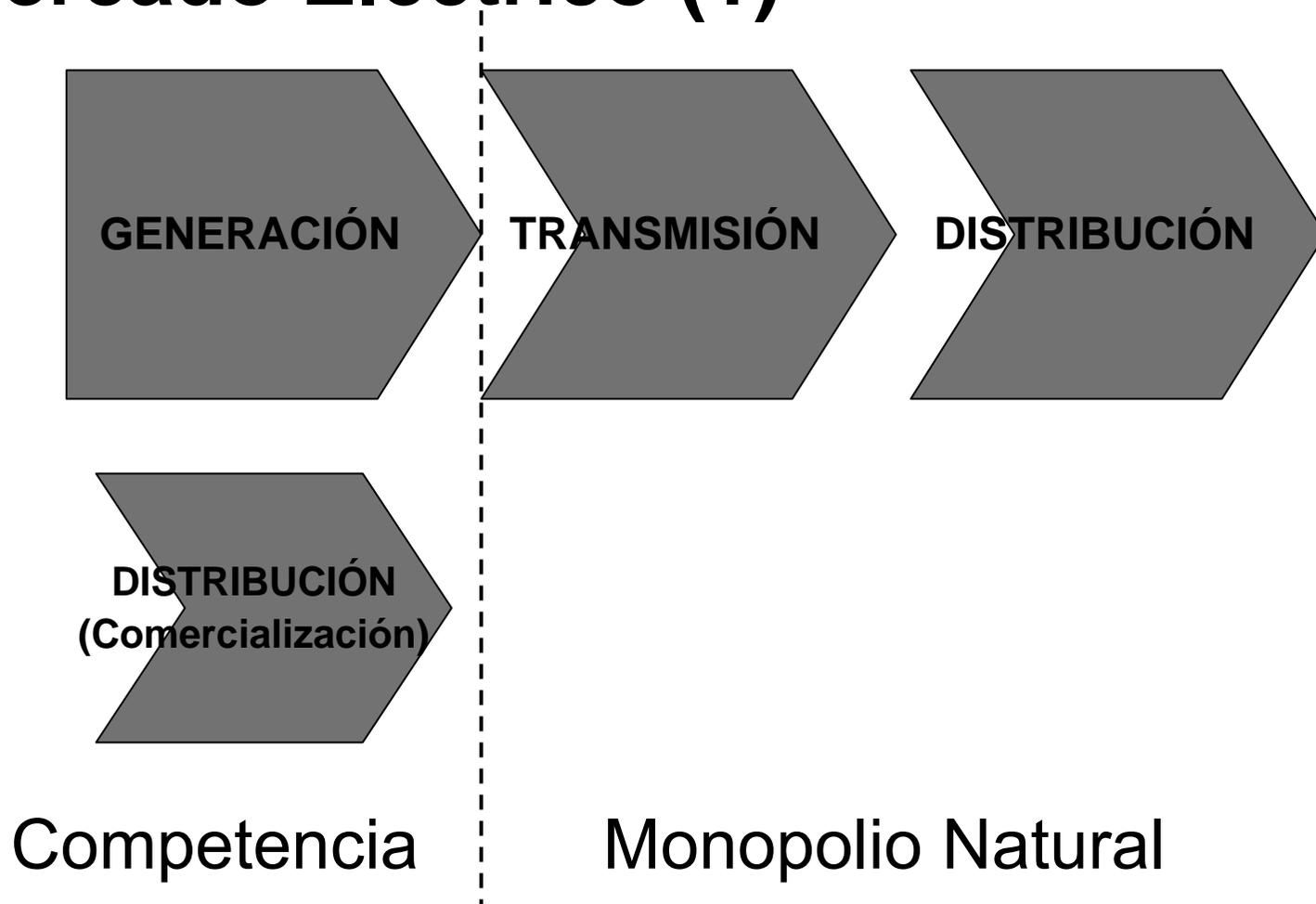


**ESTIMACION DEL PRECIO DE
MERCADO DE RIESGO
INCORPORADO EN CONTRATOS
DE CLIENTES LIBRES DEL
MERCADO ELÉCTRICO**

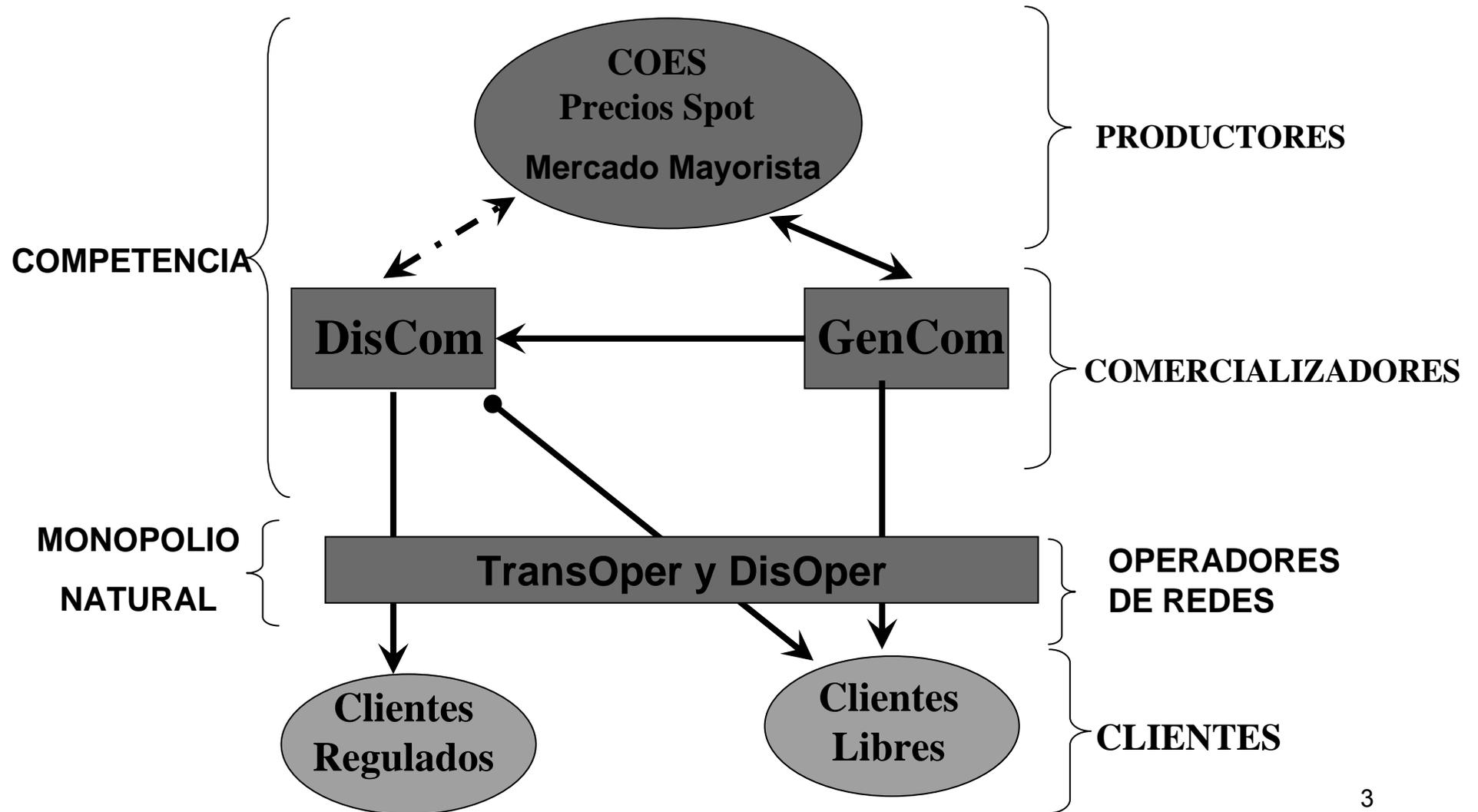
David Orosco (OSINERG)

Gerardo Tirado (UNI)

El Proceso de Desregulación del Mercado Eléctrico (1)



El Proceso de Desregulación del Mercado Eléctrico (2)



El Mercado de Clientes Libres (MCL)

- Contratos Bilaterales con referencia al Precio Spot en el mercado en tiempo real.
- Los precios consignados en los contratos son estables.
- Se asume el riesgo de la variación del precio Spot, elevando el retorno esperado del contrato (premio de riesgo)

Objetivo de la Investigación

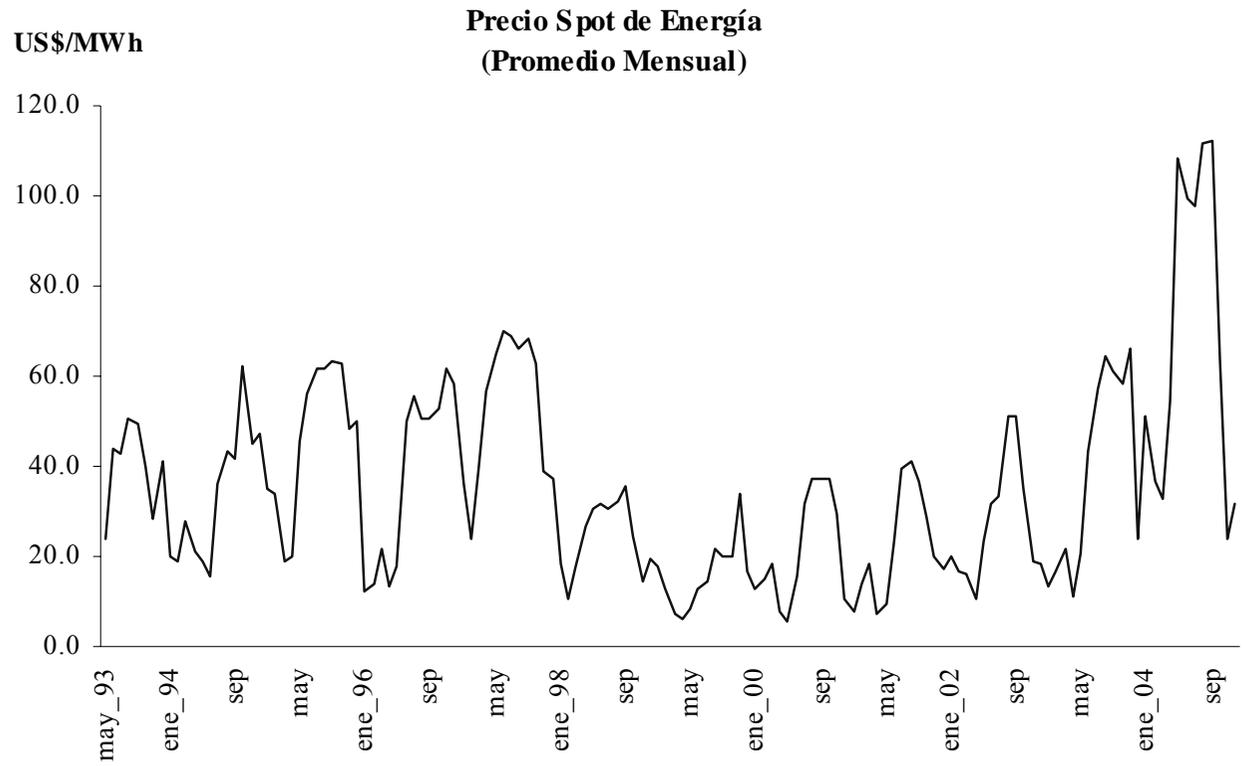
- Calcular el premio de riesgo incorporado en los Contratos del Mercado de Clientes Libres, teniendo en cuenta:
 - Derivado Financiero Exótico (OTC)
 - Activo Subyacente: Precio Spot de la energía
 - La energía es un commodity no almacenable

El Precio Spot de la energía eléctrica

Se debe tener en cuenta que:

- Precio Spot = Costo Marginal de Corto Plazo.
- El parque de generación es preponderantemente hidráulico.
- No existe mercado spot horario o diario.
- Transacciones son liquidadas de manera mensual.

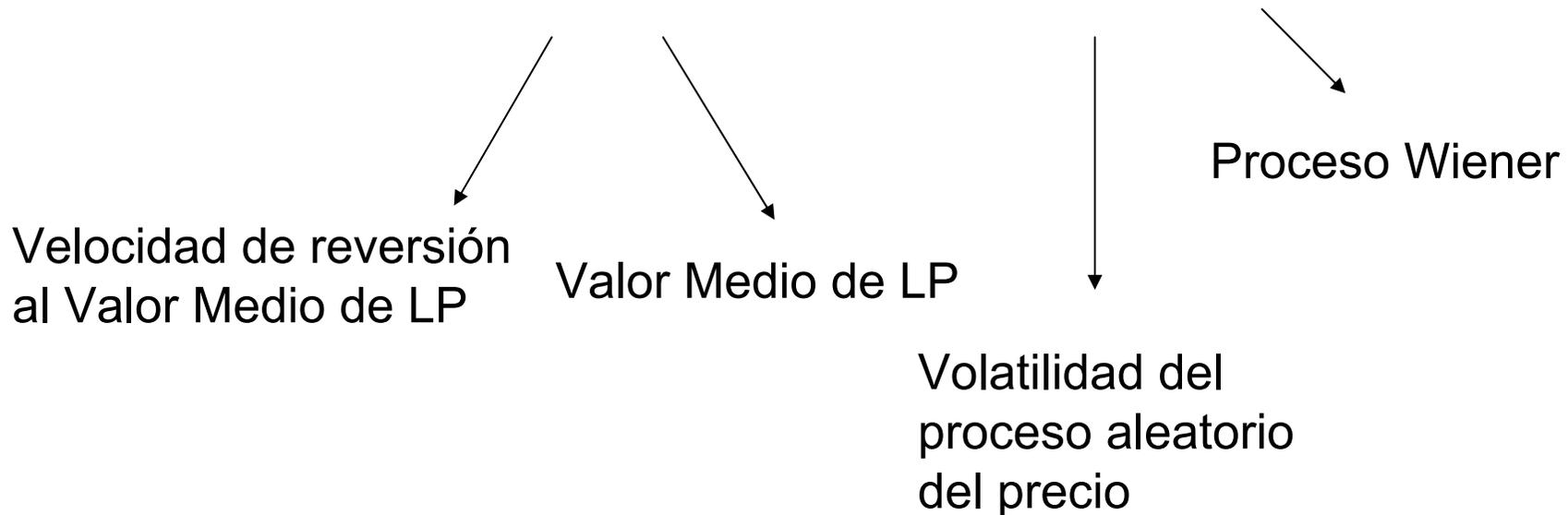
Datos (Mensual 1993:05 – 2004:12)



$$p_t = \mu_p + \beta_1 * p_{t-1} + e_t - \lambda_1 * e_{t-1}$$

Modelo del Proceso de Difusión del Precio Spot

Schwartz (1997) modela el precio de la energía como un proceso estocástico geométrico con reversión a un valor medio



Calibración de los Parámetros del Proceso de Difusión

- Discretizamos la ecuación estocástica propuesta por Schwartz, de acuerdo a Clewlow L.(2000)

$$\Delta X_t = K_0 + K_1 \cdot X_t + \sigma \cdot \varepsilon_t \quad \varepsilon_t \sim N(0,1)$$

Donde:

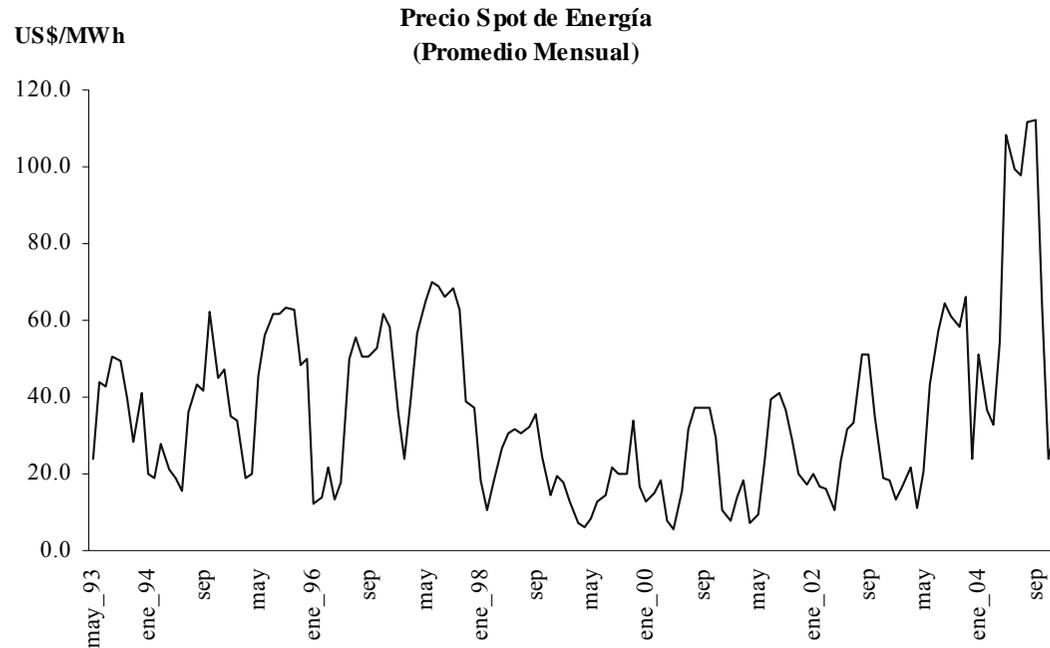
$$X = \ln P$$

Resultados de la Calibración

- $\kappa_0 = 0.719$
- $\kappa_1 = -0.213$
- $\alpha = 3.38$
- $\kappa = 2.55$
- $\sigma = 1.41$
- $= 29.37$



**Valor medio de largo
plazo al cual revierte el
precio Spot es de 29.37
US \$/MWh**



Modelo del Contrato Bilateral de Energía Eléctrica – Marco Conceptual (1)

- Los precios a futuro de activos inciertos son determinados por la Ley de No Arbitraje (Baxter & Rennie, 1996).
- El proceso de Valuación de Riesgo Neutro es coherente con la Ley de No Arbitraje (Hull, 2000).
 - Cambio de medida de probabilidad del proceso de difusión.
 - Valor esperado (expectancia) del payoff del contrato a evaluar, pero en la nueva medida de probabilidad (de riesgo neutro).
 - Se descuenta ese valor esperado a la tasa libre de riesgo.

Modelo del Contrato Bilateral de Energía Eléctrica – Marco Conceptual (2)

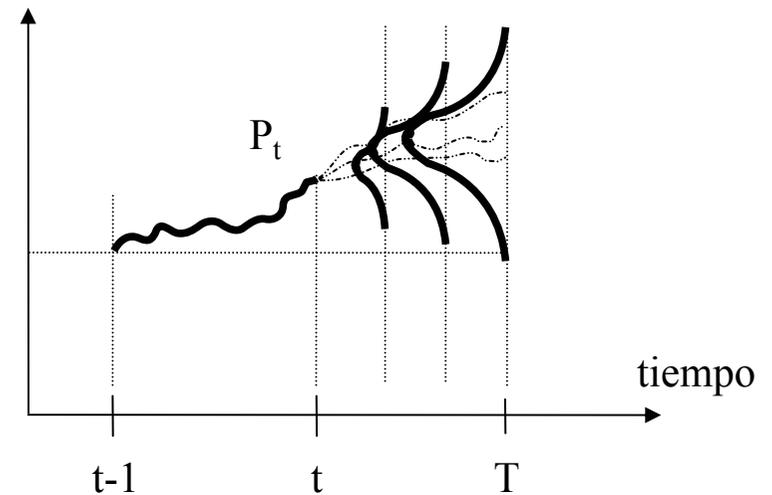
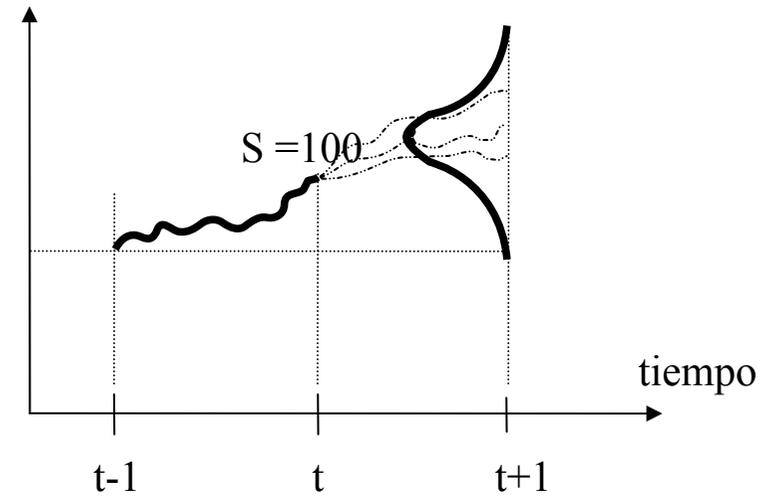
- El proceso de Valuación de Riesgo Neutro es válido para cualquier tipo de activo, sea este de inversión o de consumo.
 - Activo de Inversión -> No influye el grado de aversión al riesgo de los agentes.
 - Activo de Consumo -> Sí influye el grado de aversión al riesgo de los agentes.
- Esta influencia se concentra en un factor denominado Precio de Mercado de Riesgo que debe ser inferido de las negociaciones a futuro realizadas por los agentes.

El Contrato Bilateral de Electricidad como un Forward Exótico (1)

$$\text{Forward Payoff} = P_T - K$$

$$\text{Asian Forward Payoff} = \text{Promedio}_{i=1 \dots T} (P_i) - K$$

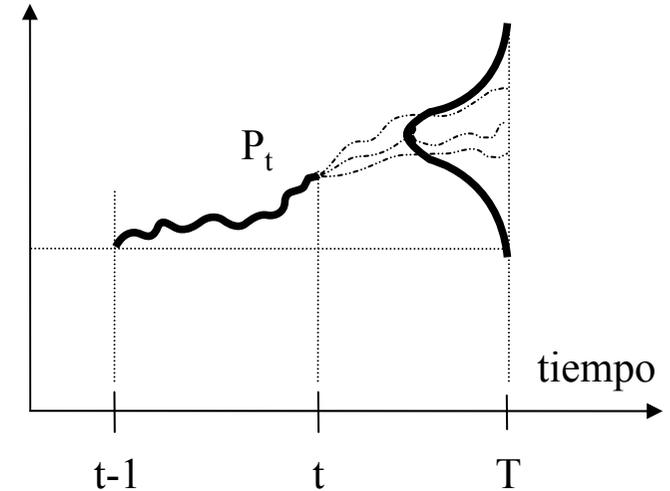
$$\text{Resultado Contrato Bilateral} = \sum_{i=1}^T [(P_i - K) \cdot (1+r)^i]$$



El Contrato Bilateral de Electricidad como un Forward Exótico (2)

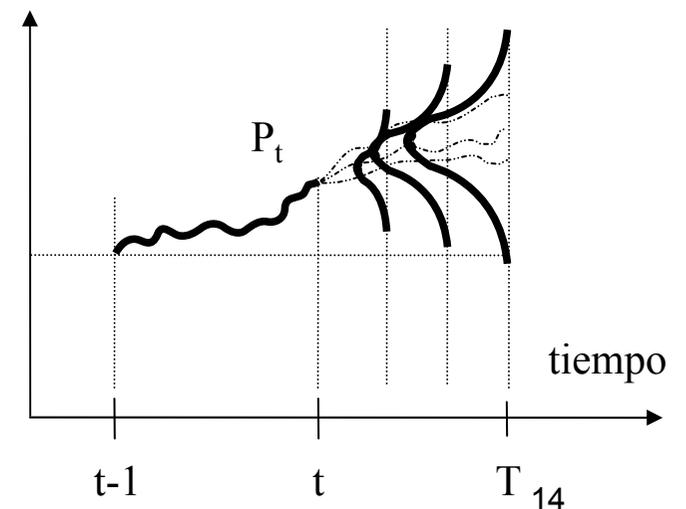
- Para un Forward Convencional:

$$F(P_t) = E^* \left[\exp \left\{ - \int_t^T r f_u du \right\} (P_T - K) \mid P_t \right]$$



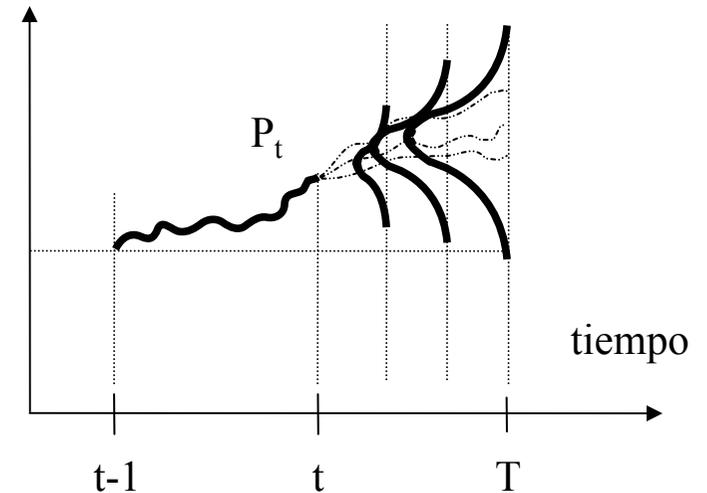
- Para el Caso de Un Contrato Bilateral

$$f(P_t) = E^* \left[\int_t^T \exp \left\{ - \int_t^\tau r f_u du \right\} (P_\tau - K) d\tau \mid P_t \right]$$



Metodología de Estimación del Precio de Mercado de Riesgo (1)

- El factor lambda es obtenido mediante estimación inversa:
 - Se tiene como dato el valor “K” al cual se firmaron los contratos bilaterales
 - Se determina entonces el valor de lambda incluido en P_τ , que haga cero la ecuación.



$$f(P_t) = E^* \left[\int_t^T \exp \left\{ - \int_t^\tau r f_u du \right\} (P_\tau - K) d\tau \mid P_t \right]$$

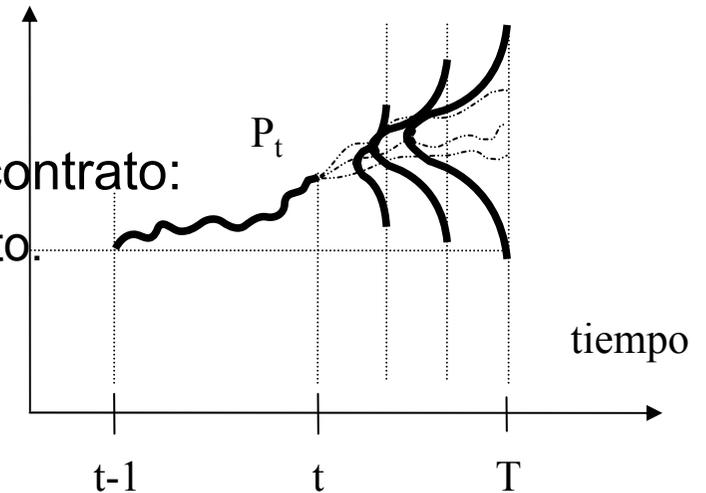
- De acuerdo con Schwartz (1997), la ecuación diferencial estocástica de “P” en la medida de probabilidad de riesgo neutro, tiene la siguiente forma:

$$d \ln P = \kappa(\alpha^* - \ln P)dt + \sigma dW^*$$

$$\alpha^* = \alpha - \lambda$$

Metodología de Estimación del Precio de Mercado de Riesgo (2)

- Se toman los parámetros de un determinado contrato:
 - P_t : Precio en el momento de la firma del contrato.
 - $T-t$: Plazo de vigencia del Contrato
 - K : Precio a futuro acordado en el contrato.
- Se asume primero un valor lambda de cero.
- Se utiliza Montecarlo en la medida de probabilidad de riesgo neutro para encontrar el valor de la ecuación:



$$f(P_t) = E^* \left[\int_t^T \exp \left\{ - \int_t^\tau r f_u du \right\} (P_\tau - K) d\tau \mid P_t \right]$$

- Con iteraciones sucesivas (Método de la Secante) sobre el valor encontrado mediante Montecarlo, se encuentra el valor de lambda que haga cero el valor esperado planteado por la ecuación.

Resultados Obtenidos (1)

- De la calibración del proceso de difusión en la medida de probabilidad objetiva obtuvimos:

$\alpha = 3.38$	Valor medio de largo plazo al cual revierte el proceso de difusión del Precio Spot.
$\kappa = 2.55$	Velocidad de reversión al valor medio de largo plazo.
$\sigma = 1.41$	Volatilidad del proceso aleatorio del precio

- Utilizando esos parámetros como input para evaluar determinados contratos bilaterales (en la medida de probabilidad de riesgo neutro), se obtuvo:

	Lambda (λ)	Po ctv. US\$ / kWh	K ctv. US\$ / kWh
Antamina - Edegel	0.13048	16.9	27.66
Perubar - Termoselva	0.41601	61.3	25.50
Ares - Edegel	0.20733	65.9	33.32
Quimpac - San_Gabán	0.30373	10.3	21.66

Resultados Obtenidos (2)

	Lambda (λ)	Po ctv. US\$ / kWh	K ctv. US\$ / kWh
Antamina - Edegel	0.13048	16.9	27.66
Perubar - Termoselva	0.41601	61.3	25.50
Ares - Edegel	0.20733	65.9	33.32
Quimpac - San_Gabán	0.30373	10.3	21.66

- De acuerdo con Hull (2000), el Precio de Mercado de Riesgo guarda la siguiente relación:

$$\frac{\mu - rf}{\sigma} = \lambda$$

- Entonces:

$$E[R_{contrato}] = rf + \lambda \cdot \sigma_{contrato}$$

$$E[R_{contrato}] - rf = \lambda \cdot \sigma_{contrato}$$

$$\text{Premio de Riesgo} = \lambda \cdot \sigma_{contrato}$$

$$= 0.20 * 1.41$$

$$= 28\%$$

Conclusiones

- Es factible utilizar los conceptos de precificación de derivados financieros, para modelar el contrato bilateral de energía eléctrica.
- Con la metodología presentada es posible estimar el precio de mercado de riesgo incorporado en un contrato bilateral de energía eléctrica.
- Este último factor es un proxy del premio de riesgo incorporado en determinado contrato.
- Con estos resultados se abre la posibilidad de estimar adecuadamente el precio de contratos bilaterales más sofisticados como opciones o swaps.

Gracias por su atención

dorosco@osinerg.gob.pe

gerard242@gmail.com