

Modelación estocástica de precios de energía eléctrica en bolsa: Una perspectiva para la valoración de instrumentos derivados financieros

Grupos de Investigación:

- Análisis Funcional y Aplicaciones
- Modelado Matemático
- Economía y Empresa

Departamento De Ciencias Básicas

Universidad EAFIT- Octubre 20 de 2014

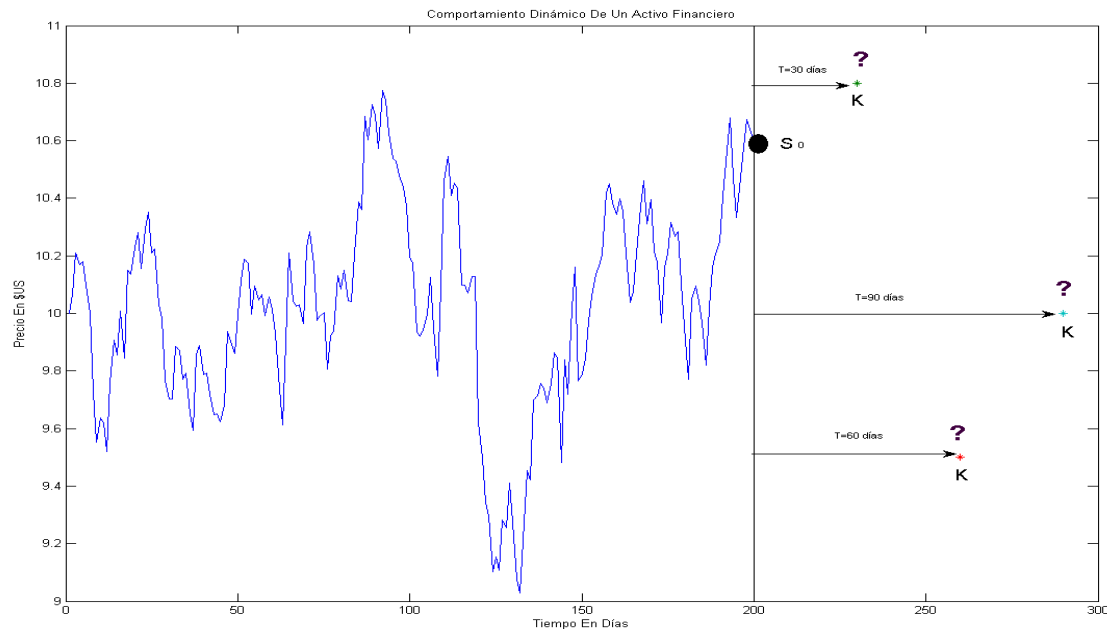
Freddy H. Marín S.

Instrumentos derivados financieros

Son acuerdos financieros cuyo precio está determinado, por el valor presente del activo subyacente, su volatilidad, el precio de ejercicio pactado, la tasa de interés libre de riesgo y el tiempo de expiración del contrato.

Los derivados pueden realizarse sobre tasas de interés, tipos de cambio, precios de materias primas (*commodities*) y acciones, entre otros.

En general, el valor de un instrumento derivado es una función $f = f(E_0, T, K, \sigma_E, r)$



En el año 2008 organismos financieros internacionales, como el Fondo Monetario Internacional (FMI) y la International Finance Corporation (IFC) han observado la necesidad de desarrollar un mercado de instrumentos derivados financieros para Colombia.



Estas instituciones afirman que la promoción de dichos instrumentos se constituye en un elemento fundamental para la adecuada gestión de riesgos por parte de las entidades financieras y de los sectores energético y agrícola.

La Bolsa de Valores de Colombia y XM Compañía de Expertos en Mercados presentan proyecto de mercado de derivados energéticos

La Bolsa de Valores de Colombia S.A. (BVC) y XM Compañía de Expertos en Mercados S.A. E.S.P. (XM), filial de ISA, anunciaron la creación de un mercado de derivados energéticos en Colombia, mediante una iniciativa empresarial conjunta que se llamará Derivex S.A.

La nueva compañía, en la que la BVC y XM serán propietarias, cada una del 50% de las acciones, tendrá bajo su objetivo administrar el mercado de derivados de *commodities* energéticos, es decir, energía, gas y biocombustibles entre otros e iniciará operaciones durante el segundo semestre de 2009, una vez se obtengan las respectivas autorizaciones por parte de la Superintendencia Financiera de Colombia y de las demás entidades de regulación vinculadas a los sectores energético y financiero del país.

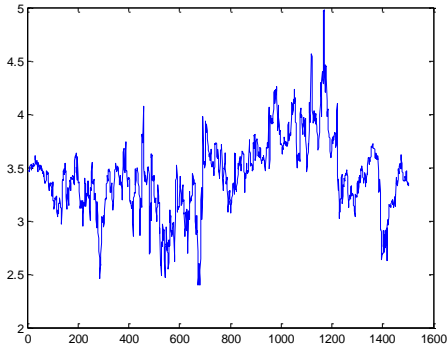
Derivex abre sus puertas a los inversionistas

En 2010 Derivex S.A., recibió autorización de la Superintendencia Financiera de Colombia para entrar en operación. Esta compañía, creada entre la Bolsa de Valores de Colombia y la filial de ISA, XM, ofrecerá al mercado gradualmente productos de cobertura e inversión sobre electricidad, gas, carbón, biocombustibles y emisiones de CO2.



De la serie de precios, a la estrategia de cobertura de riesgos

Datos Históricos



Modelo Estocástico

$$dS_t = f(t, S_t)dt + g(t, S_t)dB_t$$

Estimación del Modelo



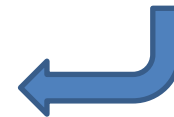
Valor del contrato como una EDP

$$\frac{\partial f}{\partial t} + [f(t, S_t) - \lambda(t, S_t)] \frac{\partial f}{\partial S_t} + \frac{1}{2} g^2(t, S_t) \frac{\partial^2 f}{\partial S_t^2} = r f$$

Estrategias de Cobertura



Configuración del Mercado



Las EDEs en mercados energéticos

Ali y Lavassani (Canadá)

$$dP_t = \alpha(\mu - P_t)dt + \sigma dB_t$$

Modelo de Pilipovic (Canadá)

$$\begin{cases} dE_t = \alpha(L_t - E_t)dt + \sigma E_t dB_t^{(1)} \\ dL_t = \mu L_t dt + \omega L_t dB_t^{(2)} \end{cases}$$

Modelo de Geman y Roncoroni (Alemania)

$$dE_t = u'(t)dt + \theta_1[u(t) - E_t^-]dt + \sigma dB_t + h(t^-)dj(t); \quad j(t) = \sum_{i=1}^{N(t)} j_i$$



Estructura Principal de Generación en Colombia



Modelación de precios spot en el Pool eléctrico Colombiano

Gráfico de ofertas en el Pool

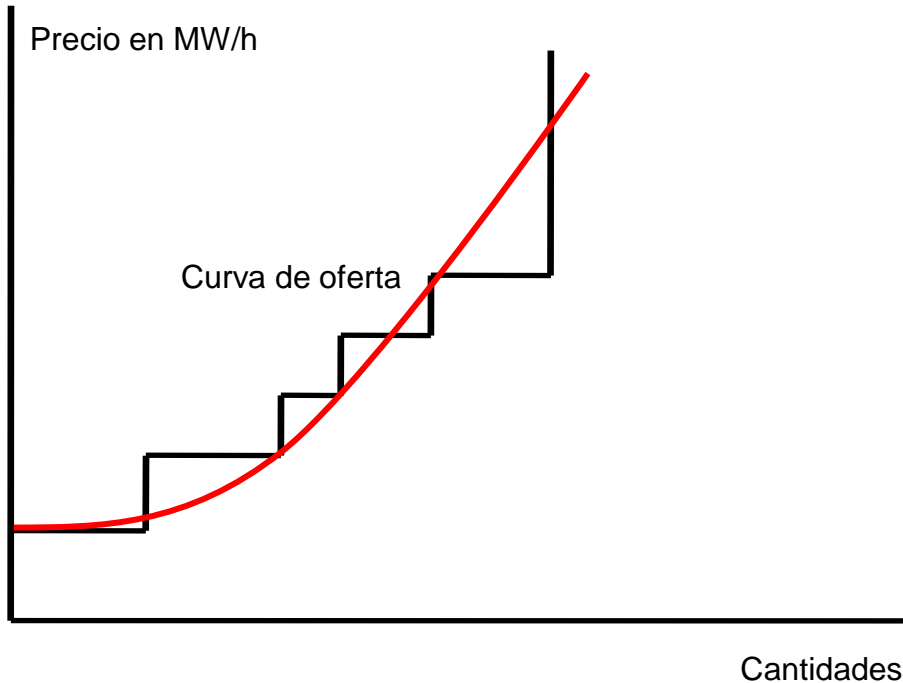
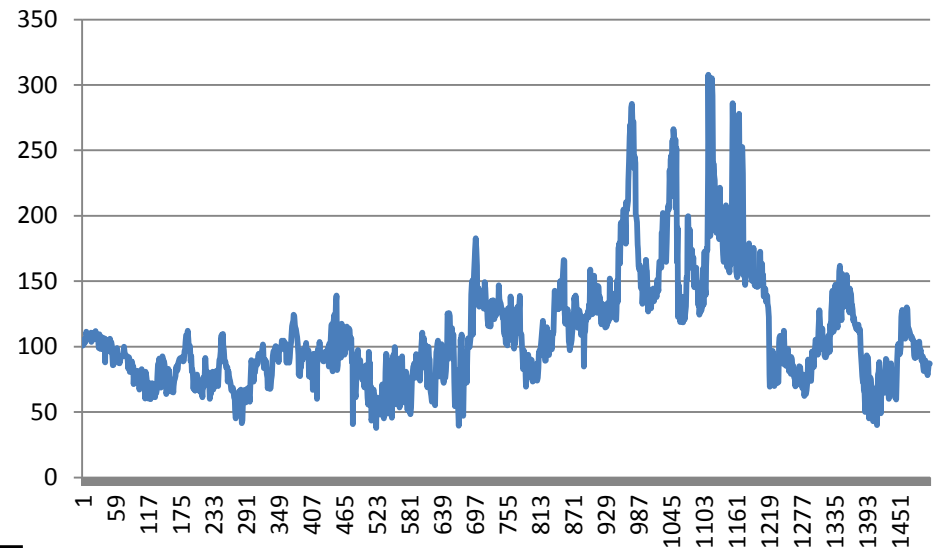


Gráfico de precios diarios



Modelación de precios spot diarios (DA)

El comportamiento del precio de la energía se describe con la siguiente forma funcional:

$$P_t = \alpha_t * \varphi P_{t-1} * e^{A_t * D_t - B_t * O_t + \varepsilon_t} ; \quad D_t = O_t + Q_t$$

donde:

P_t : precio de la energía para cada día

α_t : parámetro dinámico que captura los costos marginales , las condiciones climatológicas (Niño, Niña), las intervenciones del gobierno

A_t : elasticidad de la demanda con respecto al precio

D_t : demanda diaria

B_t : elasticidad del oligopolio con respecto al precio

O_t : cantidad generada por el oligopolio

P_{t-1} : precio de la energía rezagado un periodo

φ : parámetro de ponderación del rezago

ε_t : término de error, que distribuye $N(0, \sigma)$

Modelación de precios spot diarios (DA)

En forma logarítmica se obtiene el modelo discreto

$$E_t = \tilde{\alpha}_t + \varphi E_{t-1} + C_t * Q_t + \varepsilon_t$$

donde,

$$E_t = \ln(P_t) \quad \tilde{\alpha}_t = \ln(\alpha_t)$$

En tiempo continuo se obtiene

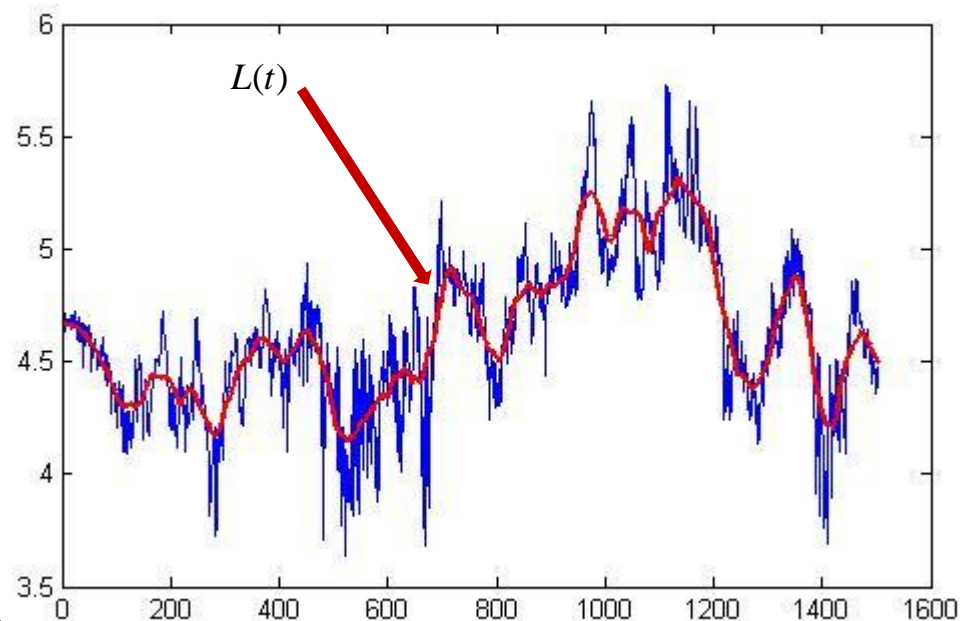
$$dE_t = \alpha(L(t) - E_t)dt + \sigma dB_t$$

donde,

$$L(t) = \frac{(\tilde{\alpha}_t + C_t * Q_t)}{\alpha} \quad \alpha = 1 - \varphi$$

$\{B_t\}_{t \geq 0}$ es un Movimiento Browniano Estándar Unidimensional

Gráfico de precios diarios en logaritmos



Estimación del modelo de precios spot

Se uso una combinación de varias técnicas

- Máxima verosimilitud
- Convolución → Medias móviles
- Filtro de Kalman (Local Level)

Estimación del modelo de precios spot

Se uso una combinación de varias técnicas

- Máxima verosimilitud
- Convolución → Medias móviles
- Filtro de Kalman (Local Level)

El resultado?

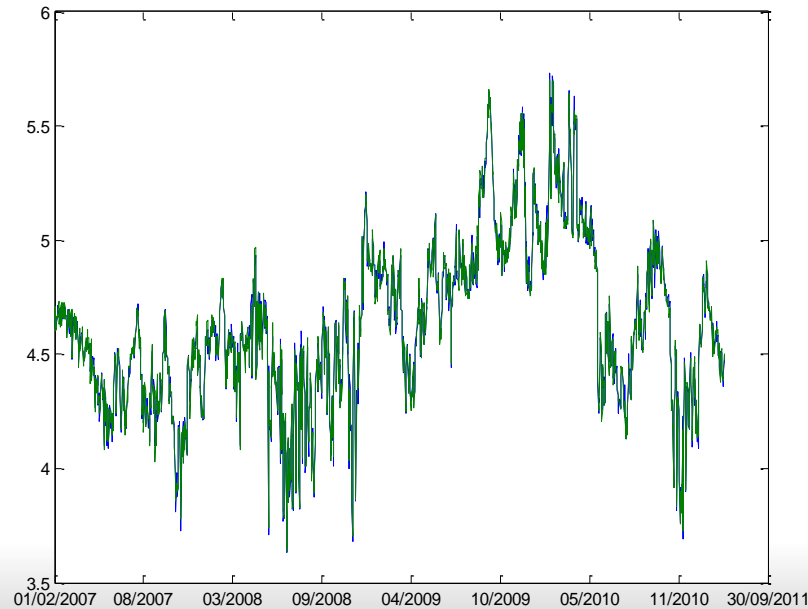
Estimación del modelo de precios spot

Se uso una combinación de varias técnicas

- Máxima verosimilitud
- Convolución → Medias móviles
- Filtro de Kalman (Local Level)

El resultado?

Gráfico de precios diarios en logaritmos Vs. modelo estimado



Perspectiva para la valoración de instrumentos derivados financieros

Usando argumentos de valoración de riesgo neutral, el valor de una opción Call Europea, por ejemplo, con precio de ejercicio K , tiempo de maduración T y tasa de interés libre de riesgo r , está dada por la solución de la ecuación:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + [\alpha(L(t) - E) - \sigma \lambda(t, E)] \frac{\partial f}{\partial E} + \frac{1}{2} \sigma^2 \frac{\partial^2 f}{\partial E^2} = r f$$

Con la condición de frontera

$$f = \text{Máx}(E - K, 0); \quad t = T$$

$\lambda(t, E)$ \longrightarrow Prima de riesgo del mercado

**Muchas
gracias!!!**