

SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS

COMITÉ DE SEGUIMIENTO DEL MERCADO MAYORISTA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Informe No 22 – 2007

MEDICIÓN DEL EJERCICIO DE PODER DE MERCADO EN EL MEM CON BASE EN LA METODOLOGÍA DE WOLFRAM (1999) Y CÁLCULO DEL COSTO DE DESABASTECIMIENTO DE GAS PARA EL SECTOR ELÉCTRICO

Preparado por:

**Argemiro Aguilar D.
Pablo Roda
Gabriel Sánchez Sierra**

Bogotá, Octubre 24 de 2007

Contenido

<u>1. Introducción.....</u>	<u>3</u>
<u>2. Aplicación del modelo de Wolfram (1999) al caso colombiano.....</u>	<u>4</u>
<u>2.1. Resumen de la presentación formal del modelo.....</u>	<u>4</u>
<u>2.2. Resultados.....</u>	<u>6</u>
<u>3. El costo para el MEM de un día de desabastecimiento de gas.....</u>	<u>10</u>

1. Introducción

Este informe está dedicado a presentar los resultados de una serie de análisis que indagan acerca del tipo de competencia que se ejerce en el mercado mayorista de energía en Colombia. Como se ha mencionado, la organización industrial del MEM se puede caracterizar como oligopólica, con 5 agentes dominantes con capacidad de determinar, conjuntamente, el precio de la energía en el spot, durante gran parte de las horas del día y de los días del mes. Para este tipo de estructuras, por su parte, no existe un modelo único económico que permita establecer las reglas que siguen los actores en la definición de los precios y las cantidades ofertadas en el mercado.

La teoría cuenta con una serie de modelos de oligopolios que van desde la competencia de precios (Bertrand) en el cual la rivalidad es tan intensa que los resultados se asemejan a los de competencia perfecta, en el sentido en que los precios se igualan al costo marginal y las cantidades ofertadas optimizan el bienestar social. En el otro extremo, los modelos han formalizado situaciones cooperativas de colusión, en las cuales los agentes establecen conjuntamente (y de manera ilegal) sus ofertas para mimetizar los resultados de un monopolio con lo cual extraen el máximo nivel de rentas posibles del mercado dada la elasticidad de la curva de demanda y la estructura de costos. Finalmente, en un punto intermedio, se encuentran los modelos de competencia por cantidades (Cournot) en el cual existe un equilibrio de precios y cantidades si cada agente actúa como un seguidor de precios. Los precios de este equilibrio se localizan entre los de la competencia Bertrand y la colusión y son inversamente proporcionales al número de firmas que conforman el oligopolio.

Como se reseñó en el informe 18 del CSMEM, algunos autores han dedicado importantes esfuerzos para el desarrollo de modelos formales y empíricos que permitan caracterizar el grado de competencia en mercados mayoristas de energía. Estos mercados difieren de los de otros bienes o servicios en varias dimensiones: la electricidad no es almacenable, los precios se fijan bajo un proceso administrado en el cual se igualan oferta y demanda para determinar el precio horario (o cada media hora en otros países), la demanda actúa en forma pasiva (en menor grado en otros mercados), el despacho requiere un control sincronizado de todos los recursos de generación, la demanda es inelástica, la derivada de la función de costo marginal a partir de ciertos rangos es muy elevada, entre otros aspectos.

Dentro de estos estudios, se deben resaltar una serie de modelos derivados del concepto de función de equilibrio de oferta propuesto por Klemperer y Meyer que fueron reseñados en el informe 18. En esencia el equilibrio de oferta, con las herramientas de teoría de juegos, plantea una solución derivada de estrategias de los agentes expresadas simultáneamente en precios y cantidades. Es decir, una estrategia determina la cantidad ofrecida en función del precio que reconozca el

mercado. A mayor precio, mayor oferta. Los resultados de este modelo se utilizaron para simular el grado de competencia en mercados eléctricos, entre otros autores, por Newberry, Bushnell, Wolak y Wolfram¹.

En este informe se presenta una síntesis de la metodología y los resultados a la aplicación del caso Colombiano del modelo de Wolfram de 1999. De igual forma se incluyen las mediciones de poder de mercado siguiendo la metodología de Wolak bajo una variante metodológica y con base en estimaciones directas del mark up, utilizando como referente de costo marginal, las simulaciones de XM realizadas en el programa MPODE. En resumen, el índice de Lerner derivado a partir de la demanda residual, tal y como lo ha venido estimando el CSMEM, muestra el poder de mercado; el índice de Wolfram que se estima en el presente documento, muestra en que grado los agentes utilizan dicho poder de mercado.

En la tercera sección se hace una primera aproximación para medir cuanto le cuesta al sector eléctrico el desabastecimiento de gas. Para ello se infieren los precios que despejan el spot bajo las situaciones con y sin restricciones de gas.

2. Aplicación del modelo de Wolfram (1999) al caso colombiano.

2.1. Resumen de la presentación formal del modelo

El objetivo del modelo es definir un indicador que resuma el grado de competencia que ejercen los agentes del mercado mayorista de energía en el Reino Unido. Para ello se parte de una función de demanda:

$$D_t = D(P_t, X_t, \varepsilon_t)$$

Donde D es la energía demandada agregada del sistema, que depende del precio del mercado, una serie de variables observables X y un error aleatorio ε . La demanda se despeja para cada período t, media hora en el caso Británico y una hora en el caso Colombiano. Es importante resaltar que las variaciones estocásticas de la demanda son importantes en el caso inglés debido al amplio rango en que oscila la temperatura en la zona templada. En Colombia, en

¹ Klemperer, Paul D., Meyer, M., "Supply Function Equilibria in Oligopoly under Uncertainty." *Econometrica* Vol. 57 Noviembre de 1989: 1243-1277.

Green, R., Newberry, D., "Competition in the British Electricity Spot Market." *Journal of Political Economy* Vol. 100, Octubre 1992: 929-953.

Wolfram, C., "Measuring Duopoly Power in the British Electricity Spot Market." *The American Economic Review*, Vol. 89, Septiembre 1999: 805-826

Borenstein, S., Bushnell, J., Knittel, R., "Market Power in Electricity Markets: Beyond Concentration Measures" *The Energy Journal*, Vol. 20, No 4.

Wolak, F., "Measuring Unilateral Market Power in Wholesale Electricity Markets: The California Market, 1998-2000"

general, la incertidumbre de la demanda es menor. De manera análoga, se plantea la función de oferta, en este caso asociada a cada planta.

$$MC_{it} = MC_{it}(q_{it}, Z_{it}, \varepsilon_{sit})$$

La oferta se representa a través de la función de costo marginal, que depende de la cantidad generada por la planta q_{it} , una serie de variables observables que influyen en los costos de generación Z_{it} y un término de ruido en la estructura de costos ε_{sit} . El subíndice i denota la planta. El componente estocástico de la oferta en el caso colombiano es mucho mas acentuado que en los referentes de los países desarrollados, porque la mayor parte de la generación proviene de plantas hidráulicas, cuyo costo depende de la disponibilidad de agua en los embalses y las perspectivas hidrológicas, variables aleatorias con una varianza elevada. La función de beneficios de cada firma se deriva de la diferencia entre ingresos y costos.

$$\Pi_{it} = P(Q_t, X_t, \varepsilon_t)q_{it} - C(q_{it}, Z_{it}, \varepsilon_{sit})$$

Donde $P(\)$ es la función inversa de la demanda agregada y $C(\)$ la función de costos cuya derivada es MC , Q la energía agregada demandada y Π_{it} son los beneficios de la planta i en el período t . Las condiciones de primer orden que maximizan beneficios son:

$$P_i = MC_i(q_{it}, Z_{it}, \varepsilon_{sit}) - \theta_{it} q_{it} P_Q(Q_t, X_t, \varepsilon_t)$$

Dónde:

$$\theta_{it} = \frac{\partial Q}{\partial q_{it}}$$

$$P_Q = \frac{\partial P}{\partial Q}$$

El término θ_{it} caracteriza el comportamiento de los agentes, en el sentido en que recoge la percepción (conjetura) del agente i en términos de que tan sensible es la oferta total a su propia oferta. Este parámetro, entonces es función de la variación conjetural. Si la competencia es del tipo Cournot, es decir, si se asume que cada firma ajusta su demanda al comportamiento de las firmas restantes, el término θ_{it} es igual a 1. En competencia Bertrand el parámetro es igual a cero.

Wolfram disponía de una función agregada de costos marginales y no de su equivalente por planta. Por lo anterior agregó el índice a nivel industria, utilizando como criterio de agregación, la participación de cada planta en el costo marginal con base en un ponderador k_{it} . Para la derivación de la fórmula, utiliza la

elasticidad de la demanda $\eta = -D_p \frac{P}{Q}$.

$$P_t = MC(Q_t, Z_t, \varepsilon_{st}) + \frac{P_t}{\eta_t} \left[\sum_{i=1}^N k_{it} \frac{q_{it}}{Q_t} \theta_{it} \right]$$

Y reescribe la ecuación, en función de un parámetro θ medio para la industria.

$$P_t = MC(Q_t, Z_t, \varepsilon_{st}) + \frac{P_t}{\eta_t} \theta_t$$

Si las firmas son simétricas el ponderador de costos, k_{it} , es igual al inverso de número de firmas ($1/N$) y los parámetros individuales de comportamiento θ_{it} son iguales al parámetro medio, θ_t . Bajo estas circunstancias el parámetro agregado θ_t es igual a 1 si el oligopolio se comporta como una colusión (precios de monopolio), $1/N$ si el tipo de competencia es Cournot, y cero si la rivalidad genera los resultados de competencia perfecta. Con base en lo anterior, es posible estimar θ_t , con base en un estimativo de los mark ups promedio y la elasticidad de la demanda agregada.

$$\theta_t = \frac{P_t - MC(\cdot)}{P_t} \eta$$

2.2.Resultados

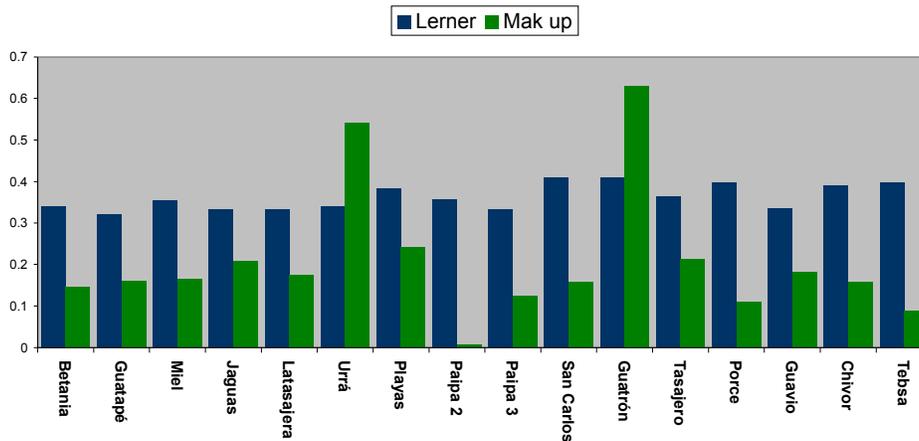
El ejercicio se realizó a partir de los precios de bolsa observados en los meses de mayo, junio y julio del 2007 y las simulaciones del costo marginal de energía realizadas por XM con base en el modelo MPODE. A los costos obtenidos directamente de las corridas con el modelo, se adicionaron los cargos variables correspondientes al CERE y FAZNI, con el fin de incluir en el análisis el costo que efectivamente percibe el agente a la hora de diseñar su estrategia de oferta.

En el caso del índice de Lerner se utilizó una variante metodológica sobre la que normalmente emplea el CSMEM. En efecto, los índices de Lerner los ha venido calculando el Comité con base en el inverso de la elasticidad de demanda estimada en el punto medio de una regresión lineal calculada a partir de las cinco últimas observaciones de la curva de demanda residual. Para este informe, la elasticidad se obtuvo, estimando una regresión lineal pero tomando como referente un intervalo constante de 1.5 Gwh.

En el siguiente gráfico se sintetizan las diferencias entre el Índice de Lerner (inverso de la elasticidad de demanda residual) y los mark up implícitos en las corridas con el MPODE, para los promedios para horas de baja, media y alta demanda. Considerando todas las horas, el índice de Lerner indicaría que los agentes, en un juego Cournot, estarían en capacidad de obtener un margen de precios sobre costo marginal equivalente a un 36% del precio. No obstante, de acuerdo con las corridas del MPODE, el margen sobre costo marginal (incluidos

CERE y FAZNI) fue en promedio para estos tres meses de 26%, lo que indicaría que los agentes no agotan completamente su poder de mercado, en un juego no cooperativo.

Comparación entre el índice de Lerner (por demanda) y el mark up observado. Mayo - Julio del 2007. Promedio para el período.

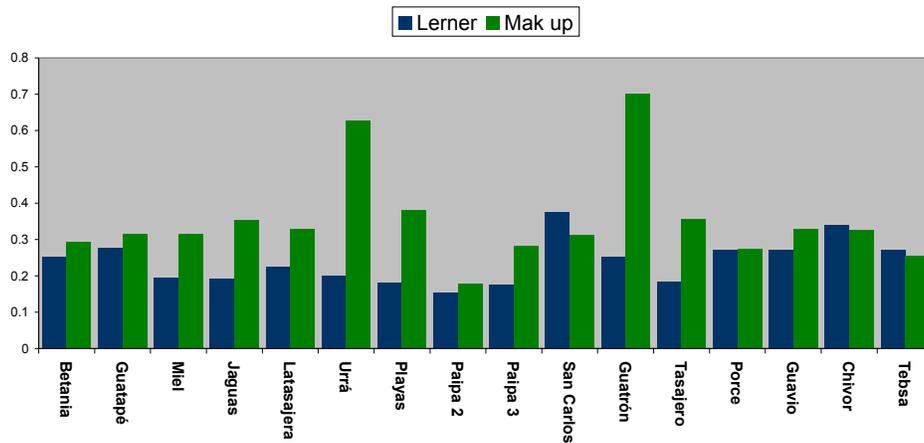


El resultado cambia drásticamente si se consideran las horas de alta demanda². En este caso, el mark up implícito en un modelo de competencia Cournot estaría cerca del 23%; no obstante, de acuerdo con la comparación entre precios y costos observados, el margen realmente derivado en el MEM en horas de alta demanda, entre mayo y julio del 2007, ascendió a 35%. Se desprendería de lo anterior que para horas de alta demanda, los agentes ejercen un tipo de competencia que permite explotar el poder de mercado en márgenes superiores a los que predice el modelo de Wolak.

Como se observa en la gráfica, no obstante, El mark up observado es muy cercano al teórico inferido por la demanda residual para la mayoría de las plantas. La diferencia en los promedios, entonces, se explica en buena medida por la diferencia desproporcionada en algunas de las plantas como Guatrón y Urrá, en donde el MPODE predice costos marginales bajos. Si se excluyen estas generadoras, el índice de Lerner guarda proporción con el mark up observado, con lo cual no se podría descartar que el tipo de competencia sea efectivamente del tipo Cournot, como lo lleva implícito el modelo de Wolak.

² El cálculo del índice de Lerner siguiendo esta aproximación metodológica arroja valores muy elevados en horas de baja demanda (72%) y bajos para demanda media (11%). La volatilidad descrita está relacionada con la pérdida de información cuando el rango de energía considerado se satisface con solo dos agentes, lo que impide estimar la regresión. Por lo anterior se prefirió presentar el análisis con los mark up promedios y los observados en horas de alta demanda.

Comparación entre el índice de Lerner (por demanda) y el mark up observado. Mayo - Julio del 2007. Promedio para horas de demanda alta.



Una vez estimados los mark up con base en las corridas del MPODE y los precios de bolsa observados es posible cuantificar el índice de Wolfram. Para ello se requiere un estimativo de la elasticidad precio de la demanda. En la práctica en el mercado colombiano la demanda actúa de manera pasiva, con una elasticidad de cero. Es decir, en un día determinado, el precio cerrará el mercado atendiendo una demanda previamente establecida por el operador del mercado, que no varía en función del precio. No obstante, la demanda responderá en el mediano y largo plazo. Si el precio se incrementa en forma sostenida, algunos agentes, (en primera instancia industriales y comerciales) responderán con base en generación propia o acudiendo a sustituciones en su estructura de producción. Que tanto los generadores incorporan este efecto de elasticidad rezagada en su estrategia de precios es una interrogante. Por el momento para el cálculo del índice se presenta el siguiente ejercicio de sensibilidad donde la elasticidad de la demanda asume valores entre - 0.05 y -0.25. Tanto Newberry como Wolfram estiman el tipo de competencia con elasticidades de -0.125.

Como se mencionó el indicador de Wolfram es simplemente el producto del mark up por la elasticidad de la demanda. La siguiente tabla recoge los resultados para los promedios de los tres meses analizados. Los cálculos se realizaron para cada mes pero, dada la volatilidad, parece más sólido extraer algunas conclusiones sobre los promedios obtenidos entre mayo y julio del presente año.

Índice de Wolfram θ			
Elasticidad	0.05	0.125	0.25
Horas de demanda baja	0.0233	0.0584	0.1167
Horas de demanda media	0.0306	0.0765	0.1529
Horas de demanda alta	0.0279	0.0699	0.1397
Inverso del número de firmas	0.0625	0.0625	0.0625

Si se asume que la elasticidad precio de la demanda agregada es de -0.125, en horas de alta demanda el índice estimado indicaría que efectivamente el MEM en

Colombia, como lo predice el modelo de Wolak, sigue un tipo de competencia tipo Cournot, en el cual las firmas elaboran sus ofertas de precios maximizando las utilidades esperadas dada su demanda residual³. En efecto, si se consideran 16 plantas como el número de unidades que frecuentemente entran en el despacho, el inverso es de 0.0625 cifra muy cercana al índice de Wolfram. Como se mencionó atrás, un índice de 0 indica competencia perfecta; un índice de $(1/N)$ competencia Cournot y un índice de 1, la fijación de precios por una colusión que extrae la totalidad de la renta monopólica.

En otras palabras, los precios observados en el mercado, que incluyen márgenes considerables aún después de cubrir costos fijos (CERE), no parecen ser el resultado de una colusión entre agentes, sino de la convergencia de estrategias optimizadoras, descentralizadas, por agentes que asumen como dadas las estrategias de sus rivales. Es decir, los agentes, de acuerdo con este resultado, estarían agotando el poder de mercado que les confiere la organización de la industria, sin incurrir en acuerdos tácitos o prácticas ilegales de cartelización.

El resultado no varía demasiado si se consideran otras horas del día o supuestos de elasticidad. Si la elasticidad real fuese de -0.25, el nivel del índice aumentaría considerablemente pero sin acercarse a los niveles que sugiere la fijación de precios de un monopolio. De igual forma, si se considera una elasticidad de -0.05, la conclusión se asemejaría a la de Wolfram en su análisis del mercado británico, en el sentido en que los agentes no están agotando su poder de mercado. Wolfram plantea algunas hipótesis sobre este eventual comportamiento, tales como que los generadores buscan desincentivar la entrada de potenciales competidores o evitar que la regulación se torne más intrusiva como respuesta a los altos márgenes de la industria.

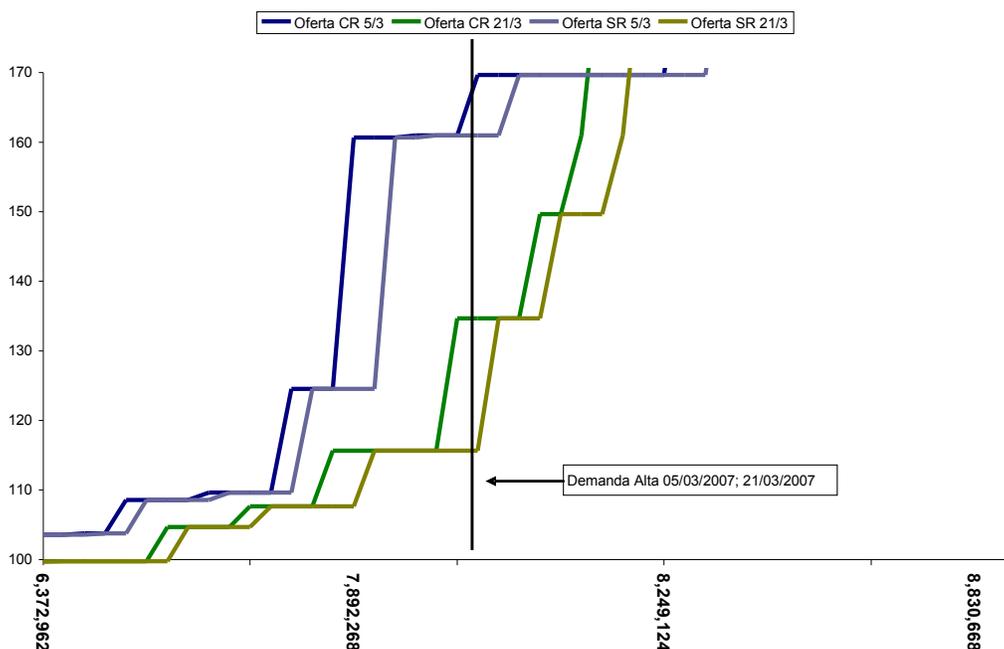
Este ejercicio, en conclusión, permite cuantificar el grado de uso del poder de mercado de los generadores del MEM. Los resultados, aún preliminares parecen ser consistentes con una situación ubicada entre el agotamiento del poder de mercado en un modelo como el de Wolak, si la elasticidad es de -0.125, o un tipo de competencia más intensa, si la elasticidad es inferior. De cualquier forma, con base en esta aproximación metodológica, no parece probable soportar situaciones de colusión, para niveles razonables de elasticidad de la demanda.

Las estimaciones que se presentan son preliminares. Hacia el futuro el CSMEM, evaluará la conveniencia de llevar un seguimiento constante al indicador. Se debe evaluar que tan robusta es la metodología y presentar las desviaciones para hacer inferencia estadística.

³ En un juego repetido día tras día, se asume que la demanda expost, refleja la percepción ex ante del agente incluyendo un término estocástico de ruido. En el modelo de Wolak existe una curva que determina el equilibrio Nash entre todos los agentes, dada cada realización del componente aleatorio.

3. El costo para el MEM de un día de desabastecimiento de gas

En el informe del 18 del CSMEM se soltaron algunas alarmas sobre los problemas que puede generar el desabastecimiento de gas natural en el sector eléctrico en un futuro cercano. A continuación se presenta un breve análisis de la sensibilidad de los precios del spot ante restricciones de suministro de gas. En los primeros meses del 2007 se presentaron 6 casos en que el productor notificó a las térmicas inconvenientes que impedían despachar la totalidad del gas nominado. En cuatro de estos eventos, la retirada de capacidad térmica asociada a esta restricción no causó efectos en el precio de la energía eléctrica porque la demanda se satisfizo con otras plantas. No obstante, el 5 y el 21 de marzo, la reducción en la disponibilidad comercial para algunas térmicas del Magdalena Medio, claramente afectó los precios del mercado, por lo menos en horas de alta demanda. La siguiente gráfica ilustra el desplazamiento de la función de oferta agregada debido exclusivamente a restricciones de suministro de gas en estos días.



Como se observa, el efecto en estos días fué particularmente pronunciado. En ausencia de restricciones el mercado se habría despejado con un precio, 9 \$/kwh menor el 5 de marzo y 15 \$ Kwh el 21 de este mes, en las horas de alta demanda. Este desplazamiento del precio, a una demanda superior a los 8.1 Gwh, se traduce en un extra costo para el mercado de cerca de 577 millones de pesos si se consideran tres horas afectadas en cada día por el alza. Esta cifra es importante y muy superior a lo que debe cancelar como penalización el productor por incumplir su compromiso de suministro cuando se le requiere.

El ejercicio busca llamar la atención sobre el problema en dos direcciones. En primer lugar, las sanciones por incumplimiento deben guardar proporción con los

costos que genera el desabastecimiento en el mercado eléctrico. El desfase entre las sanciones y los costos que genera no se debe limitar a la relación contractual entre las partes. De hecho, para los generadores que sufrieron la restricción, los problemas de suministro eventualmente pudieron haber tenido un efecto positivo en sus ingresos en la medida en que la salida de una parte de su capacidad, se tradujo en precios mayores que mejoraron la remuneración de todos sus recursos de generación. Un tercero, entonces, es quien debe velar porque exista correspondencia entre la sanción y los costos para el mercado.

El segundo punto, y quizás más importante, está relacionado con la sensibilidad del mercado eléctrico al suministro de gas. A medida que crece la demanda, el mercado cada vez depende durante más horas al día de la generación térmica. A estos niveles de consumo, y como se observa en la gráfica, la pendiente de la curva de oferta es muy pronunciada, debido a las diferencias en los factores de eficiencia y los costos del combustible de las plantas térmicas. Si no se toman medidas para asegurar el suministro de gas a los recursos de generación más eficientes, el mercado se expondrá a precios de la electricidad considerablemente mayores y con alta volatilidad, en función de la disponibilidad de gas. Este equilibrio, nocivo para el bienestar, se puede tornar estructural. Aún se está a tiempo de tomar las medidas necesarias para normalizar esta situación.