$  para  $i \neq j$ .  $T_i \neq 0$ ,  $k > 1$ .

Existen economías de alcance en  $y_s$  con respecto a la partición  $P$  si  $\sum_{i=1}^k c(y_{T_i}) > c(y_s)$ .

Las deseconomías de alcance existen si la desigualdad anterior es inversa. Así, en el

caso de la producción de dos outputs  $(y_1, y_2)$  una empresa presenta economías de alcance, si la función de costos de producción satisface la condición:

$$C(y_1, y_2) < C(y_1, 0) + C(0, y_2)$$

Obsérvese que las economías de alcance son un caso especial o restringido de subaditividad, donde los vectores de outputs de las empresas especializadas son ortogonales, tales que  $y_i \cdot y_j = 0$ ,  $i \neq j$ . Para el caso de tres outputs  $y = (y_1, y_2, y_3)$ , existen economías de alcance respecto a la partición  $P = (T_1, T_2)$ , siendo  $T_1 = (y_1, 0, 0)$ ,  $T_2 = (0, y_2, y_3)$  si <sup>1</sup>

$$c(y_1, 0, 0) + c(0, y_2, y_3) > c(y_1, y_2, y_3)$$

Baumol *et al* (1982) definen el grado de economías de alcance en  $y$  relativa al conjunto de productos  $T$  como:

$$SC_T(y) \equiv \frac{[c(y_T) + c(y_{U/N-T}) - c(y)]}{c(y)} \quad [1]$$

Es decir, el grado de economías de alcance mide el aumento relativo en el coste que resultaría de dividir la producción de  $y$  en las líneas de producto  $T$  y  $N-T$ . Esta fragmentación de la empresa aumenta, reduce o deja inalterados los costes totales según sea  $SC_T(y)$  mayor, menor o igual a cero respectivamente.

Las economías de alcance son necesarias pero no suficientes para la existencia de subaditividad. Sin embargo, en presencia de economías de alcance no tiene sentido económico que la producción se realice de forma especializada por distintas empresas. En lo sucesivo, denominamos economías de integración vertical a las economías de alcance entre etapas adyacentes de la cadena de producción.

---

<sup>1</sup> Esta es sólo una posible partición del conjunto de outputs. Pueden calcularse las economías de alcance respecto a otra partición no trivial. Por ejemplo la partición  $P' = (T_1, T_2, T_3)$  donde  $T_1 = (y_1, 0, 0)$ ,  $T_2 = (0, y_2, 0)$ ,  $T_3 = (0, 0, y_3)$ .

## 2.2 Economías de Diversificación

Las economías de diversificación se refieren a la comparación del coste de producir un conjunto de outputs por parte de una única empresa, y el coste de fragmentar su producción en distintos subconjuntos de outputs entre distintas empresas especializadas. Se trata pues, de un concepto más general que el de economías de alcance. Nótese que las economías de alcance son un caso especial de economías de diversificación (cuando  $y_3^A = 0$ ). Por la misma razón, se trata de Siguiendo a Grosskopf *et al* (1992), consideremos el caso de tres outputs y dos empresas, en el que la empresa A se especializa en la producción del output  $y_1$ , la empresa B se especializa en la producción del output  $y_2$ , mientras ambas empresas producen algo del output  $y_3$ . Se dice que existen economías de diversificación si:

$$c(y_1^A, 0, y_3^A) + c(0, y_2^B, y_3^B) > c(y_1^A, y_2^B, y_3^A + y_3^B)$$

Existen deseconomías de diversificación si la desigualdad en la ecuación anterior es de signo inverso. El grado de las economías de diversificación viene medido por:

$$DIV(y) = \frac{c(y_1^A, 0, y_3^A) + c(0, y_2^B, y_3^B) - c(y_1^A, y_2^B, y_3^A + y_3^B)}{c(y_1^A, y_2^B, y_3^A + y_3^B)} \quad [2]$$

Si el valor de  $DIV$  es positivo (negativo) entonces existen economías (deseconomías) de diversificación. Si  $DIV$  es cero, los costos son aditivos en  $y$ . Obsérvese que  $DIV$  compara los costes de dos empresas multiproductivas que tienen en común la producción de al menos un output mientras producen otros en exclusiva, con los costes de una única empresa multiproducto que produce todos los productos. Por lo tanto, es una medida apropiada para considerar decisiones referidas a la expansión de la línea de productos, al tiempo que permite evaluar la ventaja en costes de fusionar (o dividir) empresas que producen una serie de productos similares y otros diferentes.

### 2.3 Economías de Escala Multiproducto

En el caso de que la empresa produzca varios outputs, se dice que existen economías de escala multiproducto cuando los costes totales aumentan (disminuyen) menos que (más que) proporcionalmente cuando todos los productos aumentan (disminuyen) en la misma proporción. Siguiendo a Baumol *et al* (1982, p.51), la existencia de economías (deseconomías) de escala multiproducto en el vector de outputs  $y = (y_1, \dots, y_n)$ , implica que el coste medio según un rayo, o *Ray Average Cost* (RAC) es decreciente (creciente). RAC es una forma de medir los costes medios asumiendo una proporción constante entre los productos. El grado de economías de escala viene dado por la expresión

$$RSE(y) = \frac{C(v_i y^A) + C(v_i y^B) - C(y)}{C(y)} \quad [3]$$

donde  $v_i$  determina la proporción de los outputs, siendo  $1 > v_i > 0$  y  $\sum_i v_i = 1$

Cuando RAC es decreciente, no es posible dividir el vector de outputs de una empresa de forma proporcional entre varias empresas sin aumentar el coste total.<sup>2</sup>

En el gráfico 1 se representa el coste total y el coste medio a lo largo del rayo OR (RAC). El rayo OR mantiene constante la proporción en que se producen ambos bienes. RAC refleja los costes según un rayo vector que pase por el origen del plano  $y_1 y_2$ . El vector  $y^o$  representa la escala óptima para la producción de esa proporción de outputs  $(y_2/y_1)$ , ya que minimiza el coste medio según el rayo OR: el punto donde el rayo OT es tangente a la superficie del coste total en el hiperplano encima de OR. Cualquier otro vector a la izquierda o a la derecha de  $y^o$  presenta costes medios superiores en OR. En otros términos, sólo  $y^o$  presenta eficiencia de escala en OR. Así, si tenemos una empresa que produce  $y^o$ , un fraccionamiento de la misma, por ejemplo en dos empresas iguales a

---

<sup>2</sup> En este caso se habla subaditividad según un rayo (Baumol et al, 1982 p.175).

lo largo de OR (produciendo cada una la mitad,  $y^o/2$ , es decir  $v = 0.5$ ) aumentaría el RAC por la ineficiencia de escala.

**[Insertar Gráfico 1]**

### 3. Una aproximación no paramétrica

Siguiendo a Färe (1986), sea  $y = (y_1, \dots, y_M) \in R_+^M$  el vector de outputs producidos por el vector de inputs  $x = (x_1, \dots, x_N) \in R_+^N$ . Esta relación tecnológica puede ser resumida por el conjunto de requerimiento de inputs  $L(y) = \{x : x \text{ produce } y\}$ . La tecnología puede también ser completamente descrita por la función de costos:

$$c(y, w) = \min_x \{wx' : x \in L(y)\},$$

donde  $w = (w_1, \dots, w_N) \in R_+^N$  es el vector de precios inputs. Si la función de costes asociada  $c(y, w)$  es subaditiva, entonces puede escribirse como<sup>3</sup>

$$C\left(\sum_{k=1}^K y^k, w\right) \leq \sum_{k=1}^K C(y^k, w)$$

El gráfico 2 recoge la construcción de los conjuntos de requerimiento de inputs. El conjunto de las empresas diversificadas está limitado por la frontera o isocuanta  $L(y^1, y^2)$ . Esta recoge las combinaciones técnicamente eficiente de inputs para producir las cantidades de dos vectores de outputs  $y^1$  e  $y^2$  conjuntamente. Corresponde por tanto, a la tecnología de las empresas que llamaremos “diversificadas”. Consideremos una empresa diversificada tal como  $F$ . Esta empresa es técnicamente ineficiente porque podría producir  $(y^1, y^2)$  con un menor consumo de ambos inputs  $y$ , en consecuencia, con un menor coste para unos precios de los inputs dados (representados por la recta

---

<sup>3</sup> La teoría de la dualidad nos dice que la subaditividad en costes (si la función de costes es subaditiva para todo  $w$ ) es equivalente a la superaditividad del conjunto de requerimiento de inputs, es decir:

$$L\left(\sum_{k=1}^K y^k\right) \supseteq \sum_{k=1}^K L(y^k).$$

isocoste  $w$ ). En concreto, la máxima contracción o reducción del coste vendría dada por el cociente  $OF_d^*/OF$

### [Insertar Gráfico 2]

Por otra parte, la isocuanta correspondiente a  $L(y^1) + L(y^2)$  es la frontera que determina el mínimo consumo de inputs que se precisan cuando se producen separadamente  $y^1$  e  $y^2$ . Se trata, por tanto, de una frontera aditiva, construida mediante la suma de los inputs utilizados por dos empresas que denominaremos “especializadas”. Si comparamos nuestra empresa  $F$  respecto a la frontera aditiva, observamos que su ineficiencia es menor, en concreto  $OF_+^*/OF$ . Esto nos indica que, dado los precios de los factores  $w$ , el mínimo coste que puede lograrse para producir el vector  $(y^1, y^2)$  de forma separada es mayor que producirlos de forma conjunta en una empresa. O alternativamente, que existe un coste de separar la producción de  $(y^1, y^2)$  en dos empresas, igual a la distancia  $OF_d^*/OF_+^*$ . Según cómo sean los vectores de outputs utilizados para construir las combinaciones aditivas que conforman la frontera  $L(y^1)+L(y^2)$  esta distancia medirá un tipo de economía. Así, si los vectores  $y^1$  e  $y^2$  son ortogonales,  $OF_d^*/OF_+^*$  mide la cuantía de las (des)economías de alcance; si no son ortogonales, estaremos ante la medida de economías de diversificación.

Para construir las fronteras correspondientes a las empresas diversificadas y la correspondiente a las combinaciones aditivas, utilizamos técnicas de programación matemática, conocidas como *Data Envelopment Analysis*. Esta metodología permite construir las fronteras a partir de las mejores prácticas de la muestra observada, en lugar de imponer una relación tecnológica hipotética, como ocurre cuando se estima una función de costes, la cual requiere elegir una forma funcional concreta.

En primer lugar, necesitamos introducir cierta notación. Sea  $Y$  la matriz  $M \times K$  de outputs observados, es decir,  $M$  outputs diferentes para cada una de las  $K$  empresas. Los

inputs observados los recogemos en la matriz  $X$ , de dimensión  $N \times K$ ; es decir, hay  $N$  inputs diferentes para cada una de las  $K$  empresas. Construimos una tecnología de referencia lineal a tramos a partir de combinaciones convexas de las observaciones de outputs e inputs:

$$L(y) = \{x : Y \cdot z \geq y, X \cdot z \leq x, z \in \mathfrak{R}_+^K\}$$

donde  $L(y)$  es el conjunto de requerimiento de inputs para el vector de outputs  $y$ . El vector  $z$  es el vector  $K \times 1$  de variables de intensidad. La única restricción de las variables  $z$  es que sean no negativas, por lo que la tecnología representada en la expresión satisface rendimientos constantes de escala. Esto implica que son factibles expansiones y contracciones escalares de los vectores de inputs y outputs. Los rendimientos constantes de escala representan la escala óptima a largo plazo (consistente con el mínimo de la curva de costes medios a largo plazo de la empresa).

El coste mínimo para cada una de las observaciones,  $k = 1, \dots, K$ , se puede calcular como la solución al siguiente problema de programación lineal (Färe *et al.* 1994):

$$\begin{aligned} \min(y_k, w_k) &= \min_{z, x} w_k \cdot x_k \\ \text{s.a} \\ Yz &\geq y_k \\ Xz &\leq x_k \\ z &\in R_+^K \end{aligned} \quad [1]$$

Asumiendo que todas las empresas se enfrentan al mismo vector de inputs  $w$ , el problema [1] es equivalente a

$$\begin{aligned} D^d(y_k^d, c_k^d) &= \min_z I \\ \text{s.t} \\ Yz &\geq y_k^d \\ Cz &\leq I c_k^d \\ z &\in R_+^K \end{aligned} \quad [2]$$

donde  $C$  es el vector  $I \times K$  de costes observados y  $c_k$  el coste de la empresa  $k$  (Ferrier *et al.* 1993). El superíndice  $d$  indica que estamos considerando empresas diversificadas. De manera análoga, para calcular la eficiencia de la empresa diversificada  $y^d$  respecto a la frontera aditiva, tenemos que resolver:

$$\begin{aligned}
 D^+(y_k^d, c_k^d) &= \min_z I \\
 \text{s.t.} \\
 Y^+ z &\geq y_k^d \\
 C^+ z &\leq I c_k^d \\
 z &\in R_+^K
 \end{aligned} \tag{3}$$

donde el superíndice  $+$  indica que estamos considerando combinaciones aditivas de empresas especializadas para construir la frontera. Así,  $Y^+$   $C^+$  representan las matrices de outputs y costes observados de las combinaciones posibles de empresas especializadas.

#### 4. Datos y variables.

Para este trabajo hemos utilizado datos correspondientes a las doce empresas más representativas del sector eléctrico durante el periodo 1991-1997. La información ha sido obtenida de la Comisión Nacional de Energía (CNE) y las memorias de las empresas. La información que hemos recogido de cada empresa consiste en los outputs que producen y los costes que han incurrido en suministrarlos. Así, se han considerado los costes de explotación, expresados en millones de pesetas constantes del año 1990. Los costes de explotación incluyen: el coste de los combustibles, los costes de personal, las amortizaciones y otros gastos de explotación. No se incluyen dentro del coste de explotación el coste de la energía adquirida a otras empresas generadoras para evitar la doble contabilización.

En cuanto a los outputs, hemos considerado cinco tipos. Dos de ellos son el resultado de la actividad de generación, según sea su origen, en concreto: hidráulica y termoeléctrica (incluye térmica convencional y nuclear), ambas expresadas en Gw/h. Los tres restantes son medidas de la actividad de distribución y comercialización de la energía: electricidad distribuida en baja tensión (BT) y alta tensión (AT), ambas expresadas en Gw/h. y número de clientes. El cuadro 1 muestra los vectores de productos y costes de cada una de las empresas consideradas, así como el porcentaje relativo de cada uno de ellos sobre el total de generación y distribución.

### **[Insertar Cuadro 1]**

En primer lugar hemos clasificado las empresas en cuatro grupos, atendiendo a su grado de especialización respecto a los outputs que producen:

*Grupo 1.* Empresas exclusivamente generadoras, es decir que no distribuyen la energía que producen sino que la venden a otras empresas distribuidoras. Este grupo incluye una única empresa, ENDESA.

*Grupo 2.* Empresas especializadas en la distribución, con bajo porcentaje de generación, siendo esta además de origen mayormente hidráulico. Este grupo lo constituyen las empresas ERZ, ENHER y HEC.

*Grupo 3.* Empresas distribuidoras y generadoras con una clara especialización en la generación térmica. En este grupo se incluyen SEVILLANA, GESA y UNELCO.

*Grupo 4.* Empresas diversificadas con un porcentaje de generación sobre energía distribuida superior al 75%. Este grupo lo integran IBERDROLA, UNIÓN FENOSA, HIDROCANTABRICO, VIESGO Y FECSA.

A continuación construimos dos tipos de empresas combinadas.

*Combinación A.* Surge de la suma entre las empresas del grupo 1 y las del grupo 2. Esto da como resultado la creación de siete empresas artificiales formadas por

combinaciones de empresas especializadas de los grupos 1 y 2. Esto da como resultado siete empresas combinadas para cada uno de los años del periodo 1991-1997. Los outputs y costes de cada una de estas empresas combinadas son el resultado de la suma de outputs y costes de las empresas que integran la combinación. Adicionalmente, construimos una empresa artificial para cada uno de los años, cuyos valores de inputs y outputs son la media aritmética de los valores de las empresas combinadas correspondientes a cada año. Representa la combinación media del tipo A, cuyo vector de outputs y coste también viene recogido en el cuadro 1.

La característica fundamental de estas combinaciones es que surgen como consecuencia de sumar vectores de outputs ortogonales<sup>4</sup>. Los costes de Endesa tienen su origen en la producción de energía termoeléctrica, que es el único output que produce. Es decir,  $C_{endesa} = C(0, Y^T, 0)$ , siendo  $Y^T$  la producción térmica. Por el contrario, los costes de ERZ, ENHER y HEC representan en su mayor parte, los costes de distribuir y comercializar la electricidad, ya que son empresas fundamentalmente distribuidoras. Como se recoge en la Tabla 2 generan un bajo porcentaje de la energía que distribuyen, tratándose de generación de origen mayormente hidráulico. Así, por ejemplo los costes de ERZ vendrían dados por  $C_{erz} = C(Y^H, 0, D)$ , siendo  $Y^H$  la energía hidroeléctrica producida, y  $D$  la energía distribuida. Por lo tanto, estas combinaciones son las más apropiadas para compararlas con las empresas diversificadas y así estimar las potenciales (des)economías de alcance asociadas a esta partición.

*Combinación B.* Formada por combinaciones de empresas especializadas de los grupos 2 y 3 durante el periodo 1991-1997. Esto da como resultado 22 combinaciones para cada uno de los siete años considerados, es decir, 154 observaciones en total. La

---

<sup>4</sup> Para ser preciso, “casi” ortogonales, ya que la producción hidráulica de Endesa no es cero, sino que representa el 3,5% de la energía generada durante el periodo considerado.

característica de estas combinaciones es que la agregación de estas empresas supondría una mayor diversificación horizontal. Los vectores de outputs no son ortogonales, ya que todas estas empresas tienen en común los outputs de distribución. Por ejemplo, la suma del vector de outputs de ERZ,  $Y_{erz} = (Y^H, 0, Y^D)$ , con el vector de outputs de GESA,  $Y_{gesa} = C(0, Y^T, Y^D)$ , daría como resultado:  $Y_{erz+gesa} = (Y^H, Y^T, Y^D_{erz} + Y^D_{gesa})$ . La frontera aditiva formada mediante estas combinaciones resulta apropiada para medir las potenciales (des)economías de diversificación resultantes de esta partición.

## 5. Resultados

### 5.1 Economías de Alcance.

En primer lugar, medimos la eficiencia del grupo de cinco empresas diversificadas respecto a su propia tecnología, es decir, calculamos la distancia  $D^d(y^d, c^d)$ . En particular, estimamos la frontera a partir del conjunto de todas las observaciones a lo largo del periodo 1991-1997. Es decir, construimos una frontera intertemporal (Tulkens y Vanden Eeckaut, 1995) en la que la observación de la misma empresa en cada uno de los años se trata como si fuera una empresa diferente. A continuación hacemos lo mismo con la totalidad de combinaciones del tipo A (56 observaciones) y estimamos la eficiencia de las empresas diversificadas respecto a esta frontera aditiva, es decir, calculamos la distancia  $D_A^+(y^d, c^d)$ . El ratio entre las dos distancias nos mide la distancia entre ambas fronteras. Para calcular el grado de economías de alcance de cada una de las cinco empresas diversificadas computamos la siguiente medida equivalente a la expresión [1] en el apartado 2.1.

$$SC(y_k^d) = \frac{D_A^+(y_k^d, c_k^d) \cdot c_k^d - D^d(y_k^d, c_k^d) \cdot c_k^d}{D^d(y_k^d, c_k^d) \cdot c_k^d} = \frac{D_A^+(y_k^d, c_k^d)}{D^d(y_k^d, c_k^d)} - 1$$

Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 2. Para todas las empresas diversificadas  $SC(y_k)$  es mayor que cero, por lo que la fragmentación considerada

implicaría pérdidas de eficiencia. Así, si se repartiese el vector de outputs de Iberdrola entre dos empresas, una especializada en generar su energía térmica/nuclear y otra dedicada a distribuir y generar la energía hidráulica por separado, los costes de explotación aumentarían en un 17,5%. La empresa que más economías de alcance presenta, dado su vector de outputs, es Unión Fenosa. En el caso opuesto se sitúa Viesgo, con un escaso 0,4%. Nuestra hipotética empresa media presenta sustanciales economías de alcance (18,4%).

Adicionalmente, hemos calculado el impacto que esta fragmentación de empresas tendría sobre el total de los costes de explotación del sector eléctrico. La columna 1 del cuadro 3 revela que, dado el vector de outputs de producción y distribución de energía eléctrica de las empresas diversificadas, una partición del mismo entre dos tipos de empresas especializadas, en las que unas se dedicasen en exclusiva a la generación térmica, y otras tuviesen a su cargo la distribución y la generación hidráulica, resultaría una opción un 4,5% más cara frente a la de mantener las cinco empresas diversificadas ofreciendo conjuntamente los tres outputs.

### [Insertar Cuadros 2 y 3]

#### 5.2 Economías de Diversificación.

Para estimar las economías de diversificación, comparamos  $D^d(y^d, c^d)$  con  $D_B^+(y^d, c^d)$ . En este caso, tal y como indica el subíndice, la frontera aditiva la construimos con combinaciones de empresas del tipo B. Calculamos el grado de economías de diversificación para cada una de las empresas diversificadas según la expresión [3] en el apartado 2.2 de la siguiente manera:

$$DIV(y_k^d) = \frac{D_B^+(y_k^d, c_k^d) \cdot c_k^d - D^d(y_k^d, c_k^d) \cdot c_k^d}{D^d(y_k^d, c_k^d) \cdot c_k^d} = \frac{D_B^+(y_k^d, c_k^d) \cdot c_k^d}{D^d(y_k^d, c_k^d) \cdot c_k^d} - 1$$

Tal y como se aprecia en el cuadro 2, hay empresas que exhiben economías de diversificación (U.Fenosa, Iberdrola e H.Cantábrico) y otras presentan deseconomías de

diversificación (Fecsa y Viesgo) en sus respectivos vectores de outputs. Por ejemplo, repartir los outputs de H.Cantábrico entre dos empresas de tal forma que una de ellas produjese energía térmica y distribuyese una parte de la electricidad y la otra se especializase en generación hidráulica y distribuyese el resto de la energía, conllevaría un aumento del 4,9% de los costes. Por el contrario, dado el vector de outputs de Viesgo, ese tipo de partición significaría un ahorro de costes del 1,4%. Para la empresa diversificada media, una partición de este tipo aumentaría los costes en un 29.5%.

Expresando estos porcentajes en términos relativos al total de los costes del sector eléctrico español, se concluye que si convirtiéramos las cinco empresas diversificadas en diez empresas especializadas según la partición descrita, se produciría un aumento del 3,6% en los costes de explotación.

### *5.3 Economías de Escala Multiproducto.*

Como hemos visto, las economías de alcance y de diversificación son significativas, por lo que cualquier partición de empresas dirigida a aumentar la presión competitiva que implique una eliminación o reducción de la integración vertical o la diversificación horizontal inevitablemente tendrá como contrapartida un aumento de los costes de las empresas resultantes. Por lo tanto, cabe plantearse si, manteniendo el grado de diversificación e integración vertical actual de las empresas, puede aumentarse el número de competidores dividiendo las empresas en empresas de menor tamaño sin incurrir en pérdidas significativas asociadas a la escala de operaciones.

Con este propósito, dividimos los vectores de outputs de las empresas eléctricas españolas manteniendo constante la proporción entre sus outputs, es decir, manteniendo constante su grado de diversificación e integración vertical. En concreto, partimos por la mitad las cinco empresas diversificadas consideradas en los apartados anteriores.

En el gráfico 1, para el nivel de output  $y^o/2$  la ineficiencia de escala viene medida por la distancia vertical  $OC/OV$ . Obsérvese que en el punto  $y^o$  este ratio es igual a uno. Por lo tanto, para evaluar tal decisión de partición de empresas, deberíamos comparar la eficiencia de escala antes y después de la división. La eficiencia de escala se calcula como la distancia a la escala óptima una vez descontada la ineficiencia técnica. Es decir, como el ratio entre la distancia a la frontera calculada bajo rendimientos constantes (CRS) y la distancia de la observación a la frontera bajo rendimientos variables de escala (VRS). Cuanto mayor es la divergencia entre la eficiencia bajo rendimientos constantes y variables a escala, mayor es el impacto de la escala. Por lo tanto, la eficiencia de escala correspondiente a las empresas diversificadas originales ( $e_d$ ) y la correspondiente a las empresas diversificadas divididas por la mitad ( $e_{d/2}$ ) vendrá dada por las expresiones siguientes:

$$e_d = \frac{D^{crs}(y^d, c^d)}{D^{vrs}(y^d, c^d)} \quad e_{d/2} = \frac{D^{crs}(y_d/2, c_d/2)}{D^{vrs}(y_d/2, c_d/2)}$$

RAC será decreciente, creciente o constante si  $e_d/e_{d/2}$  es menor, mayor, o igual a 1 respectivamente.<sup>5</sup> El grado de economías de escala según un rayo (RSE) para cada empresa viene determinado por la siguiente expresión, equivalente a la [3]:

$$RSE(y^d) = \frac{C(y^d) \cdot e_d - 2(e_{d/2} \cdot C(y^d/2))}{C(y^d) \cdot e_d} = 1 - \left( \frac{D^{vrs}(y^d/2, c^d/2)}{D^{vrs}(y^d, c^d)} \right)$$

Los resultados de RSE(y) se recogen en el cuadro 2. En las cinco empresas y en la empresa media, se observa que el fraccionamiento de empresas produce ahorros de costes resultantes de la mejora de la eficiencia de escala con la que operan las empresas. Por ejemplo, si partiésemos Iberdrola en dos empresas iguales (manteniendo constante

---

<sup>5</sup> La distancia bajo el supuesto de rendimientos variables de escala se computa añadiendo la restricción  $\sum_{k=1}^K z_k = 1$  al problema de programación lineal [2].

la proporción entre los outputs), se obtendrían unos ahorros de costes del 5.9%. La partición de empresa que presentaría mayores ganancias de eficiencia es Unión Fenosa, con un 9.2%, mientras que en el caso de Fecsa y Viesgo no hay ganancias apreciables (0.1%). La partición de la empresa media arrojaría unos ahorros en costes del 2.4%. Estos resultados sugieren que las empresas no incurrirían en mayores costes por el hecho de ser más pequeñas; más bien al contrario, ya que las empresas están operando con una escala superior a la óptima.

La tercera columna del cuadro 3 muestra los ahorros en costes que tendría esta duplicación del número de empresas diversificadas medido como porcentaje de los costes totales del sector eléctrico a lo largo del periodo 1991-1997. Por término medio, los ahorros por la mejora en la eficiencia de escala representarían el 2.7% del total de los costes de explotación anuales del sector.

## **Conclusiones**

En este trabajo hemos evaluado la existencia de las economías de alcance, diversificación y escala en el sector eléctrico español a través de la estimación de fronteras de costes mediante métodos no-paramétricos basados en modelos de programación lineal. Nuestros resultados muestran que la integración vertical permite ahorrar hasta un 4.5 % de los costes anuales de explotación del sector eléctrico en el periodo 1991-1997. En el caso de la diversificación entre los distintos tipos de generación de electricidad estos ahorros significaron hasta un 3.6% frente a una eventual especialización de las empresas en la producción de los outputs de generación.

Estos resultados tienen importantes implicaciones desde el punto de vista de la intervención pública, ya que cualquier actuación pro-competitiva sobre la estructura de mercado mediante la creación de un mayor número de competidores a partir de las

empresas existentes debería tener en cuenta: (i) la desintegración vertical de empresas aparece como una opción cara, en términos de pérdida de eficiencia empresarial, que debería medirse con las potenciales ganancias asociadas a una mayor competencia; (ii) cualquier eventual partición de empresas debería tratar de mantener la diversificación horizontal entre productos.

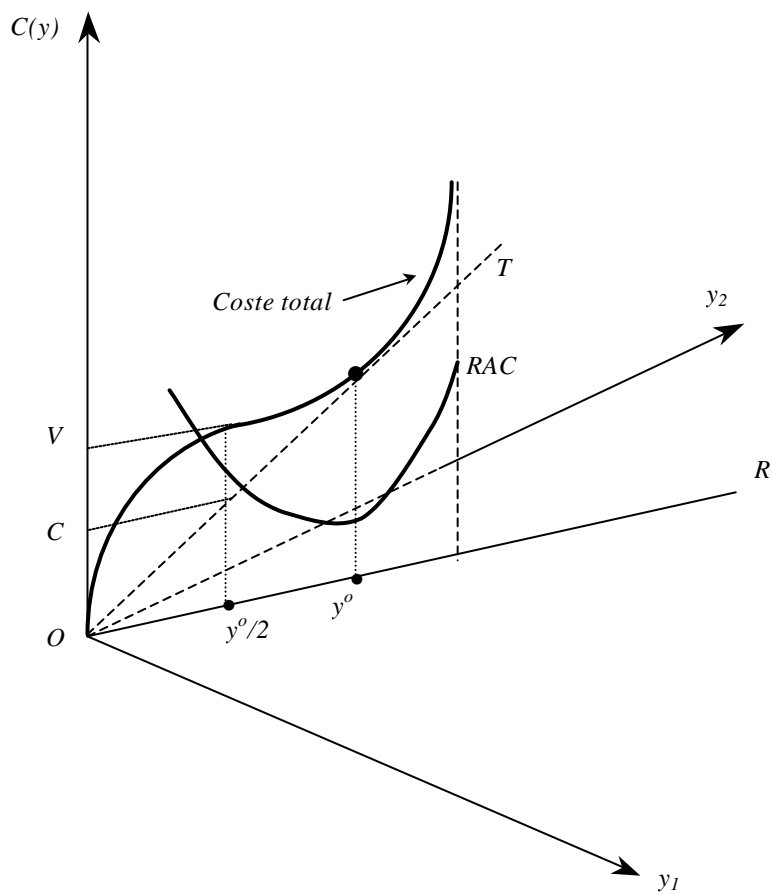
Teniendo en cuenta lo anterior, hemos explorado las consecuencias que sobre la eficiencia de las empresas tendría una partición de las empresas en unidades más pequeñas de tal forma que se mantuviese constante su grado de integración vertical y su diversificación de productos. En particular, dividimos por la mitad los vectores de outputs de las cinco empresas diversificadas existentes. Los resultados obtenidos muestran que esta intervención produciría un ahorro equivalente al 2,7% en los costes anuales de explotación totales del sector, independientemente del efecto que esta medida tendría sobre el comportamiento competitivo del mercado.

## Referencias

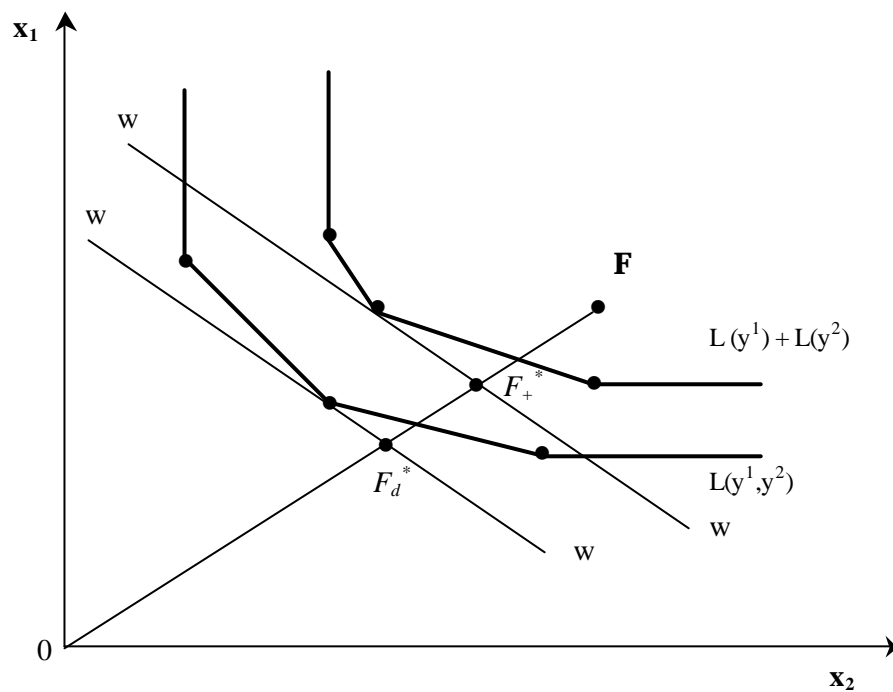
- Arocena P. K-U Khün y P. Regibeau (1999) Regulatory reform in the Spanish electricity industry: a missed opportunity for competition. *Energy Policy* **27**: 387-399
- Baumol W. J.C. Panzar y R. Willig (1982) *Contestable Markets and the Theory of Industry Structure*. San Diego, CA: Harcourt Brace Jovanovich.
- Färe R. (1986) "Addition and Efficiency" *Quarterly Journal of Economics* **51**: 861-865.
- Färe R. S. Grosskopf y C.A.K. Lovell (1994) *Production Frontiers*. Cambridge University Press
- Fernández-Ordóñez, M. (2002) "Los tres problemas del sector eléctrico" *Economistas* **91**: 126-131.
- Ferrier G.D. S. Grosskopf K.J. Hayes y S. Yaisawarng (1993) "Economies of diversification in the banking industry" *Journal of Monetary Economics* **31**: 229-249.
- Gilsdorf K. (1994) "Vertical integration efficiencies and electric utilities: a cost complementarity perspective" *Quarterly Review of Economics and Finance* **34**(3): 261-282.

- Gilsdorf, K. (1995) "Testing for subadditivity of vertically integrated electric utilities" *Southern Economic Journal* **62** (1): 126-138.
- Grosskopf S. Hayes K. Yaisawarng S. (1992) Measuring Economies of Diversification: A Frontier Approach, *Journal of Business & Economic Statistics*, **10** (4): 453-459.
- Hayashi P.M., J.Y. Goo y W.C. Chamberlain (1997) "Vertical economies: the case of US electric utility industry 1983-1987" *Southern Economic Journal* **63** (3): 710-725.
- Jara-Díaz S. J. Ramos-Real y E. Martínez-Budría (2004) Economies of integration in the Spanish electricity industry using a multistage cost function. *Energy Economics* **26**: 995-1013.
- Kaserman D.L. y J.W. Mayo (1991) "The measurement of vertical economies and the efficient structure of the electric utility business" *Journal of Industrial Economics* **39** (5): 483-503.
- Kwoka, J.E. (2002) "Vertical economies in electric power: evidence on integration and its alternatives" *International Journal of Industrial Organization* **20** (5): 653-671.
- Lee B. (1995) "Separability test for the electricity supply industry" *Journal of applied econometrics*, **10**: 49-60.
- Nemoto J. y M. Goto (2004) "Technological externalities and economies of vertical integration in the electric utility industry" *International Journal of Industrial Organization*, **22**(1): 67-81.
- Ocaña C.(2003) "Problemas pendientes en el sector eléctrico" *Economistas* **96**: 103-108
- Ramos-Real, F.J. (2005) "Cost functions and the electric utility industry. A contribution to the debate on deregulation" *Energy Policy* 33(1): 69-87.
- Thompson H.G. (1997) "Cost efficiency in power procurement and delivery service in the electric utility industry" *Land Economics*, **73** (3): 287-296.
- Tulkens H. y P. Vanden Eeckaut (1995) "Non-parametric efficiency, progress and regress measures for panel data: methodological aspects". *European Journal of Operational Research*, **80** (3): 474-499.

**Gráfico 1.** El coste medio según un rayo y las economías de escala multiproducto.



**Gráfico 2.** Representación de la tecnología y medida de la eficiencia.



**Cuadro 1.** Variables descriptivas de las empresas eléctricas (valores medios 1991-1997).

	COSTE (Ptas.)	HIDRO (Gwh)	%	TERMO (Gwh)	%	BT (Gwh)	%	AT (Gwh)	%	CLIENTES	GEN/DIST (%)
Hidrocantábrico	47963	720	9	7002	91	1288	21	4748	79	444809	128
Unión Fenosa	153272	3559	18	16300	82	8584	41	12351	59	2340727	95
Iberdrola	291296	13188	30	30982	70	27790	63	2647	49	7991148	81
Endesa	214549	1486	4	37626	96	0	0	0	0	0	0
Sevillana	97435	1039	8	11149	92	9242	48	10195	52	3368529	63
Fecsa	68911	2036	18	9322	82	7825	53	6908	47	1828987	77
ERZ	14679	697	100	0	0	2046	47	2321	53	634754	16
ENHER	55072	2618	87	400	13	4501	46	5236	54	924965	31
GESA	22062	0	0	3090	100	2145	81	489	19	496757	117
UNELCO	48072	0	0	4250	100	2663	68	1260	32	727823	108
VIESGO	16847	831	32	1730	68	1229	38	2003	62	447002	79
HEC	16014	613	100	0	0	2311	61	1487	39	538498	16
Media A	263558	3730	9	37854	91	5062	50	5167	50	1198981	409
Media B	111613	2701	28	6960	72	10343	52	9686	48	2910076	49
Media DIVERS	115658	4067	24	13067	76	9343	47	10495	53	2610535	86

**Cuadro 2.** Grado de economías de alcance, diversificación y escala por empresa eléctrica (valores medios 1991-1997).

	Alcance			Diversificación			Escala		
	$D^d(y_k^d, c_k^d)$	$D_A^+(y_k^d, c_k^d)$	$SC(y_k^d)$	$D^d(y_k^d, c_k^d)$	$D_B^+(y_k^d, c_k^d)$	$DIV(y_k^d)$	$\epsilon_d$	$\epsilon_{d/2}$	$RSE(y_k^d)$
IBERDROLA	0.912	0.928	0.175	0.912	0.919	0.008	0.941	1	0.059
FECSA	0.957	0.976	0.020	0.957	0.948	-0.009	0.999	1	0.001
HIDRO. CANTÁBRICO	0.883	0.922	0.044	0.883	0.926	0.049	0.947	0.985	0.039
UNIÓN FENOSA	0.697	0.980	0.406	0.697	0.944	0.354	0.857	0.943	0.092
VIESGO	0.946	0.950	0.004	0.946	0.933	-0.014	0.991	0.992	0.001
Empresa media	0.826	0.978	0.184	0.826	1,070	0.295	0.969	0.993	0.024

**Cuadro 3.** Impacto de la partición de empresas sobre los costes de explotación del sector eléctrico español (porcentaje sobre costes totales).

	$SC(y_k^d)$	$DIV(y_k^d)$	$RSE(y_k^d)$
1991	4,5	4,3	-1,3
1992	5,9	5,9	-5,9
1993	5,2	4,2	-4,5
1994	4,3	3,4	-0,7
1995	5,6	4,7	-4,5
1996	3,0	1,6	-0,4
1997	3,7	2,2	-2,3
Media	4,5	3,6	-2,7