

**PROPUESTA PRESENTADA PARA EL  
CONCURSO DE PROYECTOS BREVES**

**CONCURSO DE INVESTIGACIÓN ACDI – IDRC 2005**

**Título**

Poder de mercado en el mercado de generación eléctrico peruano: Mecanismos de monitoreo y mitigación, y opciones de política.

**Centro**

Macroconsult

**Autores**

Elías Alcalá Pillaca - Macroconsult  
Ara Ausejo García – U. Pacífico

## OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

La crisis eléctrica ocurrida durante el año 2004, reveló una serie de defectos y fallas en el diseño de mercado. Alcalá y Ausejo<sup>1</sup> (2004) hacen una descripción detallada sobre los principales problemas que se revelaron durante la crisis. Entre estos problemas se mencionan que las causas coyunturales de la crisis fueron la sequía ocurrida durante el año pasado y los elevados precios de los combustibles como sustituto de la generación hidráulica, tal es así que el precio spot de la energía eléctrica durante el periodo seco llegó en promedio a cerca de 400 nuevos soles por Mega Watt - hora, tomando en cuenta que el precio promedio durante el periodo húmedo registrado fue en promedio de 40 nuevos soles Mega Watt - hora en el mismo año<sup>2</sup>. La alta volatilidad observada en el precio spot tiene explicaciones estructurales en diversos problemas mencionados por el regulador y su implicancia es importante como señal de mercado para un posterior análisis de competencia en el corto y mediano plazo. Al respecto, Gallardo y García<sup>3</sup> (2004) mencionan que ha existido una negativa de las generadoras a renovar contratos con las empresas distribuidoras desde hace tres años, además que ha existido un incremento mucho mayor al esperado de la demanda de electricidad. Por otra parte Távara, Gallardo y García<sup>4</sup> (2005) mencionan que otro factor estructural en la crisis ha sido una demora en los compromisos de inversión declarados que afectó seriamente las estimaciones tarifarias para los 48 meses de vigencia de la tarifa, según lo estipulado por la Ley de Concesiones Eléctricas. Ellos mencionan adicionalmente que el diseño de mercado es relevante, pues de ello deriva la forma en que se pueden establecer estrategias de maximización de beneficios por parte de los agentes participantes.

Notamos entonces que, si bien existen razones estructurales para la crisis, existieron ciertos vacíos legales que permitieron ciertas conductas no esperadas por el regulador. Cayo<sup>5</sup> (2005) menciona que si bien existió una obligación de las distribuidoras a contratar con las generadoras, dicha obligación no era recíproca por parte de las generadoras. Por otra parte, la forma en que está organizado el COES, no permitía la representatividad de los agentes participantes en el sistema, dando posibilidad a que existan acuerdos favorables para los generadores y transmisores en las decisiones de operación física y económica del sistema. El Anteproyecto de Ley de Reforma del mercado eléctrico menciona implícitamente que no existían límites de capacidad de generación, lo que representa que las empresas pueden decidir el monto a producir y a contratar sin control alguno. Al respecto Alcalá y Ausejo<sup>6</sup> (2004) muestran que ha existido una tendencia a descremar el mercado, poniendo mayor énfasis en los clientes libres en el mix de ventas de las generadoras privadas. La intervención de la empresa de generación eléctrica estatal Electro Perú

---

<sup>1</sup> Alcalá, Elías y Ara Ausejo (2004) ¿Es conveniente un mecanismo de cobertura de riesgos en el corto plazo para el mercado de generación eléctrica de Perú?: Un análisis del mercado eléctrico 1998 – 2003. Trabajo de Investigación del Seminario de Investigación Económica. Universidad Del Pacífico. Peru.

<sup>2</sup> Desde Agosto del 2001 hasta Agosto del 2004 la volatilidad de los precios llegó a precios extremos desde 0.76 céntimos de nuevo sol por Megawatt Hora hasta 695.31 nuevos soles por Megawatt - Hora, con un precio promedio de 145.31 nuevos soles por Megawatt – Hora durante el periodo citado. Fuente: Alcalá y Ausejo (2004) y COES (SICOES).

<sup>3</sup> Gallardo, José, Raúl García y Raúl Pérez Reyes (2004) “Determinantes de la Inversión en el Sector Eléctrico Peruano”, Documento de Trabajo No2. Oficina de Estudios Económicos – OSINERG. Mimeo. Peru.

<sup>4</sup> Gallardo, José; José Távara y Raúl García (2005) “Instituciones y Diseño de Mercado en el Sector Eléctrico Peruano: Análisis de la Inversión desde el enfoque de la economía institucional”. Informe Preliminar Proyecto Mediano del Consorcio de Investigación Económica y Social. CIES -PUCP. Lima. Mayo 2005.

<sup>5</sup> Cayo, Juan Miguel (2005) “Libro Blanco para la Reforma del Mercado de Generación Eléctrica Peruano”. Exposición realizada para el Foro Internacional “Competencia y Regulación en el Sector Eléctrico Regional: Intercambio de experiencias regionales”. Organizado por OSINERG - GART y CIER – PECIER. Lima. Julio 2005.

<sup>6</sup> Ibid.

en el despacho de las empresas distribuidoras ha sido una salida muy controversial frente a la problemática de contrataciones, ocasionando una pérdida estimada de 40 millones de dólares en subsidios directos por parte del Ministerio de Economía y Finanzas y una pérdida mayor en el mercado de contratos aún no estimada. Cayo<sup>7</sup> (2005) menciona que la solución de la crisis fue la mejor posible para las circunstancias y que en el caso Chileno, cuya crisis es la más parecida a la de nuestro país, la no intervención del estado produjo un problema de racionamiento el cual trajo como consecuencia posterior un retroceso en el avance de las reformas logradas en ese país. Al respecto, Díaz, Galletovic y Soto<sup>8</sup> (2000) mencionan que el problema de fondo en la crisis chilena ocurrió debido a un comportamiento de Riesgo Moral por parte de las empresas generadoras en la utilización de los recursos hídricos y una inadecuada valorización del precio spot en el mercado de saldos. La posterior aparición de la Ley Eléctrica Corta<sup>9</sup> (2005) significó un retroceso en la competencia en el sector dado que existe un mayor control en la cotización de los precios nodales. En el Perú, la discusión de la reforma apunta a reflejar los cambios en los precios marginales hacia los consumidores finales e introducir mecanismos de competencia en el sector de generación a través de la incorporación de un mercado en el corto plazo (“Day Ahead Market”) y de mecanismos complementarios estipulados en el Anteproyecto de Reforma de la Ley Eléctrica. Al respecto, cabe mencionar que la consultoría realizada por Ohren y Spiller<sup>10</sup> (2003) para la reforma del Mercado Eléctrico Peruano ha dado como resultado que los precios deberían sean libres, con un diseño de mercado altamente desregulado (similar al mercado eléctrico de Pensilvania, New York y New Jersey – PJM), el cual reflejaría las señales de escasez relativa de recursos y optimizaría los mismos en beneficio de la sociedad.

Las características descritas en la crisis eléctrica peruana nos dan un indicio sobre la existencia de un comportamiento estratégico por parte de las empresas generadoras las cuales han aprovechado los vacíos en la regulación para maximizar beneficios<sup>11</sup>. La existencia de este indicio pone en el tapete la pregunta sobre cuán competitivo es el mercado eléctrico peruano y qué tan vulnerable es a dicho comportamiento estratégico a través de prácticas de poder de mercado. De la experiencia Chilena notamos que la solución de mercado a la crisis eléctrica trae consecuencias adversas para la competencia en el sector, lo que implica que la intervención de la empresa del estado Electro Perú fue acertada a pesar de todo, pero no se ha profundizado en determinar si ha existido un abuso del poder de mercado por parte de las empresas generadoras privadas mediante estrategias de restricción de energía contratada. Si bien las soluciones de mercado en el corto y mediano plazo han sido estudiadas por Alcalá y Ausejo<sup>12</sup> (2004) queda pendiente la pregunta de saber qué grado de competencia ha existido en el mercado durante los últimos años. De La Cruz y García<sup>13</sup> (2002) hacen una primera aproximación del estudio de

---

<sup>7</sup> Ibid.

<sup>8</sup> Díaz, Carlos y Alexander Galletovic y Raimundo Soto (2000) “La Crisis Eléctrica de 1998 – 1999: Causas, Consecuencias y Lecciones” Working Paper Series. Facultad de Economía - Universidad Alberto Hurtado ILADES – Georgetown University Working Papers. Santiago. Chile.

<sup>9</sup> Ley 19.940 “Ley Eléctrica Corta”. Comisión Nacional de Energía de Chile: [www.cne.cl](http://www.cne.cl)

<sup>10</sup> Spiller, P.; S. Oren; M. Abdalá y G. Tamayo (2004). “Revisión del Marco Regulatorio del Sector Eléctrico Peruano”. Estudio de Consultoría encargado por OSINERG. Mimeo. Lima.

<sup>11</sup> Mencionado en Távora, Gallardo y García (2005). Por otra parte Hogan (2002) menciona que un comportamiento estratégico que refleje precios de manera “irracional e injustificable” es sinónimo de poder de mercado el cual tiene que ser sancionado.

<sup>12</sup> Ibid.

<sup>13</sup> De la Cruz, Ricardo y García, Raúl (2003). “Mecanismos de Competencia en Generación de Energía y su impacto en la Eficiencia: El caso peruano”. En Proyectos Breves del Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES).

mecanismos de competencia en el sector generación mediante una aproximación de un equilibrio de Cournot, cuyas conclusiones indicaron que sí existía un cierto grado de competencia en el sector. Pero de esa fecha a la actualidad, han existido problemas que han puesto en duda la existencia de un grado de competencia efectiva, y ello trae como consecuencia que el presente trabajo comience con una discusión acerca del tema de la posibilidad de poder de mercado en el sector de generación eléctrica peruano.

En el país se está introduciendo una reforma de segunda generación que está tocando de manera tangencial este tema y no se ha elaborado un estudio sobre el comportamiento de las empresas del sector. Autores como Hogan<sup>14</sup> (2002) y Stoff<sup>15</sup> (2001) mencionan que el mejor momento para poder establecer Mecanismos de Monitoreo y Mitigación del Poder de Mercado se dan justo cuando inicia dicha reforma, pero para poder entender cuales son los mejores mecanismos, hay que realizar un estudio del problema y mencionar las opciones de política existentes en la literatura internacional. Tenemos entonces que el problema del estudio de poder de mercado es relevante para el presente documento pues primero, se estudia el grado de competencia que existe en el sector (si hay poder de mercado), segundo, se determina con mayor precisión si la alta volatilidad de los precios estuvieron ligadas a las causas estructurales - coyunturales de la crisis y por ende si la intervención del estado en una crisis fue necesaria, tercero, se determinan los instrumentos utilizables para el monitoreo o mitigación del problema y cuarto, se pueden determinar opciones de política para la reforma en lo que respecta al mercado de corto plazo y a la flexibilización de los precios.

A fin de poder dar un mayor orden al tema que vamos a presentar, exponemos el siguiente índice:

#### Poder de Mercado en el mercado de generación eléctrico peruano

- a.- Introducción
  - a.1. Definición
  - a.2. Literatura Teórica
  - a.3. El Caso Peruano
- b.- Experiencia Internacional
  - b.1. Mecanismos de Control (intervención) de Poder de Mercado.
  - b.2. Casos de Poder de Mercado
  - b.3. Políticas de Monitoreo y Mitigación
- c.- Metodologías
  - c.1. Definiciones
  - c.2. Estilización de Hechos
  - c.2. Procesos de modelación.
  - c.3. Aplicación
- d.1. Resultados
- e.- Conclusiones y recomendaciones de política.

---

<sup>14</sup> Hogan, William (2002) "Market Power And Electricity Competition". Working Paper presentado en el 50th Annual Antitrust Law Spring Meeting. American Bar Association. Washington, DC. Disponible en [www.hogan.com](http://www.hogan.com).

<sup>15</sup> Stoff, Steven (2001) "Power System Economics: Designing Markets for Electricity". IEEE Press

## MARCO TEORICO

Smeers (2005) menciona que el poder de mercado se presenta principalmente a nivel de generación, pero existen interacciones con otros mercados como la transmisión, el mercado de reservas, los servicios complementarios, el mercado de contratos y el mercado spot, los cuales se deben analizar previamente para determinar la naturaleza y el impacto potencial del problema en el mercado y los mecanismos adecuados. Para poder lograr esto, primero se hará una revisión de los mecanismos de monitoreo y mitigación a nivel internacional<sup>16</sup>. En segundo lugar, se presentarán las estadísticas más representativas del mercado eléctrico peruano que comprometen un potencial uso de poder de mercado, en consecuencia con el primer punto de la investigación. En tercer lugar se procederá al modelado de poder de mercado a través de los tres siguientes modelos que sustentan a nivel teórico el propósito del estudio:

1. *Simulación por el Modelo de Cournot*: esta metodología es la que presenta mayor adaptabilidad de las formas funcionales del mercado ante los diferentes diseños y diferentes tecnologías utilizadas, y permite predecir el impacto de políticas de mitigación sobre la industria regulada<sup>17</sup>. Este modelo fue introducido a los mercados eléctricos por Borenstein, Bushnell, Kahn y Stoft (1996) y luego extendido por muchos otros autores<sup>18</sup>. El modelo utiliza la teoría de juegos el cual se puede simular mediante diversas técnicas dando como resultado un precio de equilibrio competitivo comparable con el precio actual de mercado. Para ello, se modela el mercado en una estructura oligopólica en que existe una demanda residual y una franja competitiva, las cuales, enfrentan una demanda de mercado que puede tener diferentes grados de elasticidad. Mientras mayor elasticidad precio de la demanda exista, más competitivo es el precio simulado en el mercado. Esto sirve de mucho para determinar el grado de competencia existente en el mercado y así poder focalizar los puntos en el que se pueden aplicar políticas de monitoreo y mitigación.

2. *Simulación por la Función de Equilibrio de Oferta (FSE)*: esta metodología de simulación computacional es la más usada a nivel internacional para medir el poder de mercado y establece que las empresas, en lugar de establecer una competencia a lo Cournot, deciden competir en el mercado a través de sus respectivas curvas de oferta, las cuales le permiten maximizar sus beneficios. Esta técnica fue introducida a la literatura económica por Klemperer y Meyer (1989) y fue aplicada a los diferentes tipos de mercados eléctricos por Green y Newbery (1992, 1996), entre otros muchos autores<sup>19</sup>. Este método de competencia se define en términos de un juego realizado entre los ofertantes los cuales utilizan una estrategia de restricción

---

<sup>16</sup> Nos basaremos en una revisión exhaustiva de Hogan (2002), Stoft (2001), Le Coq (2002), Forsund (2003), Wolak (2004), Amudsen (2004), Green (2005) Smeers (2005), y las ordenanzas de los diferentes entes reguladores más representativos a nivel internacional y la bibliografía sugerida en las principales páginas web referentes al tema (UCEI, HEPG Harvard, MIT CEPR, SESA, entre otras)

<sup>17</sup> Una amplia reflexión al respecto de este modelo, como patrón de funcionamiento de los mercados en competencia imperfecta se puede encontrar en Daughety, A.F. (1998) "Cournot Oligopoly". Cambridge University Press. Cambridge.

<sup>18</sup> Recientemente por Villar (2002) y Arellano (2004) han aplicado esta metodología para el caso Chileno. Ellos y Ventosa, Rivier y Ramos (2004) mencionan que entre los principales trabajos respecto a esta metodología están los trabajos de Anderson y Bergman (1995), Scott y Read (1996) Hogan (1997) Oren (1997), Borenstein (1998) Hobbs, Metzler y Pang (1998) Bushnell (1998) Borenstein, Bushnell y Knitel (1999) Hobbs (1999) Wei y Smeers (1999) Harvey y Hogan (2000), Wolak (2000) y para Latinoamérica por Ramos, Ventosa y Rivier (1998, 2001) Otero-Novas, Meseguer Batlle y Alba (1998, 1999, 2000), Kelman, Barroso y Pereira (2000), Barquin, Garcia-Gonzales y Román (2000).

<sup>19</sup> Ventosa, Rivier y Ramos (2004) mencionan que entre los principales trabajos respecto a esta metodología están los trabajos de Von der Fehr y Harbord (1993), Halseth (1998), Rudkevich, Duckworth y Rosen (1998) Day y Bunn, (2001) Baldick y Hogan (2001) Rudkevich (2003) y recientemente por Castillo y Barquín (2000) para el caso español.

de su capacidad de generación y determinan sus precios ante una demanda incierta<sup>20</sup>. La principal ventaja de este método es que estima mejor el poder de mercado que un modelo de Cournot ya que tiende a subestimar los precios competitivos y por ende, induce a determinar poder de mercado en escenarios que realmente no puede haberlos<sup>21</sup>. Entre sus principales desventajas es que su enfoque probabilístico sigue teniendo mayor valor teórico que práctico debido a que se pueden obtener múltiples soluciones que verifican las condiciones de equilibrio en las funciones de oferta<sup>22</sup>. Es por ello que nos valdremos del estudio de Gallardo, Bendezú y Coronado (2004)<sup>23</sup> sobre la estimación de la demanda agregada de electricidad como fuente de referencia, a fin de aproximar la simulación FSE a resultados más concretos.

*3. Estimación Econométrica:* la estimación econométrica del poder de mercado es una técnica muy usada y su razonamiento es simple: identificar una función de oferta y de demanda en un sistema de ecuaciones simultáneas estimadas por el método de cointegración (utilizando un modelo Auto regresivo de Rezagos Distribuidos ARDL) al cual se puede utilizar adicionalmente la técnica de Mínimos Cuadrados en Dos Etapas (MC2E) en caso que el sistema no esté identificado. Este modelo es una extensión a los mercados eléctricos del modelo de identificación de Poder de Mercado de Bresnahan – Lu (Bresnahan 1982, Lu 1982) y fue aplicado por primera vez por Borenstein et, al (1999) en California y por Wolfram (1999) para el mercado británico<sup>24</sup>. En el Perú, esta metodología ha sido utilizada por Gallardo, Bendezú y Coronado (2004) para estimar la demanda agregada, mas su uso potencial para estimar el poder de mercado no ha sido tocado debido a que no era un objetivo del documento. Este método es el más directo al estimar la elasticidad precio de la demanda, el grado de concentración y el índice de poder de mercado como variables dentro del sistema. Para el caso peruano, nos valdremos de la estimación de Hjalmarsson (2000) tomando en cuenta los trabajos realizados anteriormente en otros mercados.

Un vez estimados y analizados estos modelos, se procederá finalmente a establecer conclusiones de Política de Monitoreo y Mitigación de Poder de Mercado. Las fuentes de información para estas metodologías serán obtenidos de los reportes mensuales, diarios y horarios que presentan las siguientes instituciones: OSINERG-GART, COES, MEM y la SBS. Las regulaciones tarifarias, los boletines y los anuarios de OSINERG dan un importante material para simulación así como las estadísticas públicas sobre capacidad de las generadoras y la programación física del sistema del Modelo PERSEO y de las estadísticas sobre costos y despacho del sistema de información del COES (SICOES).

---

<sup>20</sup> Para Stoft (2002) este método refleja mejor el comportamiento de las empresas en un pool ya que las empresas solo pueden ver su respectiva demanda residual y deciden ofrecer sus curvas de oferta independientemente de la elasticidad de demanda del mercado. Si la demanda es elástica, la curva de oferta de la industria se adaptara para obtener mayores beneficios, de lo contrario, se elegirán estrategias para competir por el mercado ante la insensibilidad de precios.

<sup>21</sup> Las estrategias de Cournot son diferentes de acuerdo a los diferentes niveles de demanda y en el momento en que se realizan las ofertas en el mercado spot, no se conoce el nivel de demanda efectiva. Por otra parte, la estimación de precios competitivos asume una alta elasticidad de demanda para todo el mercado el cual es un supuesto muy discutible dado que los precios competitivos se dan por una interacción de la oferta y la demanda en un momento determinado.

<sup>22</sup> Ventosa, Mariano y Michel Rivier y Andrés Ramos (2002) "Revisión de las tendencias de Modelado de la Explotación de la Generación en Mercados de Generación Eléctrica" Instituto de Investigación Tecnológica. Universidad Pontificia Comillas. España.

<sup>23</sup> Gallardo, José, Luis Bendezú y Javier Coronado (2004) "Estimación de la Demanda Agregada de Electricidad" Documento de Trabajo Nº 4. Oficina de Estudios Económicos. OSINERG. Lima.

<sup>24</sup> Ésta metodología ha sido aplicada por Anderson (1997), Johnsen(1998) y recientemente por Hjalmarsson (1999) para el mercado nórdico (NordPool). Hjalmarsson (1999) hace un resumen de los principales autores y las técnicas utilizadas para estimar el poder de mercado.

## METODOLOGIA

Explicado el marco teórico y los objetivos del presente documento, a continuación se muestran las técnicas a utilizar para modelar el mercado de generación eléctrica peruano. Con ello podremos determinar los mecanismos de monitoreo y o mitigación factibles para el caso el mercado nacional, conforme a la revisión a realizar en la primera parte del documento. Las técnicas a emplear son:

**1. El Modelo de Cournot:** para simular el poder de mercado en este sector, utilizaremos los modelos propuesto por Arellano (2003), Villar (2002) y De La Cruz y García (2003). Esta metodología simula la función de oferta de los generadores y calcula las cantidades óptimas para cada empresa tomando en cuenta diferentes elasticidades precio de la demanda. La oferta de energía eléctrica puede ser generada por generadoras termoeléctricas e hidráulicas. El sistema de generación térmica incurre en un costo directo que es el combustible y no afecta a las decisiones futuras. En un sistema de generación hidráulica la decisión de una etapa afecta a las etapas siguientes y esto depende del nivel de almacenamiento y uso de agua, ya que, al utilizar agua en el presente, se reduce la capacidad de generación hidroeléctrica en el futuro y ello representa la utilización de centrales termoeléctricas que aumentan el costo de energía. Por lo tanto, la función de beneficios para una empresa térmica es una función de beneficios típica a nivel intertemporal, mientras que la función objetivo de la central hidráulica será maximizar la suma de beneficio inmediato y futuro<sup>25</sup> de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Max } \Pi_i &= [BI(r, t \rightarrow s, t + 1) + BF(s, t + 1)] \\ \text{s.a: } \quad q_t(i) &\leq Q \max(i) \\ e_t(i) &\leq E \max(i) \end{aligned}$$

Donde:

$q_t(i)$  : Nivel de generación de la generadora hidroeléctrica en un periodo

$e_t(i)$  : Nivel de almacenamiento en un periodo.

$Q \max(i)$  : Capacidad máxima de producción de la hidroeléctrica "i"

$E \max(i)$  : Capacidad máxima de almacenamiento.

$BI(r, t \rightarrow s, t + 1)$  : Es el beneficio inmediato en la etapa t, si se pasa de una cantidad de almacenamiento de agua "r" a una "s". Esta función representa el precio por la cantidad de energía creada por la generadora hidráulica.

$BF(s, t + 1)$  : representa el beneficio futuro esperado traído a la etapa "t" para el nivel de almacenamiento "s"

El modelo se soluciona maximizando el beneficio de las empresas que participan en el juego, tomando en cuenta además otra función a maximizar (el beneficio futuro) que se obtiene a partir de un algoritmo iterativo. Para hallar el beneficio futuro, se aplica un método recursivo ("hacia atrás"). Primero se definen los niveles de almacenamiento óptimo para cada periodo. Para ello, se empieza en la última etapa "t". Dado que el agua tiene que utilizarse en todo el horizonte de estudio, en la etapa "t+1" el nivel de almacenamiento será cero (0%). Por ello, para cada estado de

<sup>25</sup> Representamos la función objetivo en términos de maximizar beneficios y no minimizar costos. Así, el beneficio inmediato que obtenemos al utilizar agua que representa un menor costo de producción (las hidroeléctricas tienen costos marginales pequeños) versus el beneficio futuro que obtendríamos si se ahorra el agua para dicho periodo.

almacenamiento “r” se determina la función BF. Inicialmente, asumiendo que los BF del último periodo es nulo, hallamos que los beneficios totales son igual a los inmediatos, luego en la etapa “t -1” determinamos un nivel de almacenamiento “r”, aquel que maximice el beneficio total. Posteriormente, a partir de ello, obtenemos un nuevo valor de BF, y así sucesivamente hasta llegar al primer periodo. De tal manera que recursivamente llegamos a determinar los BF para todas las etapas.

**2. Función de Equilibrio de Oferta:** nos valdremos de los trabajos de Rudkevich (1998, 2003) y de Day y Bunn (2001) para modelar el caso peruano. Rudkevich, basándose en los trabajos de Schweppe, Tabor y Caramanis (1988), Joskow (1995) y Wolfram (1995) determina que en un mercado con enormes costos hundidos y con un costo marginal del sistema que es discontinuo<sup>26</sup>, el equilibrio de la competencia perfecta no implica que el precio esté directamente relacionado al costo marginal. La estructura de costos marginales del sistema no necesariamente refleja un precio competitivo para el sistema eléctrico, ya que estos pueden ser utilizados estratégicamente con el fin de obtener mayores beneficios. Es por ello que el Índice Precio – Costo Marginal (IPCM) con el que se detecta Poder de Mercado en otras industrias, para el mercado eléctrico viene dado por la siguiente formula:

$$IPCM = \frac{\text{Precio Actual} - \text{Precio "Perfectamente Competitivo"}}{\text{Precio "Perfectamente Competitivo"}} * 100\%$$

Donde el Precio “Perfectamente Competitivo” tiene que ser simulado a fin de medir el nivel de competencia en el mercado<sup>27</sup>. Esto es posible mediante la siguiente Función de Oferta de la industria a simular<sup>28</sup>:

$$P(Q) = c_k + \sum_{j=k}^{m-1} [c_{j+1} - c_j] \left( \frac{Q}{X_j} \right)^{n-1} \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

$P$  = precio que “limpia el mercado” en un intervalo de tiempo determinado.

$Q$  = demanda en un intervalo de tiempo determinado, donde  $X_{k-1} < Q \leq X_k$  y siempre es menor que  $X_j$

$n$  = numero de firmas idénticas

$k$  = el numero de orden en el despacho de una generadora que está despachando al ultimo en un tiempo determinado (peak load pricing).

$j, c_j$  = el numero de orden en el despacho y el costo variable de aquellas generadoras que atienden el mercado antes de la ultima empresa en despachar en un intervalo de tiempo y que se espera puedan despachar al ultimo o debajo del ultimo en algún momento de los intervalos de tiempo del día (intervalos horarios)

$m$  = el numero de orden en el despacho de la unidad mas cara que se espera que funcione durante el periodo de 24 horas.

$X_j$  = capacidad total de las unidades de generación cuyo numero de orden en el despacho es menor que  $j$

<sup>26</sup> Esto a consecuencia de que los costos marginales en el corto plazo del sistema provienen de un modelo de programación lineal de las diferentes tecnologías utilizadas para despachar el sistema. Para mayor información del tema se puede ver en Stoft – Capítulo I y en el anexo 6 de Alcalá y Ausejo (2004).

<sup>27</sup> Rudkevich (1998) indica que este índice es similar al Índice de Lerner y están conectados por la siguiente formula: Índice de Lerner = IPCM / (1 + IPCM)

<sup>28</sup> La sustentación de la formula presentada, los supuestos utilizados, y la metodología se encuentran en la pagina 6, 22 y 23 de Rudkevich, Aleksandr and Max Duckworth and Richard Rosen (1998) “Modeling Electricity Pricing in a Regulated Generation Industry: The Potencial for Oligopoly Pricing in a Poolco”. Este modelo tiene la facilidad de ser adaptado a un mercado como el peruano, dadas las características de Pool Obligatorio del Mercado y de que en la época de estudio el mercado inglés tenía una organización similar al nuestro.



Vemos en la formula (1) que, a medida que  $n$  aumenta, el precio de mercado decrece y se mueve hacia un precio de mercado “perfectamente competitivo” que resultaría de una competencia en las funciones de oferta con estructura de costos similares, lo que induce a un “Equilibrio Nash” para el juego de competencia de ofertas. Los resultados pueden ser variados, entre los que encontramos desde una oferta estratégicamente diseñada hasta una oferta que compite en el mercado. Obteniendo finalmente el precio competitivo de la industria de la función de oferta agregada del mercado, se puede ver el grado de competencia que existe y complementándolo con un Índice de Herfindahl, podemos determinar si existe poder de mercado y el nivel de concentración del mercado en que se encuentra dicho problema, a fin de determinar instrumentos de política adecuados.

**3. Estimación Econométrica:** para esta parte nos basaremos en el modelo de Hjalmarsson (2000) el cual es representado de la siguiente manera<sup>29</sup>:

*Ecuación de Demanda*

$$Q_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_{Q,i} Q_{t-i} + \sum_{i=1}^l \alpha_{P,i} P_{t-i} + \sum_{i=1}^m \alpha_{Z,i} Z_{t-i} + \sum_{i=1}^n \alpha_{PZ,i} PZ_{t-i} + \varepsilon_t \dots (1)$$

*Ecuación de Oferta*

$$P_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^r \beta_{P,i} P_{t-i} + \sum_{i=1}^s \beta_{Q,i} Q_{t-i} + \sum_{i=1}^u \beta_{W,i} W_{t-i} + \sum_{i=1}^v \lambda_i Q_{t-i}^* + \eta_t \dots (2)$$

Donde:

$Q$  : cantidad ofertada

$P$  : precio

$Z$  : vector de variables exógenas que afectan a la demanda y la identifican (incluyendo dummies)

$W$  : vector de variables exógenas que afectan a la oferta (costo marginal) y la identifican (incluyendo dummies)

$\lambda$  : medida de poder de mercado

$\alpha, \beta$  : parámetros a estimar

$\varepsilon, \eta$  : errores de la ecuación de demanda y oferta respectivamente.

Esta formulación es una linealización del modelo de Bresnahan – Lu, el cual está basado en el hecho de que las firmas, maximizadoras de beneficios, igualarán sus costos marginales al ingreso marginal percibido en la industria. El modelo asume que los compradores son tomadores de precio. Y si bien en competencia perfecta el Ingreso Marginal debe igualar al precio, cuando existe poder de mercado esta relación no se cumple de tal forma que el ingreso marginal es menor al precio por lo que se tiene que identificar la presencia de poder de mercado. Si bien no se conoce la función de oferta y demanda *a priori* para determinar el poder de mercado, es necesario hacer una estimación para poder medir el poder de mercado en todos los agentes involucrados a partir de variables relevantes como hidrología, costos de potencia y energía, índices de concentración, ingreso promedio del consumidor, entre otras variables señaladas por la bibliografía sugerida en el marco teórico.

<sup>29</sup> La sustentación matemática y económica de las formas funcionales se encuentran en Hjalmarsson, Erick (2000) “Nord Pool: A Power Market without Market Power”. Working Papers in Economy No. 28. Departament of Economics. Goteborg University. Sweden.

## Bibliografía

1. Alcalá, Elías y Ara Ausejo (2004) ¿Es conveniente un mecanismo de cobertura de riesgos en el corto plazo para el mercado de generación eléctrica de Perú?: Un análisis del mercado eléctrico 1998 – 2003. Trabajo de Investigación del Seminario de Investigación Económica. Universidad Del Pacífico. Peru.
2. Amundsen, Eirik S. and Lars Bergman (2004) " Green Certificates and Market Power in the Nordic Power Market" Working Paper and Slides prepared for 2nd Slides prepared for 2nd SESSA Conference: Addressing Market Power and Industry Restructuring for Consumer Benefits. Stockholm
3. Arellano, Soledad (2003) "Diagnosing and Mitigating Market Power in Chile´s Electricity Industry". MIT – CEEPR Working Paper WP-2003-010. USA.
4. Borenstein, S ; J. Bushnell; E. Kahn and S. Stoft. (1996) "Market Power in California Electricity Markets". POWER Working Paper, PWP-056r. Disponible en [www.ucei.berkeley.edu/ucei](http://www.ucei.berkeley.edu/ucei).
5. Cayo, Juan Miguel (2005) "Libro Blanco para la Reforma del Mercado de Generación Eléctrica Peruano". Exposición realizada para el Foro Internacional "Competencia y Regulación en el Sector Eléctrico Regional: Intercambio de experiencias regionales". Organizado por OSINERG - GART y CIER – PECIER. Lima. Julio 2005.
6. Day, C.J, and D. Bunn (2001) "Diversiture of Generation Assets in the Electricity Pool of England and Wales: A Computational Approach to Analizing Market Power". Journal of Regulatory Economics: 19(2): 123 – 141. England.
7. De la Cruz, Ricardo y García, Raúl (2003). "Mecanismos de Competencia en Generación de Energía y su impacto en la Eficiencia: El caso peruano". En Proyectos Breves del Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES).
8. Díaz, Carlos y Alexander Galetovic y Raimundo Soto (2000) "La Crisis Eléctrica de 1998 – 1999: Causas, Consecuencias y Lecciones" Working Paper Series. Facultad de Economía - Universidad Alberto Hurtado ILADES – Georgetown University Working Papers. Santiago. Chile.
9. Finn R. Forsund (2004) "Market Power in Hydropower Systems" Departement of Economics University of Oslo. Slides prepared for 2nd Slides prepared for 2nd SESSA Conference: SESSA Conference: Addressing Market Power and Industry Restructuring for Consumer Benefits. Stockholm
10. Gallardo, José, Raúl García y Raúl Pérez Reyes (2004) "Determinantes de la Inversión en el Sector Eléctrico Peruano", Documento de Trabajo No2. Oficina de Estudios Económicos – OSINERG. Mimeo. Peru.
11. Gallardo, José, Luis Bendezú y Javier Coronado (2004) "Estimación de la Demanda Agregada de Electricidad" Documento de Trabajo N° 4. Oficina de Estudios Económicos. OSINERG. Lima.
12. Gallardo, José; José Távara y Raúl García (2005) "Instituciones y Diseño de Mercado en el Sector Eléctrico Peruano: Análisis de la Inversión desde el enfoque de la economía institucional". Informe Preliminar Proyecto Mediano del Consorcio de Investigación Económica y Social. CIES -PUCP. Lima. Mayo 2005.
13. Green R.J. and D.M. Newbery (1992) "Competition in the British Electricity Spot Market". Journal of Political Economy 100(5): 992 – 953.
14. Green R.J. (1996) "Increasing Competition in the Bristish Electricity Spot Market". The Journal of Industrial Economics 44(2): 205 – 216.

15. Green, Richard (2005) "Market Power Mitigation in the UK Power Market". University of Hull Business School. England. Working Paper and Slides prepared for 2nd Slides prepared for 2nd SESSA Conference: Addressing Market Power and Industry Restructuring for Consumer Benefits. Stockholm
16. Hjalmarsson, Erick (2000) "Nord Pool: A Power Market without Market Power". Working Papers in Economy No. 28. Department of Economics. Goteborg University. Sweden.
17. Hogan, William (2002) "Market Power And Electricity Competition". Working Paper presentado en el 50th Annual Antitrust Law Spring Meeting. American Bar Association. Washington, DC. Disponible en [www.hogan.com](http://www.hogan.com).
18. Klemperer, P.D. and M.A. Meyer (1989) "Supply Function Equilibria in Oligopoly under Uncertainty" *Econometrica* 57 (November): 1243 – 1277
19. Le Coq, Chloé (2002) "Long-Term Supply Contracts and Collusion in Electricity Market" Stockholm School of Economics Working Paper. Exposición de la SESSA Conference 2004. Stockholm.
20. Ley 19.940 "Ley Eléctrica Corta". Comisión Nacional de Energía de Chile: [www.cne.cl](http://www.cne.cl)
21. Rudkevich, Aleksandr and Max Duckworth and Richard Rosen (1998) "Modeling Electricity Pricing in a Regulated Generation Industry: The Potencial for Oligopoly Pricing in a Poolco". *The Energy Journal* 19(3): 19 – 48. The Thellus Institute Working Paper. Boston. USA
22. Rudkevich, Aleksandr (2003) "On The Supply Equilibrium and its Applications in Electricity Markets". Tabors, Caramanis & Associates Working Paper. Disponible en [www.hogan.com](http://www.hogan.com)
23. Smeers, Yves (2005) "How well can one measure market power in restructured electricity systems ?" SESSA Working Paper. Lovaine Université. Suiza.
24. Spiller, P.; S. Oren; M. Abdalá y G. Tamayo (2004). "Revisión del Marco Regulatorio del Sector Eléctrico Peruano". Estudio de Consultoría encargado por OSINERG. Mimeo. Lima.
25. Stoft, Steven (2001) "Power System Economics: Designing Markets for Electricity". IEEE Press
26. Ventosa, Mariano; Michel Rivier y Andrés Ramos (2004) "Revisión de las Tendencias de Modelado de Explotación de la Generación en Mercados de Generación Eléctrica". IIPCO Working Paper. Instituto de Investigación Tecnológica. Pontificia Universidad de Comillas.
27. Villar, J. A. (2002) "Simulador de Mercado Hidrotérmico utilizando Teoría de Juegos". Tesis para optar el grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile. Escuela de Ingeniería. Disponible en <http://www2.ing.puc.cl/power/publications/publications.htm>. Santiago. Chile.
28. Wolak Frank A. (2004) "Market Monitoring to Control Market Power". Department of Economics Working Paper. Stanford University. Disponible en <http://www.stanford.edu/~wolak>. USA