

ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DEL MERCADO ELÉCTRICO MAYORISTA EN COLOMBIA

John J. García
Jhonny Moncada
Escuela de Economía y Finanzas
Universidad EAFIT
jgarcia@eafit.edu.co

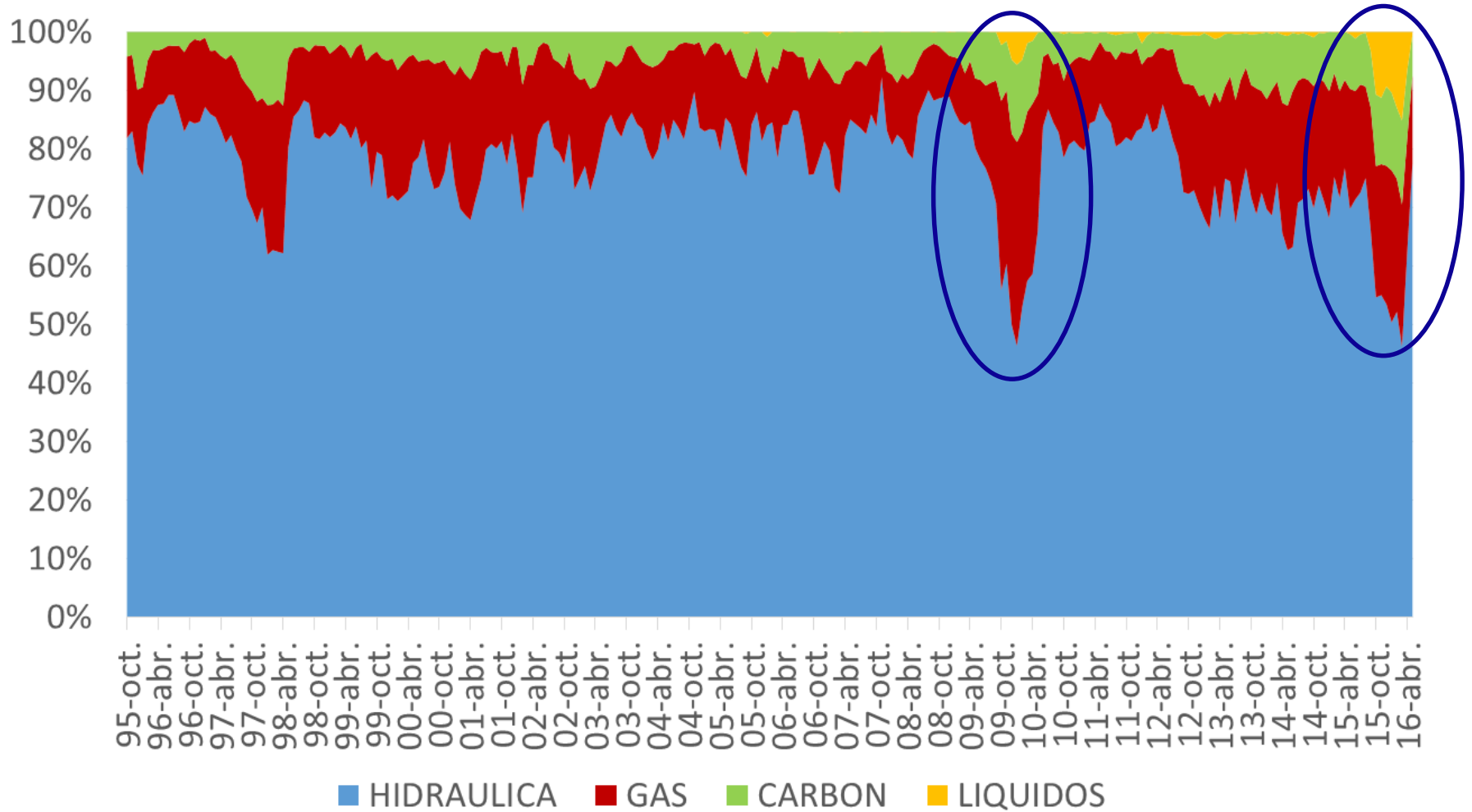


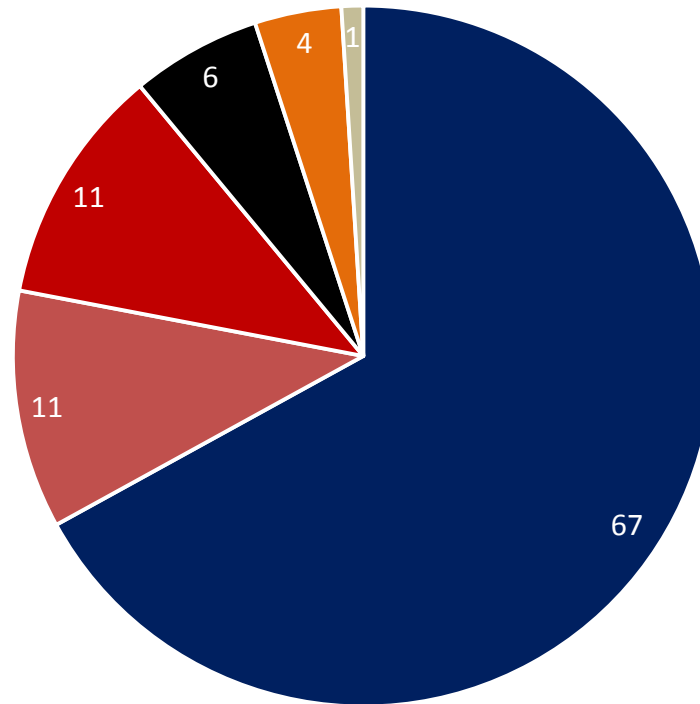
- **Objetivos en el diseño de un mercado**
- **Principales características del MEM**
- **Desarrollo profundo de un mercado de contratos estandarizados, lo que implica también un desarrollo completo de mercado de coberturas financieras y regulación financiera**
- **Geografía económica y economía espacial del MEM**
- **Otros aspectos por mejorar en el MEM**
 - **Mercados intradiarios**
 - **Revisión del cargo por confiabilidad**
 - **Umbral alto para pertenecer al Mercado No Regulado (MNR)**
 - **Ciudades inteligentes (redes inteligentes)**

- **Crear incentivos efectivos y eficientes para la inversión**
- **Promover la competencia y la eficiencia en precios**
- **Mejorar la confiabilidad, costo y eficiencia de los servicios de electricidad**
- **Reducir el impacto ambiental de los servicios de energía**
- **Mejorar la cobertura que permita un ágil acceso a los consumidores**
- **Promover la innovación**

El objetivo de diseñar un mercado competitivo de electricidad se reduce a que todos los generadores (oferta) se enfrenten a una curva de demanda elástica, lo más elástica posible durante la mayoría de horas en un año (Wolak, 2003)

Las Instituciones son las reglas de juego que determinan las restricciones y los incentivos en la interacción económica, política y social (North, 1990).

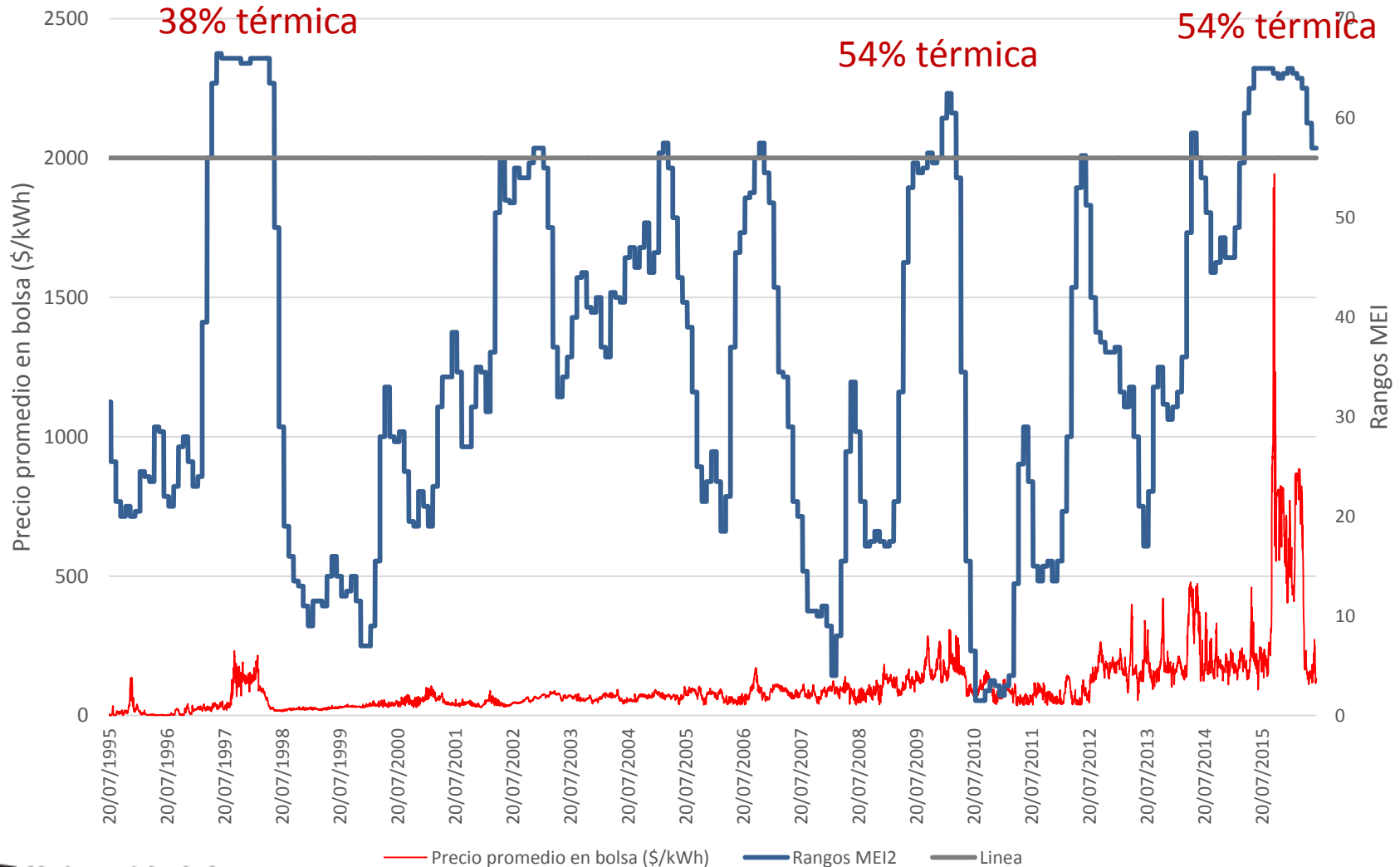




- Hidroeléctrica
- Gas Natural
- Combustibles Líquidos
- Carbón
- Plantas menores
- Resto

Objetivos en el diseño del mercado
Principales características del MEM
Mercado de contratos estandarizados
Geografía y economía espacial del MEM
Otros aspectos por mejorar en el MEM

Alto componente hidráulico Precio Spot promedio VS Rango MEI



Tecnología	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Hidráulico	47	49	49	48	53	51
GN	28	21	20	16	13	4
Carbón	12	11	11	13	11	14
Líquidos	14	18	20	23	23	31
Total	100	100	100	100	100	100

De las experiencias internacionales en el Reino Unido (Newbery, 2002), Nord Pool (Rothwell y Gomez, 2003; von der Fer, 1991), PJM (Chandley, 2008), CAISO (Wolak, 2001) y ALBERTA (Perez et al., 2005), se puede destacar que prácticamente la totalidad de los mercados de energía mayorista tienen dos tipos de plataformas para negociar contratos:

- i) **Mercado OTC, donde las negociaciones son bilaterales, libres y no estandarizados.**
- ii) **Mercados organizados tipo Exchange, donde se negocian productos pre definidos, en contratos estandarizados, a través de Cámaras centrales de riesgo y liquidación.**

Las condiciones actuales del mercado de contratos de energía en Colombia son:

- 1. Una mayor exposición a la bolsa del mercado regulado y no regulado, particularmente en épocas de precios altos.**
- 2. Una tendencia que exista una menor oferta de contratos tanto para el mercado regulado como no regulado.**
- 3. Mayores precios de los contratos para el mercado regulado que para el no regulado.**
- 4. Falta de estandarización de contratos.**
- 5. Horizontes cortos de plazo de los contratos.**

Estos elementos hacen que el mercado de contratos tenga poca liquidez y profundidad.

En una primera fase se estima el precio de bolsa por medio de una función exponencial y un modelo estocástico y en una segunda fase se incorpora el precio estimado en un modelo de Cournot

Se trata de un **Modelo de Cournot**, donde la variable estratégica es Q

$$Max \Pi_{i,L} = P(Q_L, Q_S) * Q_{i,L} - CT_{i,L}$$

Sujeto a:

$$0 \leq Q_i \leq Q_{max}$$

$$\sum Q_i \leq Demanda$$

$$0.3caphidrica \leq Embalse \leq 0.9caphidrica$$

$$\sum (Q_L + Q_S) = Demanda$$

Al incorporar los contratos en la función de maximización de beneficios:
aumentos en el nivel de contratación disminuyen el precio

$$\Pi_{i,L} = Pb * (Q_G - Q_C) + P_C * Q_C - CT_{i,L}$$

donde:

QG, es la cantidad generada en bolsa

QC, es la cantidad contratada (contratos de largo plazo)

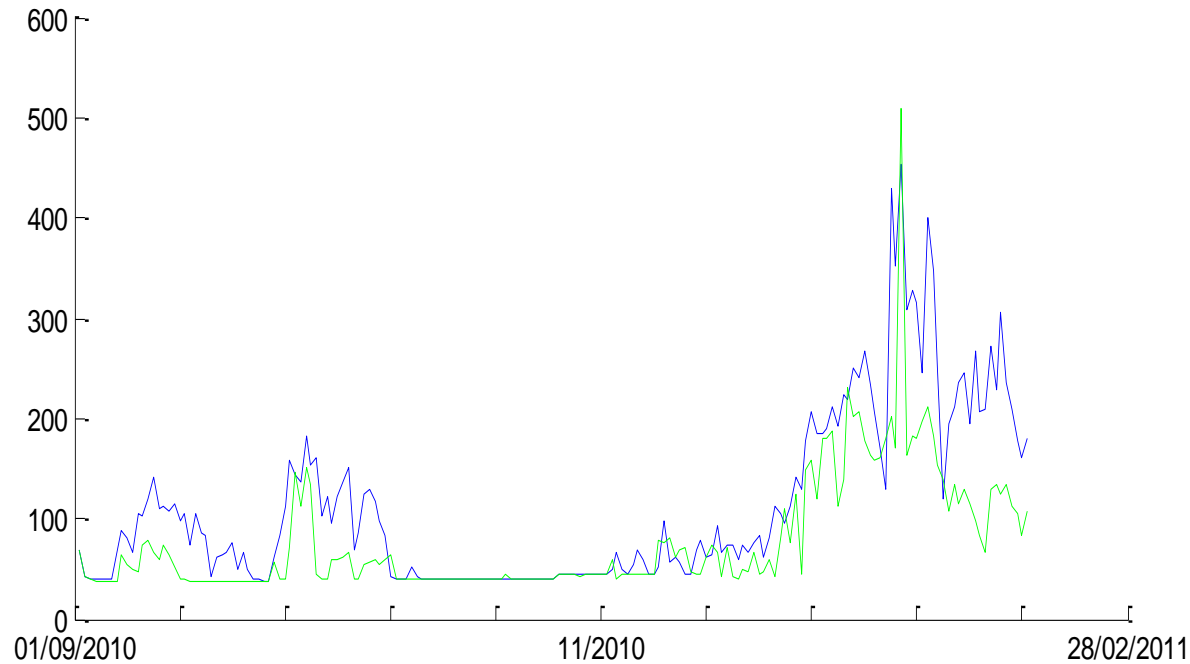
PC, es el precio de los contratos

Pb, es el precio en bolsa

CTi, L, es el costo total (medido por medio del CERE)

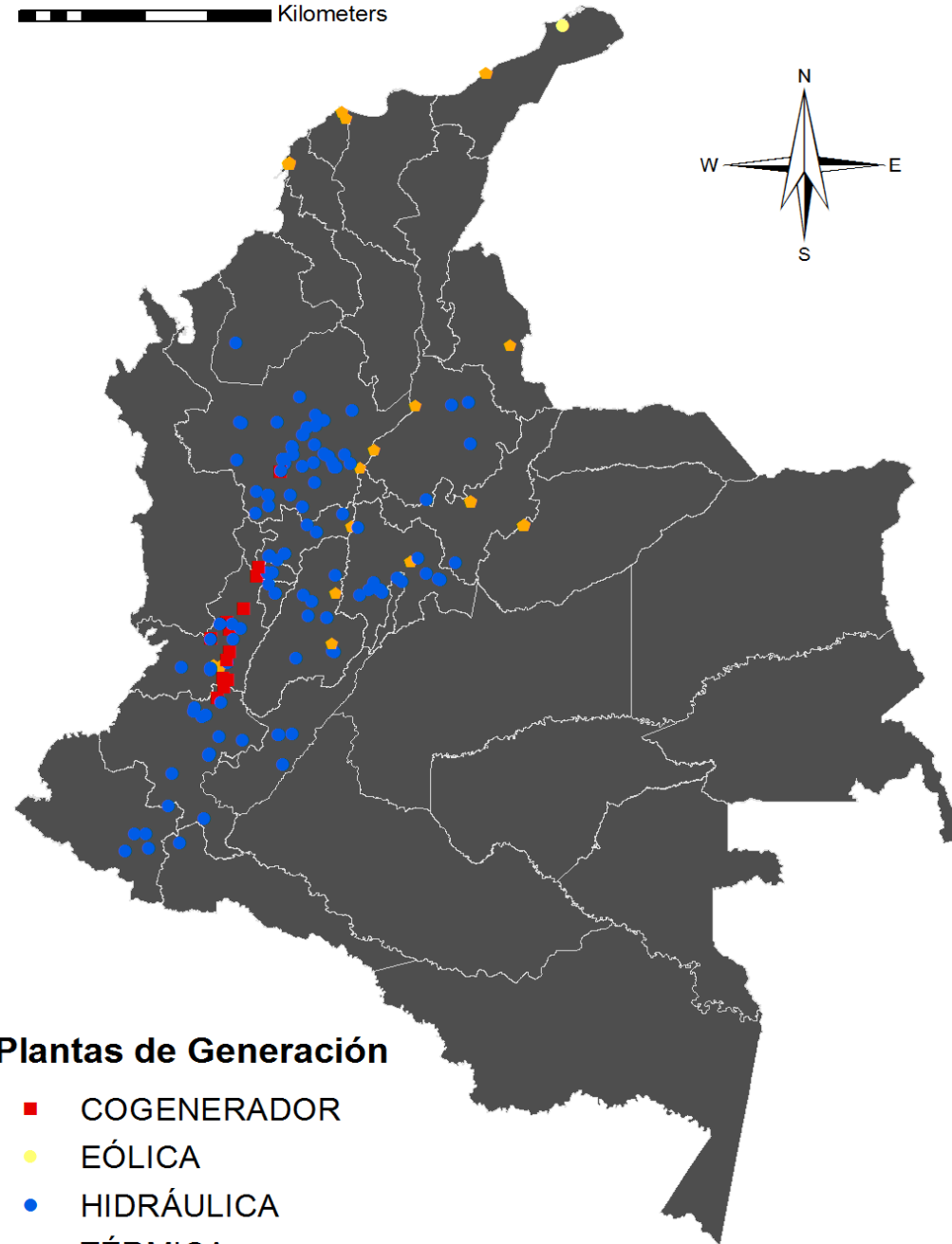
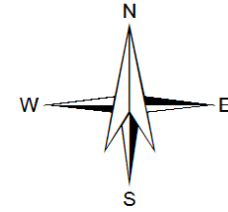
Incorporando el precio estimado en Bolsa

$$\Pi_{i,L,t} = [\alpha_t + \varphi P_{t-1} * \exp^{C_t * Q_t}] * (Q_G - Q_C) + [P_C * Q_C] - CT_{i,L}$$



Mientras que el precio en bolsa promedio en la situación con menor nivel de contratos bilaterales fue de 111.26 \$/kWh, al aumentar el nivel de contratación en 10% el promedio del precio cae a 76.90 \$/kWh.

0 45 90 180 270 360
Kilometers



Plantas de Generación

- COGENERADOR
- EÓLICA
- HIDRÁULICA
- ◆ TÉRMICA

Fuente: García y Moncada, 2016

Efectos espaciales en la formación del precio de oferta

Variable	Unidades	Región Hidrológica	Observaciones	Media
Aportes Energía	kWh	Antioquia	1024	269.000.000
		Caribe	128	112.000.000
		Centro	256	111.000.000
		Oriente	384	486.000.000
		Valle	384	90.000.000
Precio de Oferta Promedio	\$/kWh	Antioquia	1024	103,81
		Caribe	128	167,15
		Centro	256	263,24
		Oriente	384	95,04
		Valle	384	497,06
Generación	kWh	Antioquia	1024	8.946.368
		Caribe	128	4.524.529
		Centro	256	4.140.286
		Oriente	384	16.400.000
		Valle	384	3.727.498
Reconciliación positiva promedio	\$/kWh	Antioquia	1024	7.604.013
		Caribe	128	4.814.708
		Centro	256	10.600.000
		Oriente	384	25.200.000
		Valle	384	4.583.301

Efectos espaciales en la formación del precio de oferta de acuerdo al clima

La ecuación (1) representa el modelo estimado:

$$\ln PO_{it} = \beta_0 + \rho W_i \ln PO_{it} + \beta_1 \ln(PB) + \beta_2 \ln Gen_{it} + \delta_1 W_i \ln Gen_{it} + \beta_3 AP_{it} + \delta_2 W_i AP_{it} + \beta_4 EI_{it} + \varepsilon_{it}.$$
$$\varepsilon_{it} = \sigma W_i \varepsilon_{it} + v_{it}, v_{it}: \text{Ruido blanco} \quad (1)$$

donde:

PO: corresponde al precio de oferta (kWh) en logaritmo natural

PB: se refiere al precio de bolsa (\$/kWh) en logaritmo natural

Gen: generación de electricidad (kWh) en logaritmo natural

AP: aportes de energía al sistema (kWh) en logaritmo natural

EI: índice de empleo industrial

Resultados de la estimación con un modelo Durbin

VARIABLES	Efectos Fijos
Log Precio en Bolsa Nacional	0.626 (0.0450)*** [0.0800]***
Log Generación	-0.653 (0.0266)*** [0.0756]***
Índice de Empleo Industrial	0.0150 (0.00315)*** [0.00808]*
Aportes Energía	6.90e-11 (8.15e-11) [1.29e-10]
Reconciliación Positiva	1.66e-07 (1.87e-08)*** [6.49e-08]**
W*Log Generación	-0.232 (0.0801)*** [0.135]*
W*Aportes Energía	-4.00e-10 (1.35e-10)*** [2.07e-10]*
W*Reconciliación Positiva	-2.22e-08 (4.36e-08) [1.11e-07]
rho	0.207 (0.0404)*** [0.0726]***
Observaciones	2,176
R-cuadrado	0.527
Número de Plantas	17
Wald test spatial lag	8.397 (p=0.0038)
Wald test spatial lag	2.938 (p=0.0865)
Wald test spatial error	25.334 (p=0.0000)
Wald test spatial error	6.621 (p=0.0101)
Hausman Test	13.53 (p=0.0189)

Errores estándar entre paréntesis. ***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1.
Errores estándar robustos entre corchetes.

Resultados de la estimación con un modelo Durbin

VARIABLES	Directo	Indirecto	Total
Log Precio en Bolsa Nacional	0.629 (0.0373)***	0.161 (0.0293)***	0.790 (0.0309)***
Log Generación	-0.661 (0.0295)***	-0.435 (0.0921)***	-1.096 (0.0981)***
Índice de Empleo Industrial	0.0152 (0.00334)***	0.00394 (0.00122)***	0.0192 (0.00424)***
Aportes Energía	5.69e-11 (7.61e-11)	-4.76e-10 (1.51e-10)***	-4.19e-10 (1.38e-10)***
Reconciliación Positiva	1.70e-07 (1.78e-08)***	1.18e-08 (5.32e-08)	1.82e-07 (5.37e-08)***

Errores estándar entre paréntesis. ***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1.

Fuente: Elaboración propia

La principal ventaja para el MEM de migrar del actual modelo de pool uninodal a un pool multinodal radicaría en la formación más eficiente de precios de corto plazo, resolviendo los problemas asociados con el cálculo y asignación de los costos por restricciones y por pérdidas de energía.

Igualmente se darían señales de expansión adecuadas tanto para el parque de generación como para la red de transmisión.

Adicionalmente, en la medida que se quiera trasladar la señal de precios localizada a la demanda, esto potencia los mecanismos de respuesta de demanda y los programas de eficiencia energética.

Por otra parte, la integración del despacho de energía y la operación comercial facilitarían la coordinación de estas dos funciones y daría transparencia al cálculo de precios y transacciones del mercado.

También se facilitarían las actividades de monitoreo del mercado.

Adicionalmente manteniendo un modelo tipo “pool” es posible expandir el alcance de los mercados de corto plazo, incluyendo mercados intradiarios, sin alterar la naturaleza del mercado de contratos y del mecanismo de expansión.

En el referenciamiento internacional, Reino Unido, PJM, Nord Pool, Caiso y España, en todos los mercados analizados se encuentran mecanismos para actualizar las ofertas de energía y permitir nuevas transacciones durante el día de operación, hasta un momento de cierre del mercado cercano al período de despacho en tiempo real. Estos mecanismos toman la forma de mercados intradía, con diferencias particulares en los períodos y tipo de transacciones.

En Reino Unido y Nordpool existen transacciones del día anterior y se permiten transacciones continuas durante el día de operación hasta el cierre del mercado (gate closure) horas antes del tiempo real, período en el cual operan los mercados intradía de balance cada 30 minutos.

En EEUU, después del cierre del mercado del día antes, se pueden ajustar o realizar nuevas ofertas para transacciones en el día de operación. Allí los mercados intradía funcionan como mercados de balance en tiempo real, con cierre cada 5 minutos.

Durante la ocurrencia del fenómeno del Niño 2015-2016 se evidenció un gran beneficio para la demanda desde el punto de vista económico, a través de la cobertura financiera que realizó el esquema de Cargo por Confiabilidad.

Los **valores recaudados a través del CERE** (Costo de Energía Real Equivalente) desde la demanda para el pago del Cargo por Confiabilidad que a 30 de abril de 2016, suman **–aproximadamente 18 Billones de pesos.**

Por su parte, **la cobertura económica que recibió la demanda durante el periodo crítico** que se calcula como la diferencia entre el precio de bolsa y el precio de escasez multiplicado por la demanda **ascendió 17 Billones de pesos aproximadamente.**

En precio de escasez (febrero de 2016 de 302 \$/kWh) inferior a los costos variables de la mayoría de las plantas térmicas a gas y líquidos (aprox. 356 \$/kWh para la planta de GNL del caribe y aprox. 438 \$/kWh para la central Meriléctrica, que sería la más costosa del país pasando a operar con GNL).

Esta diferencia afecta el riesgo financiero de las plantas, pero puede desencadenar en un problema de confiabilidad por la insuficiencia financiera de los generadores que se requieren en momento de escasez. Así mismo puede hacer inviable la entrada de varias tecnologías al momento de realizar una valoración para la subasta.

Este riesgo se materializó entre los meses de septiembre y noviembre de 2015 cuando una de las plantas más costosas del sistema incumplió con el pago de las desviaciones de OEF (Termocandelaria que alcanzó una deuda cercana a los \$170 mil millones de pesos) y fue intervenida por la SSPD.

Poder de Mercado en Mercados Spot de Generación Eléctrica: Metodología para su Análisis

- http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2393226

Efectos Espaciales en la Formación de Precios de Oferta en Mercados Spot de Generación Eléctrica

- http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2827154

Veinte Años de Funcionamiento del Mercado Eléctrico Mayorista en Colombia: Algunas Reflexiones

- http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2677357

Análisis Comparativo de Diferentes Esquemas de Suficiencia en Generación Eléctrica: Algunas Reflexiones para el Mercado Eléctrico en Colombia

- http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2826110

La Realidad del Sector Eléctrico

- <http://www.portafolio.co/opinion/john-j-garcia/la-realidad-del-sector-electrico-499312>

ALGUNAS CONSIDERACIONES DEL FUNCIONAMIENTO DEL MERCADO ELÉCTRICO MAYORISTA EN COLOMBIA

MUCHAS GRACIAS



Experiencias Internacionales

- Varios estudios realizados por académicos (Green, 1996; Sweeting, 2007) y por la Ofgem, durante la década de los noventa encontraron que las compañías más grandes en I&G ejercieron poder de mercado
- La OFGEM por medio de leyes anti-monopólicas utiliza un mecanismo de monitoreo Spot
- Las empresas son sancionadas después de una investigación previa, donde se demuestre que el comportamiento del agente no fue competitivo
 - National Power y Power Gen vendieron 6.000 MW de su generación a una nueva compañía (Eastern Group)
 - Price cap medio anual durante dos años

Experiencias Internacionales

- **Implementación NETA 2001**
 - Consolidación del sistema por medio de contratos
 - Participación de la demanda (demanda activa)
 - Introduce la competencia en los mercados complementarios (balancing market)
 - Generación distribuida
 - Los precios en el mercado mayorista cayeron un 40% en 2001 (Ofgem, 2001)
- **Además se introdujo un mecanismo ex post, por medio de emisión de Licencias de Condición de Poder de Mercado a los agentes generadores**
 - Prohíbe a sus poseedores participar en conductas que vayan en contra de la competencia y alteren sustancialmente el precio spot
 - Le otorga la potestad al operador del mercado para investigar a los generadores que tengan comportamientos sospechosos
- **Hay indicio de abuso de poder de mercado cuando el precio spot se incrementa en:**
 - 5% o más para un acumulado de 30 días (1440 medias horas)
 - 15% sobre 480 medias horas en un año (un acumulado de 10 días)
 - 45% sobre 160 medias horas en un año

Experiencias Internacionales

- Combinación entre estructura de mercado y diseño de mercado jugaron un papel importante en la creación de un mercado competitivo de generación eléctrica en I&G (Fabra y Toro, 2003, y Evans y Green, 2005)
- Primer foro sobre Smart Grid realizado por la Ofgem: abril de 2011
- A finales de 2010 se implementa el proyecto más grande de I&G en Smart Grid
 - 14.000 hogares y negocios del norte de I&G
 - Los consumidores con mejor información reducen sus costos de energía y las emisiones de CO₂ (£8 mil millones en costos energéticos y 43 millones de toneladas de emisiones de CO₂)

Experiencias Internacionales



Fuente: <http://www.networkrevolution.co.uk/smart-grid/>
<http://www.networkrevolution.co.uk/whyarewedoingthis>