

# Perfiles De Riesgo En Portafolios De Electricidad No Estandarizados

Jorge Sierra Almanza\*, Adrián Ceballos López†

XM Compañía de Expertos en Mercados, Filial del Grupo ISA  
(Publicado Revista Mundo Eléctrico Edición N°71)

\*Analista Comercial MEM  
jsierra@xm.com

† Analista Garantías Financieras  
aceballos@xm.com.co

## Abstract

Este artículo propone una metodología para calcular el perfil de riesgo de los portafolios de contratos de los agentes del mercado de electricidad colombiano en función del precio de bolsa y determinar las probabilidades de su estado de pérdidas y ganancias a partir de la evaluación de diferentes escenarios de precios mediante un modelo de reversión a la media. Los perfiles de riesgo calculados en este trabajo a través de simulación para un mercado de contratos no estandarizado describen de una manera muy aproximada la posición neta en contratos de cada agente frente al precio spot del mercado. Estos perfiles de riesgo permiten comparar la eficiencia en la contratación de los diferentes agentes, así como la obtención directa de cuantificadores de riesgo como el VaR del portafolio.

## 1. Introduction

En las últimas dos décadas los mercados de electricidad han venido reemplazando los monopolios gubernamentales tanto de generación como de transmisión y distribución en muchos países. A diferencia de otros mercados, los mercados de electricidad reflejan gran parte del desarrollo, la economía, la innovación tecnológica y, en general, la eficiencia en términos de microeconomía del sector eléctrico de cada país. El desempeño de estos mercados está conducido entonces, por las decisiones de inversión de los agentes participantes y de las compañías que los financian, así también por las decisiones de diseño, y control de los organismos que los regulan y controlan. Así mismo, las decisiones se basan en el análisis de las señales de precio, demanda y datos de las fuentes primarias de energía, entre otros, lo que conforma un proceso que se retroalimenta continuamente, es decir los que influyen en las señales las observan para tomar decisiones que de una u otra forma las afectan.

El precio spot de electricidad es una señal de vital importancia para todo el mercado, pero principalmente para los agentes productores y con-

sumidores. En un mercado con alta dinámica de inversión, las instituciones financieras también estudian las señales de precios, principalmente para conocer el riesgo asociado a un determinado agente o potencial agente. Con objetivos similares, el administrador del mercado, la entidad de control, el sector asegurador, el regulador, el gobierno y los grandes consumidores cuantifican y clasifican el riesgo asociado a los agentes y a las actividades que realizan.

De forma general se establece que ante la alta volatilidad del precio spot, el riesgo de precio es el más representativo para los agentes y que este se cubre comprando y vendiendo cantidades de electricidad a través de un portafolios de contratos. Sin embargo, en los mercados de electricidad, la valoración de portafolios de contratos enfrenta problemas significativos: en primer lugar, la modelación del precio spot de electricidad a futuro, debido a que esta serie de precios tiene un comportamiento especial con respecto al precio de activos e índices financieros.

En el Mercado de Electricidad de Colombia (MEC), el comportamiento del precio spot tiene alta dependencia de las fuentes de abastec-

imiento, que a su vez dependen de los ciclos hidrológicos y las condiciones económicas, de infraestructura y topológicas del sector de hidrocarburos. Adicionalmente esta influencia de las fuentes primarias sobre la producción es inmediata, debido a la imposibilidad de almacenamiento de la energía eléctrica .

Además de la dificultad para la modelación del precio, otro problema de la valoración de portafolios en mercados de electricidad, como un caso particular del MEC, es la complejidad de una solución óptima a la configuración del portafolio. La complejidad se debe a que los contratos no obedecen a una cantidad y a un precio fijo, como sucede en un contrato de compra y venta de acciones, por ejemplo. Sino que, tanto la cantidad como el precio se pueden calcular a través de formulas lógicas o matemáticas que involucran otras variables del mercado. Es decir, la cantidad puede ser construida con cualquiera de las variables disponibles del mercado, sea precio spot, demanda, generación, etc.

Es por esto que a diferencia de la solución óptima de un portafolio de Markowitz , en los portafolios del MEC no es posible determinar a priori las cantidades óptimas de contratos que dependen de las reglas del despacho de contratos y de fórmulas calculadas con otras variables, sin simular estos procedimientos. Estas dos condiciones del MEC representan la mayor complejidad para el análisis de riesgo de un portafolio y al mismo tiempo sugieren técnicas avanzadas de representación y exploración de los contratos.

Con base en lo planteado, en este trabajo proponemos la construcción de un perfil de riesgo neto por portafolio de contratos de electricidad para un mes futuro con información de contratos registrada por el administrador del mercado. Al combinar este perfil de riesgo con técnicas de análisis de riesgo, como un modelo de simulación de escenarios de precios, técnicas de estimación de Valor en Riesgo (VaR), entre otros, se puede obtener una buena estimación del riesgo de precios de cada portafolio, que aprovecha al máximo las condiciones pactadas en los contratos.

El cálculo de perfiles de riesgo desarrollados en este trabajo tiene aplicación para nuevas metodologías de cálculo de garantías y análisis de riesgo de portafolios pactados por los agentes que participan en el mercado eléctrico colombiano.

## 2. Desarrollo

En los mercados de derivados se analizan los contratos, los portafolios, las posiciones y el cubrimiento a través de Perfiles de Riesgo. Si suponemos que se pueden utilizar perfiles similares a los utilizados en derivados financieros para modelar los diferentes tipos de contratos en el Mercado Eléctrico Colombiano (MEC), se podría, no solo, representar con perfiles de riesgo las condiciones de cada tipo de contrato que dependen del precio, sino también aplicarse técnicas de análisis de riesgo conocidas a estos perfiles.

Para la construcción de los perfiles hemos recurrido a la simulación del despacho de los contratos, y para justificar esta metodología, revisaremos de manera general las reglas y las condiciones con las que se despachan los contratos actualmente.

### 2.1. Mercado de Contratos Bilaterales

En un mercado con contratación estandarizada como los mercados derivados, los agentes pueden cubrirse ante el riesgo de mercado a través de futuros, forwards, opciones y swaps entre otros instrumentos[6]. En estos instrumentos existen, por lo general, cuatro variables fijas: precio, prima, cantidad y vigencia. En el MEC, los contratos se componen de tres variables fijas y dos variables calculadas hora a hora, a través de fórmulas. Las variables fijas son: modalidad de despacho, sub-mercado y vigencia. Las variables calculadas son precio y cantidad, pero a su vez, se calculan con una fórmula que puede ser función de otras variables del mercado, incluso del despacho de otros contratos[7],[10].

El precio puede ser fijo o ser calculado con índices del mercado como el Costo Equivalente Real de Energía (CERE), el precio promedio ponderado del mercado (Mm), el precio de oferta de generación y el precio spot.

Las cantidades de los contratos en el MEC también pueden ser fijas o pueden ser calculadas a través de fórmulas con las variables del mercado, por ejemplo existen contratos cuyas cantidades se calculan con base en valores horarios de generación, demanda de un grupo de usuarios (sub-mercados) y/o despacho de otros contratos y el precio de bolsa, entre otras variables.

La modalidad puede ser pago lo contratado

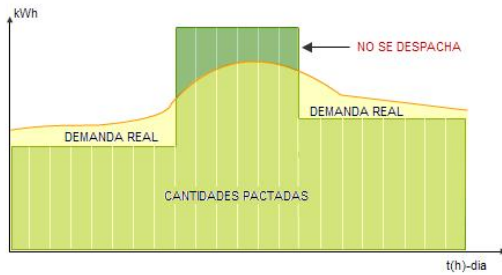


Figure 1: Contrato Modalidad Pague lo Demandado

o pague lo demandado; la primera funciona de la misma forma que un contrato take or pay . La modalidad pague lo demandado (ver Fig. 1), como su nombre lo indica, depende del consumo del sub-mercado que atiende, y se le aplica una regla de despacho, en la cual, los contratos son despachados uno a uno por orden de precio de menor a mayor con el fin de minimizar el costo total de las transacciones en contratos de cada agente.

El sub-mercado es una de las variables que introduce mayor complejidad de modelación al mercado de contratos de largo plazo. Por sub-mercado se entiende el mercado objetivo del contrato, es decir, un contrato puede estar destinado exclusivamente al consumo de algunos de los usuarios regulados del comprador; se puede dirigir al despacho de otro contrato, incluso puede perseguir múltiples objetivos, por ejemplo, el despacho de un grupo de contratos o el consumo de un grupo de usuarios. Esta variable es indispensable a la hora de despachar los contratos de modalidad pague lo demandado, ya que los contratos que estén destinados a un mismo sub-mercado compiten por precio en el orden de despacho.

Finalmente, Las reglas del mercado también generan una diferencia entre los portafolios de contratos en el MEC y los contratos estandarizados en mercados financieros. Una de las reglas del mercado que representa mayor contraste es el cálculo de las transacciones en bolsa ó balance del mercado, el cual se construye a partir de los otros componentes del agente y debe ser igual a cero para todas las horas:

$$CC + CB + G - VC - VB - D = 0 \quad (1)$$

CC: son las compras en contratos,  
 VC: son las ventas en contratos,  
 CB: son las compras en bolsa,  
 VB: son las ventas en bolsa,  
 G: es la generación real y  
 D: es la demanda total.

Este balance (1) garantiza para cada agente, que sus excedentes (de generación o de compra en contratos) se venderán en la bolsa a precio spot; de forma análoga, garantiza que sus faltantes (de demanda o de venta de contratos) se compraran en la bolsa a precio spot.

En resumen, en el MEC los contratos con distintas fórmulas y variables no son comparables hasta conocer el resultado de calcular las cantidades y precios, y luego aplicar las reglas de despacho, obteniendo así un valor único de cantidad y precio (horarios) que se puede analizar y comparar. En la siguiente sección, hacemos una propuesta para hacer comparables todos los tipos de contratos, obteniendo una aproximación al resultado de todo el procedimiento de liquidación de contratos a través de simulación, utilizando la información registrada para los meses futuros y estimando los insumos que requieren los contratos para despacharse.

## 2.2. Perfiles de Riesgo de los Portafolios

La revisión de las características de los contratos en el MEC nos permite clarificar las dificultades en el problema de medición de riesgo de este mercado, se evidencia lo complejo que puede ser comparar dos contratos con fórmulas para calcular sus respectivas cantidades y precios. Esto se refleja sobre la estimación del riesgo de un portafolio con estos contratos que además incluyen las reglas del mercado. Ahora, en esta parte del trabajo explicamos nuestra propuesta para representar y analizar los portafolios del MEC, los cuales hemos generalizado como 'Portafolios No Estandarizados', por lo explicado anteriormente.

Comencemos con una analogía con los mercados derivados; En estos mercados, un contrato forward tiene como parámetros, precio único  $k$  y cantidad  $m$ , por tanto el perfil de riesgo de este contrato para el agente que está corto se representa en la fig.2a. Por otro lado, el perfil de riesgo de un contrato del MEC con fórmulas de precio

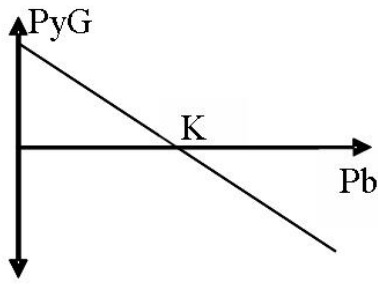


Figure 2: Perfil de un *Forward* en Derivados

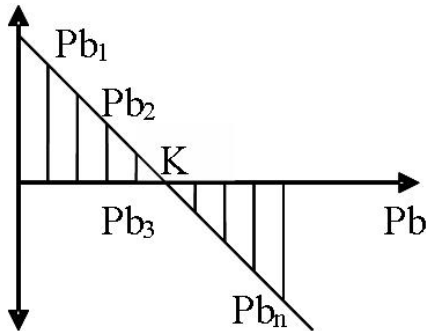


Figure 3: Perfil de un *Forward* Simulado

podría calcularse liquidando el contrato de forma discreta, en intervalos del precio de bolsa y evaluando el PyG del contrato (Estado de Pérdidas y Ganancias) para cada precio.

En ambos perfiles, aplican los términos corto y largo; y se interpretan de la siguiente forma, un agente está corto en el subyacente, si tiene pérdidas cuando hay aumento del precio spot y está largo cuando obtiene ganancias en el mismo caso.

Incluso se puede generalizar esta terminología a todos los negocios y agentes en el MEC. Es decir un agente del mercado eléctrico tiene asociado un perfil de riesgo, aunque no haya realizado ninguna operación de cobertura. Un agente comercializador con demanda y sin contratos de compra estaría corto en el precio spot porque tendría que comprar la energía en el mercado spot para satisfacer la demanda y cerrar su balance. Esta posición se puede representar con el perfil de un contrato forward corto (Fig. 2a).

Los contratos con fórmulas tendrían perfiles que se pueden asimilar a derivados exóticos, o derivados compuestos por varios contratos de opciones. De esta forma cada contrato con o sin fórmula tiene asociado un perfil de riesgo, y es posible hallar un perfil de riesgo agregado para cada portafolio de contratación para cada uno de

los agentes del mercado. Es posible que, debido a la forma como están estructurados los portafolios de los agentes, algunos de ellos no tengan ningún riesgo ante las variaciones de precios del mercado. Por ejemplo imagínese un generador que tiene un contrato en el cual vende únicamente la energía generada a un precio igual a su costo de producción más un margen de ganancia. El perfil neto de este agente en PyG sería una línea horizontal equivalente a su margen de ganancia menos sus costos fijos llevados al horizonte de tiempo de análisis. Un caso más simple de un agente sin riesgo en contratos lo presentan aquellos agentes que venden en uno o varios contratos las mismas cantidades que compran en uno o varios contratos bajo la misma modalidad de venta a un precio menor.

Nuestra propuesta entonces se basa en que cualquier posición en contratos de un agente cualquiera podría representarse liquidando sus contratos de forma discreta en un rango de posibles valores de precio spot y calculando su PyG para cada precio (Fig. 2b). De esta forma se puede estimar, a través de simulación, el perfil de riesgo de un agente para un periodo futuro, sin omitir la información registrada de fórmulas y cantidades del contrato, ni las reglas del mercado que afectan el PyG del portafolio.

En principio, el modelo de simulación (C1) implementado para liquidar los contratos, utiliza la base de datos del Sistema de Intercambios Comerciales del Mercado de Energía Mayorista (MEM) para reproducir el despacho de los contratos de electricidad en un rango de precios spot. Adicionalmente se hicieron pruebas para el mes de julio de 2007 utilizando las variables reales del mercado disponibles en mayo de 2007.

Otro problema, al que nos enfrentamos en el proceso de simulación de la liquidación de contratos en el MEC, es que necesitamos de todas las variables del mercado para cada hora de análisis para efectos de calcular el perfil de riesgo. Esto implica que el volumen de información que debe tenerse en cuenta para calcular las cantidades de todos los contratos que se despachan en una hora, es considerablemente grande. Si a lo anterior, se le adiciona que se debe simular la liquidación los contratos para cada precio de bolsa, la cantidad de información se incrementa según el nivel de detalle deseado.

Cada escenario de precio de bolsa implica un despacho de generación, dado que la generación es una variable importante en las fórmulas con las que se calculan las cantidades de los contratos. Para reproducir los escenarios de generación, se tuvieron en cuenta las disponibilidades declaradas de todos los generadores con precios de oferta inferiores al precio de bolsa utilizado para dicho escenario. Para las horas en las cuales la disponibilidad de generación era mayor a la demanda, se calculó la generación real a prorrata de la capacidad disponible .

Para hallar el perfil de riesgo de los portafolios se tomaron todos los contratos registrados por los agentes del mercado, y se realizó el despacho de los mismos para la hora 19 de un día típico. El análisis se llevó a cabo para determinar el riesgo asociado a la variación del precio spot y el impacto de las variaciones del mismo en los ingresos estimados de un agente. Luego, se varió el precio de bolsa entre el precio mínimo al cual podían ofertar los agentes y un valor máximo de precio (i.e. 150\$/kWh). Cada escenario del precio de bolsa requiere un proceso de despacho de contratos con el fin de determinar el perfil de riesgo de cada contrato, así como del portafolio de contratación y de los agentes. Como resultado de los despachos se obtiene una estimación de las utilidades o pérdidas para cada precio de bolsa a nivel de contratos, portafolios y agentes.

En los escenarios reproducidos, únicamente varían el precio spot y la generación de los recursos. Las demandas, sub-mercados, precios pactados en contratos, cantidades de contratos, fórmulas de contratos, variables del mercado como el CERE y el Mm, conceptos de la liquidación, y demás variables macroeconómicas utilizadas para el despacho de los contratos, se mantuvieron constantes para todos y cada uno de los escenarios simulados, con el fin de construir una curva de PyG con respecto al precio spot.

### 2.3. Resultados de la Simulación de Liquidación de Contratos

El resultado de la simulación arrojó como se tenía previsto una gráfica del perfil de riesgo, que explica la posición del agente frente al mercado de contratos. En este tipo de gráficas se puede visualizar las pérdidas y ganancias posibles en los portafolios de contratación para cada agente en

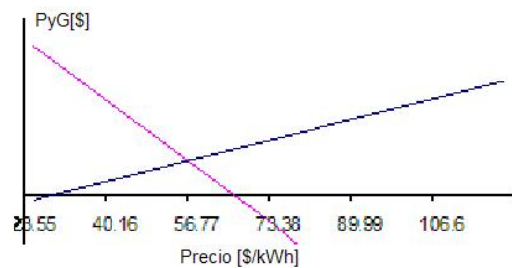


Figure 4: Posiciones de un agente integrado

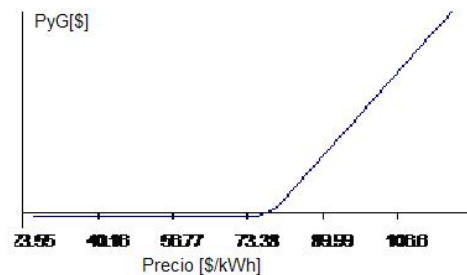


Figure 5: Perfil Tipo Opción Call

cada precio spot simulado.

**Cobertura Natural.** Los resultados del modelo C1, arrojaron que la mayoría de los perfiles de riesgo calculados para los portafolios de contratación de los agentes del MEC, se asemejan al perfil de los contratos tipo forward de derivados, bien sea en posiciones largas o cortas.

Este perfil refleja que muchos de los agentes utilizan el tipo de cobertura más simple que se puede construir con contratos bilaterales en el MEC, y los agentes la utilizan tomando la posición contraria a su posición natural dependiendo del tipo de actividad. Por ejemplo, los comercializadores compran contratos, con el fin de tomar una posición larga en el subyacente que contrarreste la posición corta natural. En el caso de los generadores, que tienen una posición larga por naturaleza, la cobertura la realizan tomando una posición corta vendiendo su energía en contratos.

**Cobertura de agentes integrados.** Las empresas que realizan actividades tanto de generación como de comercialización, por lo general presentan posiciones opuestas en cada uno de los agentes que la conforman. A través del cálculo de perfil de riesgo por empresa, es decir, agrupando a los agentes que la conforman, se puede visualizar el cubrimiento mutuo con contratos bilaterales (Fig. 3a).

**Perfiles de PyG exóticos.** Además de posi-

ciones largo o corto en perfiles similares a los contratos forward, los resultados también muestran perfiles que se asemejan a los de las opciones tipo call, tipo put, y combinaciones de estas como straddles y strangles. Estas posiciones, un poco más sofisticadas reflejan el nivel de aversión al riesgo de algunos agentes que alcanzan a llegar más lejos del simple cubrimiento (Fig. 3b).

*Evidencia de Arbitraje.* Si bien, el arbitraje es una posición escasa en los mercados eficientes, sigue siendo la posición ideal para cualquier agente del mercado. En los análisis de los resultados, se encontró esta condición en contratos de compra y venta de comercializadores (Fig. 4a y 4b).

#### 2.4. Aplicación de VAR a perfiles de Riesgo

Teniendo como referencia algunos modelos de VaR y simulación de precios propuestos por Jorion-2004 [9], y Philipovic-1997 [5], utilizamos una simulación del proceso estocástico MR ó Mean Reversion (reversión a la media) para simular precios de electricidad en un periodo de interés. El objetivo de esta simulación es revisar el desempeño de los perfiles de riesgo en contratos no estandarizados al aplicar técnicas de análisis de riesgo habituales; en este caso una aplicación de VaR.

El modelo de precios utilizado para la simulación es MR, fue seleccionado debido a su simplicidad y su gran aplicación en precios de electricidad. Estos precios presentan particularidades en su comportamiento que dificultan su modelación. El comportamiento especial se debe a que los precios reaccionan fuertemente ante las fluctuaciones de la oferta (escasez o sobreoferta) y la demanda (picos de carga y estacionalidad) porque el producto debe consumirse inmediatamente.

La ecuación básica del modelo describe las variaciones en el precio, según una velocidad de reversión y un precio medio de largo plazo:

$$\delta P_S = \eta(LRM - P_S)dt + \sigma P_S dz \quad (2)$$

Donde  $P_S$  y  $dP_S$  son el precio spot de electricidad y su variación en intervalos de tiempo, respectivamente;  $\eta$  es la velocidad de reversión; LRM (Long Run Mean) es el valor del precio en equilibrio o el precio medio en el largo plazo; es la

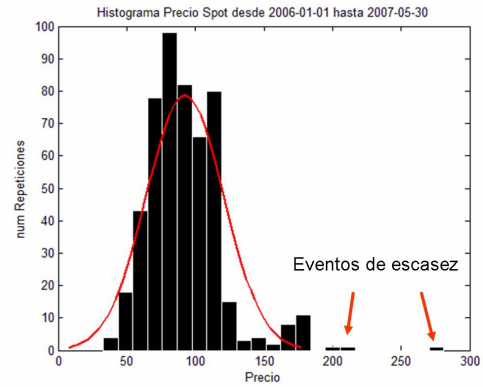


Figure 6: Distribución de probabilidad Precios

volatilidad anualizada del precio; y  $dz$  es el incremento de Wiener (parámetro aleatorio distribución normal estándar).

Se puede notar que el primer término está compuesto por la diferencia positiva o negativa entre el precio spot y el precio de equilibrio y que esta diferencia hace las veces de imán que atrae el nuevo precio generado al punto de equilibrio proporcionalmente a la velocidad de reversión. El segundo término, por su parte, es un componente aleatorio que complementa la formula estocástica.

Para la simulación del modelo se calibraron los parámetros del modelo a través de la ecuación que describe este proceso, y un componente adicional de estacionalidad que se introduce asumiendo que el precio en el periodo de análisis se comportará de manera similar al mismo periodo del año anterior, reconociendo la fuerte condición de oferta de recursos hidráulicos y su estacionalidad anual. El modelo definitivo fue simulado con el logaritmo del precio spot, para facilitar la estimación de los parámetros y evitar inconsistencias en precios negativos.

La característica que se puede capturar con el proceso MR es que estos precios tienen un equilibrio económico y los movimientos ascendentes o descendentes fluctúan alrededor de él. Por ejemplo, supongamos que se observan precios de electricidad en Colombia alrededor del precio de escasez debido a la salida de operación de varias plantas representativas. La mayoría de los agentes intentarán vender y evitarán comprar electricidad en el spot mientras las plantas vuelven a la operación, es decir, ellos intuitivamente esperan que los precios vuelvan a un equilibrio.

Estas expectativas intuitivas son soportadas por el proceso MR que describe un movimiento de precios alrededor de un precio de equilibrio, tal como se observa con los precios de electricidad en Colombia (Fig. 6.b).

En la Fig. 6 se observa la serie de precios de electricidad promedio semanales para el caso colombiano desde enero de 1997 hasta febrero de 2008, tanto para precios como para retornos del precio. Sólo con estas gráficas se pueden notar los saltos positivos asimétricos (Fig. 6.a) y la alta volatilidad producidas por esta serie (Fig. 6.b).

Combinando los resultados de la simulación del perfil de riesgo con los resultados de la distribución de probabilidad de precios de electricidad se puede estimar una distribución general para las pérdidas y ganancias de manera directa.

Por ejemplo para estimar el VaR de cada uno de los portafolios de los agentes y de las empresas que tuvieron actividad en contratos durante el mes de julio de 2007 se asoció cada nivel de pérdidas del perfil de riesgo a la probabilidad de ocurrencia del precio que está asociado a ese nivel. En la Fig. 7, se observa en el eje x las pérdidas (al lado izquierdo del eje) y las ganancias (al lado derecho del eje). De aquí se obtiene mucha información sobre la posición de un agente para el periodo de análisis. El PyG esperado para este agente (por concepto de contratos en la hora 19) es positivo, y es de aproximadamente 5 Millones de pesos-hora con una probabilidad estimada del 23%. Ahora, la pérdida máxima estimada en un intervalo de confianza del 5% o VaR (95%) se obtiene también directamente de esta gráfica, y es de 12 Millones de pesos-hora,

Obsérvese que con esta distribución se pueden identificar niveles de pérdida y ganancia en cualquier intervalo de confianza

### 3. Conclusiones

La estimación del riesgo del precio de los agentes del mercado eléctrico colombiano es un problema de alta complejidad que requiere la utilización de herramientas de simulación para considerar las condiciones reales pactadas en los contratos.

Para obtener un perfil del riesgo de precios para un agente, es necesario realizar un despacho completo de los contratos, en un amplio rango

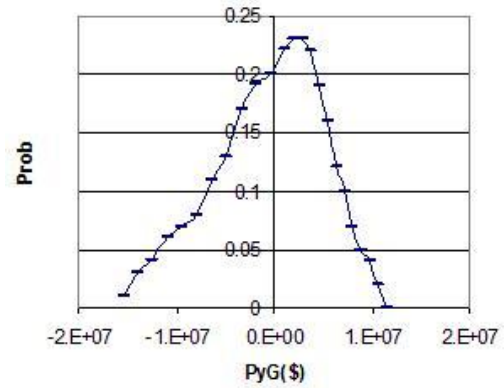


Figure 7: Ejemplo de Gráfico de VaR por agente.

de precios spot y agruparlos de acuerdo a los portafolios. En algunos casos, los perfiles de los portafolios de los agentes son similares a los perfiles de opciones exóticas que se manejan en los mercados financieros, sin embargo, no es posible evaluar el riesgo con los modelos que evalúan activos financieros, ya que los precios de energía no cumplen con muchos de los supuestos que requieren estos modelos.

El hecho de calcular un perfil de riesgo de los portafolios de cada uno de los agentes del mercado permite hacer un seguimiento a los niveles de cobertura de los agentes, así como su nivel de aversión al riesgo.

El perfil de riesgo ayuda a comparar posiciones de diferentes tipos de mercados de contratos de electricidad, por ejemplo, el mercado de contratos entre agentes que existe actualmente y el MOR (Mercado Organizado Regulado) que es un mercado de contratos con subastas que se encuentra en propuesta regulatoria.

Al incluir un modelamiento del precio de energía, se puede encontrar la probabilidad de ocurrencia de una pérdida o una ganancia dado el perfil de riesgo. Esta forma de análisis permite obtener de forma directa la distribución de PyG de un portafolio de contratación, lo cual facilita la estimación de diferentes medidores de riesgo del mismo, como el VaR y el Retorno Esperado. Un producto de esta naturaleza, facilitaría el trabajo de todas las partes interesadas en conocer el nivel de riesgo de una empresa del sector eléctrico, ante eventuales variaciones del precio de bolsa.

Al tener una medida del riesgo de los agentes se podrían implementar mecanismos de garantías flexibles, así como otros mecanismos que per-

mitan reducir los costos de financiamiento y los niveles de cartera del mercado. Igualmente se podría emplear esta información en entidades como bancos, compañías aseguradoras y en cámaras de compensación.

Los perfiles de riesgo obtenidos muestran que la mayoría de los agentes del mercado de energía hacen una cobertura simple tomando una posición opuesta a su posición natural, sin embargo, se puede evidenciar que algunos agentes están realizando coberturas avanzadas. Esto podría tomarse como una señal de la necesidad del mercado de implementar un mecanismo que permita transar derivados de energía, como se hace en otros mercados más desarrollados como Nord-Pool y PJM.

#### 4. Bibliografía

1. Blanco, C., Soronow, D. Mean Reverting Processes - Energy Price Processes Used For Derivatives Pricing & Risk Management. Energy Pricing. June 2001
2. Boyle, P. Options: A Montecarlo Approach. Journal of Financial Economics 4 (1997), pp. 323-338.
3. Charnes, J.M. (2000): Using Simulation for Option Pricing. Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference, 2000, 7 pp.
4. Copeland, T. Antikarov, V. Real Options A Practitioner's Guide. Texere. 2001.
5. Dragana Philipovic. Energy Risk. Valuing and Managing Energy Derivatives. McGraw-Hill, New York, 1997.
6. Hull, John. Options, Futures, and Other Derivatives. Prentice Hall. Fifth Edition. 2003
7. J. C. Obando. Optimización del despacho de contratos y transacciones en bolsa. Revista Mundo Eléctrico, Vol. 21, No 66, Enero-Marzo 2007. p. 22-24.
8. Luis M. Cabral. Introduction To Industrial Organization. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts. 2000.
9. Philippe Jorion. Valor en Riesgo. Universidad de California. Limusa. 2004.
10. Resolución CREG 024 de 1995. Disponible en [www.creg.gov.co](http://www.creg.gov.co).
11. Ríos, D. Ríos, S. Martín, J. Simulación Métodos y Aplicaciones. Alfaomega. 2000.
12. V. H. Ibarra M. Modelos de un factor en la evaluación de opciones a corto plazo en el mercado de gas. Disponible: <http://cbi.izt.uam.mx/foroacademico/2007/res/cartel43.p>