

# Economías de escala en el sector eléctrico mexicano

ALEJANDRO  
DÍAZ BAUTISTA

AGUSTÍN ROMERO  
PATIÑO\*

La estructura de los sistemas eléctricos tiene varias fases: a] la de generación, que consiste en la producción de electricidad a partir de energéticos primarios como el gas natural, el combustóleo, materiales para fusión nuclear, el carbón y el potencial hidráulico; b] la transmisión, el medio que se utiliza para transportar la energía desde las plantas de generación hasta los centros de demanda (generación y transmisión son segmentos intensivos en capital); c] la distribución, que consiste en llevar la energía eléctrica a los usuarios finales y comercializarla en redes cada vez más dispersas, hasta llegar a las tomas residenciales o de comercios e industrias (este segmento es el más intensivo en mano de obra), y d] el despacho económico, cuya función es determinar las plantas de generación que aportan energía al sistema interconectado, de manera que la demanda se satisfaga

en cada momento al menor costo posible. La estabilidad del sistema y la minimización de costos requieren la coordinación de actividades entre los productores y entre éstos y las operaciones de transmisión. Las actividades de coordinación, a las que se conoce como *despacho económico*, las realiza un centro de control.

## MONOPOLIO NATURAL

Cuando la industria eléctrica nace, sus diferentes fases pueden ejecutarse por empresas integradas de manera vertical, de propiedad privada o estatal, debido a que los segmentos de generación y transmisión utilizan técnicas intensivas en capital que requieren fuertes inversiones con periodos de maduración de largo plazo. Esta característica, propia de los monopolios naturales, es la justificación más importante para que una sola empresa concentre todas las etapas del ciclo eléctrico. El modelo que tradicionalmente se aplica en el sistema eléctrico es el monopolio vertical: una sola empresa pública o privada goza de la exclusividad en la generación, la transmisión y la distribución.

\* Profesor-investigador del Departamento de Estudios Económicos y coordinador de la Maestría en Economía Aplicada de El Colegio de la Frontera Norte <adiazbau@yahoo.com>, maestro en Economía Aplicada y colaborador de la Secretaría de Economía respectivamente.

Un monopolio natural es una estructura de mercado en la cual hay un vendedor regional único de un determinado bien. Las economías de escala se presentan cuando la ampliación de la escala de producción permite que ésta crezca con más rapidez que los insumos. Es decir, si se incrementan de manera proporcional todos los insumos, la producción se incrementa todavía más, lo que genera costos medios y marginales decrecientes en la industria. La idea es que hay industrias que operan con costos fijos muy elevados y costos variables muy bajos, lo que vuelve decreciente al costo unitario. En consecuencia es más eficiente que una sola empresa abastezca a este mercado en lugar de dos o más empresas al mismo tiempo. En el siglo XX el gobierno le otorgó exclusividad a la mayoría de los llamados *servicios públicos* porque se tiene la idea de que son monopolios naturales. La teoría del monopolio natural afirma que un solo productor será capaz de producir a un costo más bajo que cualquier par de productores, lo que justifica la existencia de un monopolio. El sector eléctrico mexicano tiene una estructura de mercado monopólico desde los años setenta.

En el monopolio no hay curva de oferta en el sentido de que desaparece la relación entre la cantidad y el precio (dos o más precios para un mismo volumen de producción). A largo plazo, el monopolista no necesariamente alcanza la escala óptima, ni utiliza la planta en su punto óptimo; pero es lógico que con la entrada bloqueada puede obtener beneficios extraordinarios también a largo plazo. El monopolista con dos plantas establece los volúmenes producidos mediante la condición de ingreso marginal igual a costo marginal en cada una de las plantas.

La literatura de la organización industrial sostiene que hay un monopolio natural cuando los costos de producción son tales que para los demandantes del mercado es más barato obtener la producción de una empresa que de varias. En esta situación, una sola empresa es óptima de acuerdo con los costos. Los monopolios naturales nacen en industrias con altos costos de capital respecto a los costos variables y al tamaño del mercado, lo que genera grandes barreras de entrada. Dicho de otra manera, se da un monopolio natural cuando los costos de capital son tan altos que para una segunda empresa deja de ser económicamente viable ingresar al mercado y competir. Algunos autores argumentan que un monopolio natural aparece cuando una empresa presenta economías de escala en la industria y el costo medio de producción tien-

---

*Con el crecimiento de la economía mexicana, dada la estructura demográfica de la población, se esperan incrementos muy importantes en la demanda de electricidad. Por ello, incluso en proyecciones moderadas de crecimiento económico para los siguientes años, la demanda de energía eléctrica aumentará cerca de 6% cada año. Ello obligará a incrementar con rapidez la capacidad de generación, así como a modernizar la estructura y ampliar los sistemas de transmisión y distribución*

---

de a disminuir.<sup>1</sup> Se dice que en la producción de un bien hay monopolio natural cuando la función de costos exhibe subaditividad para las cantidades demandadas, es decir, cuando una sola empresa es capaz de producir la cantidad que se demanda del bien en cuestión a un costo menor o igual al que tendría en dos o más empresas.

Para el caso del sector eléctrico se considera que la transmisión y la distribución son monopolios naturales dada su infraestructura y tecnología. Históricamente,

1. Jean Tirole, *Industrial Organization*, MIT Press, 1989.

la transmisión eléctrica se ha considerado un monopolio natural. Las razones se relacionan con las economías de escala que se presentarían en el sector. En efecto, los datos empíricos en los años sesenta y setenta mostraron una disminución en los costos marginales a medida que la capacidad aumentaba. Esto quiere decir que el costo de transmitir un kilovatio extra por una línea disminuye al aumentar la tensión y, por tanto, su capacidad.<sup>2</sup>

Los economistas sostienen que una función de costos es estrictamente subaditiva si el costo de producir el vector de producto en una sola empresa es menor que el costo de producir el mismo vector en una o más empresas con la misma tecnología. Es decir, la función de costos es subaditiva si satisface la condición:

$$C(y_1 + y_2 + \dots + y_k) < C(y_1) + C(y_2) + \dots + C(y_k)$$

donde  $C$  son los costos de la empresa. Una industria es un monopolio natural si la función de costos es estrictamente subaditiva en el rango de cantidades relevantes. De esta forma, el concepto central en la definición de un monopolio natural es el de subaditividad de costos. La teoría de la producción es útil para estudiar las características propias de la actividad eléctrica, pues permite estudiar de manera adecuada las características del suministro eléctrico. Las economías de integración vertical y horizontal pueden tratarse desde esta perspectiva. Algunos autores han elaborado la teoría de la multiproducción, en la cual el grado de economía de escala relaciona las propiedades de la tecnología con la función de costos.<sup>3</sup> El concepto de economías de escala en multiproducción se relaciona con la variación proporcional de todos y cada uno de los productos.

Para producir o generar electricidad se emplean diversas tecnologías. Las principales fuentes son los combustibles fósiles (carbón, gas natural y derivados del petróleo), la energía nuclear y las energías renovables.

La fase de transmisión abarca el sistema de transporte en alta tensión y la coordinación de la capacidad de generación. La distribución tiene como función transportar la energía eléctrica hasta los consumidores, numerosos y dispersos.

El modelo organizativo tradicional supone la extensión de la condición de monopolio natural de unas fases a otras como consecuencia de fuertes economías de integración vertical en el sector. Un número creciente de estudios en la literatura económica propone la desintegración vertical del sector y la introducción de competencia en aquellas actividades de la industria en que sea factible. Estos hechos se inscriben en un entorno de crítica al modelo tradicional de regulación de los monopolios naturales que se han instaurado desde los años ochenta en los países industrializados y en algunos países en desarrollo. El interés se traslada a la eficiencia interna de las empresas reguladas y a la denuncia de las fallas de la normatividad.

Por varios decenios, el Estado ha reglamentado el sistema eléctrico de México mediante la Comisión Federal de Electricidad (CFE), un monopolio natural que en la práctica impedía que dicha industria se desarrollara en condiciones competitivas, lo que implicaba costos de generación superiores a los estándares internacionales. Sin embargo, los cambios en la tecnología y en la densidad del mercado eléctrico ocasionaron que esta industria perdiera en gran medida su característica de monopolio natural. En 1992 se hicieron reformas a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica para abrir la participación de la inversión privada nacional y extranjera en el segmento de generación mediante los modelos de autoabastecimiento, cogeneración y producción independiente. Por su parte, la transmisión y la distribución continuaron en manos del Estado.

La transmisión eléctrica presenta economías de escala.<sup>4</sup> Se puede observar que en términos económicos es más eficiente contar con una sola línea que con dos o más de menor capacidad. De esta forma, en términos de costos resulta más eficiente que haya una empresa encargada de construir y operar una línea, que dos o más empresas en competencia. Ésta es la descripción de monopolio natural, pero la generación eléctrica no presenta el mismo grado de economías de escala. Las siguientes secciones se enfocan en el análisis empírico del grado de las economías de escala en el sector eléctrico en México.

2. Sin embargo, Harold Demsetz de la Universidad de California menciona que no hay evidencia de que al iniciar la normatividad de los servicios públicos hubiera un monopolio natural. Demsetz señala que en Nueva York se organizaron seis empresas eléctricas en 1887, y en Chicago tenían permiso de operación 45 empresas en 1907. En la última parte del siglo XIX, la competencia en la industria del gas era normal en Estados Unidos. Demsetz concluye que se duda de que las economías de escala caracterizaran a las industrias de servicios básicos, como la eléctrica, cuando la reglamentación empezó a remplazar la competencia de mercado. Véase Harold Demsetz, "Why Regulate Utilities?", *Journal of Law and Economics*, abril de 1968.

3. W.J. Baumol, J.C. Panzar y R. Willig, *Contestable Markets and the Theory of Industry Structure*, Harcourt Brace Jovanovich, Nueva York, 1982.

4. Alejandro Díaz Bautista, *Experiencias internacionales en la desregulación eléctrica y el sector eléctrico en México*, El Colegio de la Frontera Norte y Editorial Plaza y Valdés, México, 2005.

## MODELO EMPÍRICO PARA EL SECTOR ELÉCTRICO

Para medir las economías de escala en el sector de generación eléctrica se utilizará un modelo econométrico de corte transversal para calcular la función de costos y el coeficiente de escala. Para definir la función de costo, primero se necesita definir qué tipo de costo se utilizará y la descripción de las tecnologías. Dado que cada planta tiene características propias, no es posible establecer un costo único para aplicarlo de manera indiscriminada a cada tecnología. Las centrales termoeléctricas convencionales pueden utilizar combustóleo o gas natural como fuente energética primaria. El funcionamiento de este tipo de planta parte de un generador de vapor que transforma el poder calorífico del combustible en energía térmica, la cual se aprovecha para llevar el agua a la fase de vapor. Este vapor ya sobrecalentado se conduce a la turbina en la cual su energía cinética se convierte en mecánica, que se transmite al generador para producir energía eléctrica.

La generación de energía eléctrica en las unidades de turbogás se logra al aprovechar de manera directa los alabes de la turbina, la energía cinética que resulta de la expansión de aire y gases de combustión comprimidos y las altas temperaturas. La turbina se acopla al rotor del generador, lo que da lugar a la producción de energía eléctrica. Estas unidades emplean gas natural o diésel como combustible, y en los modelos avanzados se puede quemar combustóleo o petróleo crudo. En una máquina preparada para ello, el cambio de combustible se puede realizar en forma automática en cualquier momento. Este cambio tiene efectos en la potencia y la eficiencia.

Las centrales de ciclo combinado se integran por dos tipos de unidades generadoras: turbogás y vapor. Una vez terminado el ciclo de generación en las unidades de turbogás, los gases desechados poseen un importante contenido energético, el cual se manifiesta en su alta temperatura. Esta energía se utiliza para calentar agua llevándola a la fase de vapor, que se aprovecha para generar energía eléctrica, con un proceso semejante al descrito para las plantas térmicas convencionales. El arreglo general de una planta de ciclo combinado se puede esquematizar de acuerdo con diversas posibilidades. El número de unidades de turbogás por unidad de vapor varía desde uno a uno hasta cuatro a uno. Sin embargo, la relación de las potencias es relativamente invariable en proporción de dos tercios de gas y un tercio de vapor. Una ventaja de este tipo de plantas es la posibi-



lidad de erigirlas en dos etapas. La primera, turbogás, puede terminarse en un plazo breve e iniciar su operación; después se termina la construcción de la unidad de vapor para completar el ciclo combinado. Las unidades de turbogás que operen en ciclo abierto sufren, al integrarse al ciclo combinado, una reducción de potencia. También es posible operar en ciclo abierto una unidad integrada en un ciclo combinado. En estas unidades el cambio de combustible también supone reducciones en la potencia y eficiencia.

La tecnología diésel sigue el principio de los motores de combustión interna: aprovecha la expansión de los gases de combustión para obtener la energía mecánica, que se transforma en energía eléctrica en el generador. En la actualidad, este tipo de motores consume una mezcla de combustóleo y diésel. De acuerdo con la información de los fabricantes de los equipos, las unidades pueden consumir combustóleo puro o mezclado con diésel, dependiendo de la calidad del combustóleo.

Una característica importante de las centrales hidroeléctricas es que no permiten la estandarización, y la heterogeneidad de los proyectos da lugar a gran variedad de diseños, métodos constructivos y tamaños. Como consecuencia, la determinación de un costo unitario de referencia para centrales hidroeléctricas es inoperante, por lo cual se presentan costos de proyectos específicos. En general, el principio del aprovechamiento hidroeléctrico es convertir la energía potencial del agua en energía eléctrica con un mínimo de pérdidas. Para lograrlo se conduce el agua hasta las turbinas procurando obtener

una resistencia hidráulica mínima, y en la turbina de energía cinética se transfiere al generador, donde se transforma en energía eléctrica. El costo del agua como combustible se mide por el uso del agua *turbinada*.

Por otra parte, se distinguen tres elementos del costo unitario de inversión: directo, directo más indirecto y actualizado al inicio de la operación. El costo directo se obtiene de dividir en moneda constante todas las erogaciones correspondientes a la obra entre la capacidad de la central. Este costo refleja el valor de los materiales, equipos y mano de obra incorporados a la central, y mide el costo de inversión en el año. Este concepto se utiliza en la formulación del Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE), en la elaboración de los presupuestos anuales de inversión por proyecto y para las actividades de seguimiento de avance de presupuestos en las obras.

Al añadir el costo directo a los costos originados por estudios previos, administración de proyectos, ingeniería, control y otras actividades relacionadas con la obra, que se realizan en las oficinas centrales y unidades foráneas de la CFE, se obtienen los costos directo e indirecto. El costo actualizado al inicio de la operación resulta de asignar, mediante una tasa de descuento, un valor al tiempo; es decir, se toman en cuenta el plazo de construcción y el cronograma de inversiones. Este concepto incorpora el costo de los intereses devengados durante la construcción de la obra.

La decisión de construir una central generadora compromete recursos durante la vida útil de la instalación. Esto significa que para lograr una selección de proyectos adecuada se debe considerar el flujo monetario que cada tecnología implica, desde el inicio de su construcción hasta que se le retira. Durante el periodo de operación, uno de los componentes más importantes del flujo es el costo por concepto de combustible.

Para comparar de manera adecuada las tecnologías de generación, se deben incluir las expectativas de evolución de los precios de los combustibles, distinguiendo los cambios estructurales de los coyunturales. El precio del combustible refleja el valor imputado a los recursos energéticos necesarios para obtener, por medio de las diversas tecnologías, un kilovatio neto generado.

El precio de referencia utilizado en el estudio para el combustóleo corresponde al precio de venta promedio para centrales eléctricas en Estados Unidos; el precio de referencia del gas se obtiene a partir del precio de venta promedio para centrales eléctricas en ese país; el precio del diésel que se utiliza en el análisis corresponde

al precio de venta promedio para industriales en el mismo país.<sup>5</sup> El costo del vapor geotérmico considera un cargo inicial que comprende las instalaciones en el campo, exploración y perforación de pozos productores e inyectores necesarios para iniciar la operación comercial. Además, durante la vida de la central se generan costos por los remplazos de pozos e instalaciones superficiales, así como por la operación y el mantenimiento del campo geotérmico.

Para las centrales hidroeléctricas, el costo de combustible considera la cuota por derechos del agua turbinada que establece la Ley Federal de Derechos. Esta cuota depende de la disponibilidad de la localización de la central.

El costo de operación y mantenimiento por kilovatio/hora neto generado considera dos componentes, uno fijo y otro variable. Son costos fijos aquellos que se presentan con independencia de la operación de la planta y por tanto no se relacionan directamente con la energía generada; en este renglón se incluyen sobre todo los costos relativos al pago de la mano de obra, como salarios, prestaciones y seguro social. Son costos variables los que guardan una relación directa con la generación de energía eléctrica, como los materiales, servicios de terceros y gastos generales.

El modelo econométrico para la medición de las economías de escala en el sector eléctrico se basa en un modelo seminal elaborado por Nerlove para el sector eléctrico de Estados Unidos.<sup>6</sup> Sin embargo, en lugar de utilizar una función de costos del tipo de Cobb Douglas, como lo hace Nerlove, se utiliza una función de costos translog. Con dicho modelo se calculará la función de costos translog y así se obtiene el coeficiente de escala, que es la elasticidad del costo respecto al producto. La forma de la función de costos translog se representa de la siguiente manera:

$$\ln C = \alpha_0 + \alpha_Y \ln Y + \frac{1}{2} \gamma_{YY} (\ln Y)^2 + \sum_i \alpha_i \ln P_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln P_i \ln P_j + \sum_i \gamma_{Yi} \ln Y \ln P_i$$

5. Electric Power Research Institute (EPRI), *Technical Assessment Guide-Electricity Supply*, EPRI-6587-I, EPRI, Palo Alto, California, 1989.

6. Marc Nerlove, "Returns to Scale in Electricity Supply", en C. Christ (comp.), *Measurement in Economics: Studies in Mathematical Economics in Memory of Yehuda Grunfeld*, Stanford University Press, 1963.

donde  $Y_{ij} = Y_{ji}$ ,  $c$  es el costo total,  $Y$  es el producto y los  $P_i$  son los precios de los insumos. Por tanto, las economías de escala (SCE) se determinan de la siguiente forma:

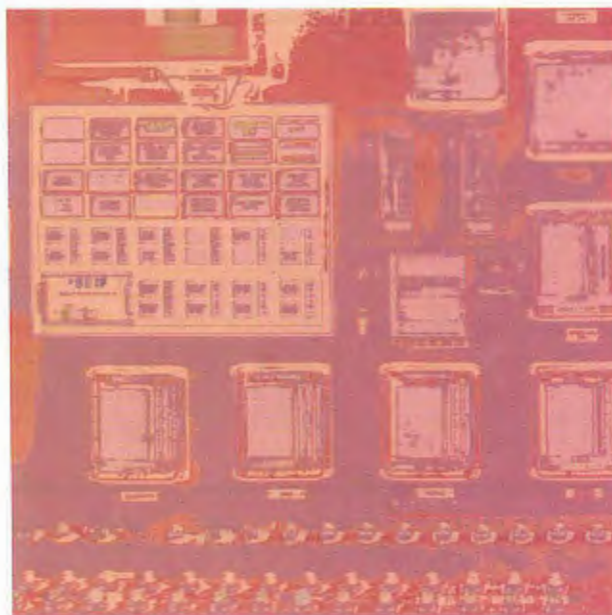
$$SCE = 1 - \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Y}$$

Así es como se representan las economías de escala; la unidad menos el coeficiente de escala es la elasticidad del costo respecto al producto. Si esto muestra números positivos, las economías de escala son positivas, y si muestra números negativos se tiene evidencia de que hay deseconomías de escala en el sector. El modelo econométrico, que es de corte transversal con 96 observaciones, se realiza con la información de los censos económicos de 1988, 1993 y 1998. El modelo contiene las siguientes variables: el costo total como variable dependiente, el costo de capital, el costo de operación y de mano de obra, y la cantidad total de producción. El costo total se considera en el censo como gastos derivados y no derivados de la actividad; el costo de capital, como los activos fijos netos; el costo de operación y de mano de obra, como las remuneraciones al personal ocupado, y la cantidad total de producción como la producción bruta total.

Este modelo se calculará por el método de máxima verosimilitud (MV) comparando los resultados con los de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y con datos de panel (DP). Se obtendrán los cálculos por estos tres métodos y se analizará cada uno.

## RESULTADOS DEL MODELO EMPÍRICO PARA EL SECTOR ELÉCTRICO

Los resultados del modelo econométrico para el sector eléctrico se muestran en los cuadros 1, 2 y 3. Por el método de MCO hay deseconomías de escala para el sector eléctrico en 1988. Como se mencionó, las economías de escala se representan como la unidad menos la elasticidad del costo total con respecto a la producción total. En el cálculo del cuadro 1 se muestra que el valor de las economías de escala (SCE) es de  $-0.343082$ , y este resultado negativo indica que hay deseconomías de escala en el sector. Ello se explica porque hay dos grandes empresas que concentran la producción total del sector eléctrico, lo cual da como resultado una  $R^2$  bastante elevada. Según el primer estudio de medición de economías de escala para el sector eléctrico realizado por Nerlove, la  $R^2$  de este estudio dio un valor de 0.926. En ese estudio se explica que el valor de la  $R^2$  es elevado porque había



grandes empresas que concentraban casi la totalidad de la producción y los costos en el sector eléctrico.

En el caso del cálculo por el método de MV, se observa que para 1988 el valor SCE es de  $-0.343085$ , y el resultado negativo indica deseconomías de escala en el sector eléctrico. La medición de las economías de escala por los métodos de MCO y MV es muy similar, y no se generaron economías de escala en el sector eléctrico en 1988.

Para 1993 el método de MCO dio como resultado la presencia de economías de escala en el sector eléctrico. El valor de SCE de 0.583935 indica que para 1993 el sector eléctrico presenta economías de escala; la  $R^2$  para este año fue de 0.891204. El cálculo por el método de MV para 1993 dio un resultado SCE de 0.583927, que es casi igual al del método de MCO. Se puede afirmar que ese año hubo economías de escala en el sector eléctrico.

En 1998, el resultado de la medición de las economías de escala por el método de MCO indica que hay deseconomías de escala con un valor SCE de  $-0.708876$  y una  $R^2$  de 0.917592. El cálculo de las SCE por el método de MV mostró que para 1998 había deseconomías de escala para el sector eléctrico; el valor de SCE resultó de  $-0.708876$ , igual que el del método de MCO.

En el cuadro 3 se muestra un cálculo por el método SUR (Seemingly Unrelated Regression) de datos de panel con el fin de analizar el comportamiento global del sector eléctrico en los tres periodos de estudio. Los resultados indican que en un nivel global de 1988 a 1998 hay deseconomías de escala en el sector eléctrico, con un valor SCE de  $-0.280101$  y con una  $R^2$  de 0.901662.

**MÉXICO: CÁLCULO DE ECONOMÍAS DE ESCALA CON CORTE TRANSVERSAL EN EL SECTOR ELÉCTRICO, 1988**  
(VARIABLE DEPENDIENTE: COSTO TOTAL)

<b>Mínimos cuadrados ordinarios</b>	<i>Coefficiente</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Valor de p</i>		<i>Coefficiente</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Valor de p</i>
Producción total	1.3430	9.161310	0.0000	Constante	-10.09158	-2.798390	0.0090
Costos de capital	1.0640	1.000400	0.3176	R <sup>2</sup>		0.892233	
Costos de operación	1.4469	3.499317	0.0015	Economías de escala		-0.343082	
<b>Máxima verosimilitud</b>	<i>Coefficiente</i>	<i>Estadístico z</i>	<i>Valor de p</i>		<i>Coefficiente</i>	<i>Estadístico z</i>	<i>Valor de p</i>
Producción total	1.343085	9.391283	0.0000	Constante	-10.091587	-2.884700	0.0022
Costos de capital	1.054720	1.008500	0.3248	Logaritmo de verosimilitud		-63.191130	
Costos de operación	1.446959	3.584323	0.0008	Economías de escala		-0.343085	

**MÉXICO: CÁLCULO DE ECONOMÍAS DE ESCALA CON CORTE TRANSVERSAL EN EL SECTOR ELÉCTRICO, 1993**  
(VARIABLE DEPENDIENTE: COSTO TOTAL)

<b>Mínimos cuadrados ordinarios</b>	<i>Coefficiente</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Valor de p</i>		<i>Coefficiente</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Valor de p</i>
Producción total	0.583935	3.996314	0.0004	Constante	-4.933075	-2.518130	0.0176
Costos de capital	1.025690	1.004598	0.3495	R <sup>2</sup>		0.891204	
Costos de operación	1.845079	7.968767	0.0000	Economías de escala		0.583935	
<b>Máxima verosimilitud</b>	<i>Coefficiente</i>	<i>Estadístico z</i>	<i>Valor de p</i>		<i>Coefficiente</i>	<i>Estadístico z</i>	<i>Valor de p</i>
Producción total	0.583927	4.242778	0.0000	Constante	-4.933019	-3.240280	0.0012
Costos de capital	1.067439	1.043480	0.2768	Logaritmo de verosimilitud		-37.976440	
Costos de operación	1.845084	13.81654	0.0000	Economías de escala		0.583927	

**MÉXICO: CÁLCULO DE ECONOMÍAS DE ESCALA CON CORTE TRANSVERSAL EN EL SECTOR ELÉCTRICO, 1998**  
(VARIABLE DEPENDIENTE: COSTO TOTAL)

<b>Mínimos cuadrados ordinarios</b>	<i>Coefficiente</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Valor de p</i>		<i>Coefficiente</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Valor de p</i>
Producción total	1.708876	8.171519	0.0000	Constante	-5.702366	-2.684170	0.0119
Costos de capital	0.505883	2.242065	0.0328	R <sup>2</sup>		0.911162	
Costos de operación	1.826749	1.003493	0.3245	Economías de escala		-0.708876	
<b>Máxima verosimilitud</b>	<i>Coefficiente</i>	<i>Estadístico z</i>	<i>Valor de p</i>		<i>Coefficiente</i>	<i>Estadístico z</i>	<i>Valor de p</i>
Producción total	1.708876	8.344169	0.0000	Constante	-5.702367	-2.796430	0.0052
Costos de capital	0.505884	2.482318	0.0131	Logaritmo de verosimilitud		-32.303350	
Costos de operación	1.702569	1.005638	0.3022	Economías de escala		-0.708876	

<b>Cálculo de economías de escala con el método SUR con datos de panel (DP) y efectos fijos para 1988-1998</b>							
	<i>Coefficiente</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Valor de p</i>		<i>Coefficiente</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Valor de p</i>
Producción total	1.280101	12.686180	0.0000	Constante	-4.062768	-3.068840	0.0028
Costos de capital	0.347875	2.668116	0.0090	R <sup>2</sup>		0.901662	
Costos de operación	0.580972	4.007378	0.0001	Economías de escala		-0.280101	

## CONCLUSIONES

Un monopolio natural tiene lugar cuando las economías de escala son de tal magnitud que una empresa única es capaz de satisfacer toda la demanda de forma más eficiente que un grupo de empresas en competencia. Los resultados muestran que en escala global hay diseconomías de escala en el sector eléctrico de 1988 a 1998.

De acuerdo con la teoría del monopolio natural, la competencia no puede subsistir en la industria de energía eléctrica. Pero los resultados contradicen la teoría en el periodo de estudio (de 1998 a 1998). Sólo en 1993 hay evidencia de economías de escala en el sector eléctrico mexicano.

Los resultados muestran que puede haber otros esquemas de estructura de mercado además de la de monopolio natural en el sector eléctrico. La competencia ha subsistido por decenios en muchas ciudades, estados y regiones en Estados Unidos. En aquellas regiones donde la competencia es directa en la industria eléctrica, hay una vieja rivalidad también directa entre dos empresas, por más de 80 años en algunas ciudades y estados. Se observa que los clientes obtienen grandes beneficios de la competencia, en comparación con clientes de ciudades y estados donde hay monopolios del servicio eléctrico. Se ha observado que en Estados Unidos, al contrario de lo que dice la teoría del monopolio natural, los costos pueden ser menores donde hay dos empresas en operación.

Los beneficios potenciales para la economía mexicana provenientes de una reforma eléctrica son enormes. La red eléctrica nacional se mantiene, casi en su totalidad, de casi 30 grandes centrales. Sin embargo, en numerosos países está ocurriendo un proceso de reducción del tamaño de las plantas generadoras de electricidad, empujado por la disponibilidad de nuevas tecnologías y la necesidad de reducir la vulnerabilidad que representa la concentración de capacidad de generación en un solo lugar. Estas plantas pequeñas se encuentran más cerca de los consumidores finales (incluso en sus propias instalaciones o casas) y permiten, en muchos casos, mayor eficiencia a menores costos. En particular, en diferentes industrias que utilizan calor para sus procesos, es posible generar de manera simultánea electricidad (para sí mismas o para la red eléctrica) por medio de los sistemas de cogeneración, con lo cual mejora mucho la utilización de los recursos energéticos. La cogeneración es la producción secuencial de energía térmica y eléctrica a partir de una fuente primaria de energía, ligada a un

proceso industrial, comercial o de servicios. La eficiencia en el aprovechamiento de la energía primaria de estos sistemas debe de ser superior a la de una central eléctrica de ciclo combinado convencional. De acuerdo con la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae), el potencial de cogeneración en los sectores industrial y comercial en México oscila entre 7 000 y 14 000 megavatios. La generación distribuida de electricidad, que permite aprovechar las fuentes renovables o utilizar con la mayor eficiencia posible los combustibles fósiles, está tomando fuerza en los sistemas eléctricos globales y no puede dejarse de lado en la formulación de una verdadera reforma del sistema eléctrico mexicano.

En una verdadera reforma del sistema eléctrico mexicano debe aumentar la participación privada en el sector mediante cambios que fortalezcan la certeza jurídica y disminuyan los riesgos para los inversionistas. Una mayor participación privada permitirá liberar recursos que en la actualidad se dirigen a este sector para destinarlos a gasto social. De igual manera, se debe otorgar un mayor grado de autonomía a la CFE, que ahora podrá actuar como una empresa de mercado y tomar mejores decisiones para el sector.

Una reforma del sistema eléctrico mexicano tendrá un efecto positivo en la tasa de crecimiento de la economía (gracias al aumento de la inversión), lo que redundará al final en mayor número de empleos. Desde hace 50 años, la demanda de electricidad registra un crecimiento anual superior al del producto interno bruto. La experiencia internacional muestra que la participación de la electricidad en el balance de la energía aumenta en cada etapa de desarrollo. Con el crecimiento de la economía mexicana, dada la estructura demográfica de la población, se esperan incrementos muy importantes en la demanda de electricidad. Por ello, incluso en proyecciones moderadas de crecimiento económico para los siguientes años, la demanda de energía eléctrica aumentará cerca de 6% cada año. Ello obligará a incrementar con rapidez la capacidad de generación, así como a modernizar la estructura y ampliar los sistemas de transmisión y distribución.

En la industria eléctrica mundial, al igual que en otras industrias, el concepto de monopolio natural mediante las economías de escala se está derrumbando. La energía eléctrica, televisión por cable, servicios telefónicos, nuevos servicios en internet y correo electrónico se están desreglamentando en todo el mundo, sea *de jure* o *de facto*, debido a los acelerados cambios tecnológicos que repercuten en menores costos de producción. ◀CE