

**PLANTEAMIENTO DE UNA ESTRATEGIA DE COBERTURA A TRAVES DE
LA OPCION EXOTICA ASIATICA PARA EL MERCADO COLOMBIANO DE
ENERGIA ELECTRICA.**

Autor:

Juan Camilo Reyes O



**SISTEMA DE BIBLIOTECAS UNAB
ADQUISICIONES**

B Jardín B. Busque B Caldas CEDIM Precio \$ 20000
Clasificación _____ Ejemplar _____
Proveedor _____
Compra Donación Canje UNAB
Fecha de ingreso: DD _____ MM _____ Añ _____

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERIAS ADMINISTRATIVAS
INGENIERIA FINANCIERA
BUCARAMANGA**

2010

**PLANTEAMIENTO DE UNA ESTRATEGIA DE COBERTURA A TRAVES DE
LA OPCION EXOTICA ASIATICA PARA EL MERCADO COLOMBIANO DE
ENERGIA ELECTRICA.**

Autor:

Juan Camilo Reyes O

Tutor:

Edgar Luna González

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA

FACULTAD DE INGENIERIAS ADMINISTRATIVAS

INGENIERIA FINANCIERA

BUCARAMANGA

2010

2

TABLA DE CONTENIDO

	PÁG.
INTRODUCCION	6
1. OBJETIVOS	7
1.1 OBJETIVO GENERAL:	7
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:	7
2. EL MERCADO DE ENERGIA ELECTRICA EN COLOMBIA	8
3. ANÁLISIS DE LA VOLATILIDAD EN LAS COTIZACIONES DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN COLOMBIA	16
4. SELECCIÓN DE LA OPCIÓN EXÓTICA	26
5. HERRAMIENTA EN EXCEL	31
5.1 DETERMINACIÓN DE LA PRIMA	31
5.2 MODELO BINOMIAL	34
5.3 BLACK AND SCHOLES	41
VALIDACIÓN DE LA ESTRATEGIA	46
CONCLUSIONES	48
BIBLIOGRAFÍA	51
WEBGRAFÍA	52
ANEXOS	53

LISTA DE TABLAS

	PÁG.
TABLA 1 COTIZACIÓN HORARIA DE LA ENERGÍA EN COLOMBIA.	16
TABLA 2 VARIACIÓN LOGARITMICA DE LAS COTIZACIONES.	19
TABLA 3 VOLATILIDAD DINAMICA CON SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL.	20
TABLA 4 LAMBDA OPTIMAS DE LAS FRANJAS.	21
TABLA 5 VOLATILIDADES DIARIAS DE LAS FRANJAS.	22
TABLA 6 PRECIOS MAXIMO Y MINIMO DEL SPROM.	25
TABLA 7 PRECIOS MAXIMO Y MINIMO DEL SGEOM.	25
TABLA 8. DATOS DE ENTRADA MODELO BINOMIAL	35
TABLA 9. DATOS PARA ELABORAR ÁRBOL BINOMIAL.	35
TABLA 10. PRIMA BINOMIAL ARITMÉTICA.	38
TABLA 11. PRIMA BINOMIAL GEOMÉTRICA.	39
TABLA 12. DATOS PARA CALCULAR MÉTODO BLACK AND SCHOLES.	42
TABLA 13. VARIABLES PARA EL CÁLCULO DE LA PRIMA GEOMÉTRICA.	43
TABLA 14. VARIABLES PARA EL CÁLCULO DE LA PRIMA ARITMÉTICA.	44
TABLA 15. VALORES DE PRIMAS GEOMÉTRICA Y ARITMÉTICA.	44
TABLA 16. VALORES DE PRIMAS GEOMÉTRICA Y ARITMÉTICA.	46
TABLA 17. VALORES DE EJERCICIOS GEOMÉTRICOS Y ARITMÉTICOS.	46
TABLA 18. VALORES DE UTILIDADES GEOMÉTRICAS Y ARITMÉTICAS.	47

LISTA DE GRAFICAS

	PÁG.
GRÁFICA 1 FUNCIONAMIENTO XM .	9
GRÁFICA 2 COTIZACIONES DE LA ENERGIA ELECTRICA EN COLOMBIA	17
GRÁFICA 3 VOLATILIDADES DIARIAS POR FRANJA HORARIA.	23
GRÁFICA 4 VOLATILIDADES ANUALES POR FRANJA HORARIA.	24
GRÁFICA 5 TIPOS DE OPCIONES EXÓTICAS.	26
GRAFICA 6. VALOR MÁXIMO DE LOS PRECIOS SPOT.	36

INTRODUCCION

En Colombia el uso de instrumentos financieros ha empezado a tomar fuerza en las últimas décadas, abriendo paso a nuevas alternativas de inversión, cobertura y especulación; debido a el surgimiento de nuevos mercados conocidos como mercados jóvenes o en crecimiento los cuales surgen de los merados OTC (Over The Counter), estos últimos son mercados no organizados en los cuales se hacen transacciones directas, a un alto nivel de riesgo debido a que no están regulados; a su vez estos generan necesidades particulares, las cuales han dado cabida a instrumentos más especializados e innovadores, que se adapten a las expectativas de cada inversionista.

Entre estos encontramos las opciones exóticas, las cuales por sus características pretenden adaptarse a necesidades específicas generadas por los diversos mercados y situaciones.

Entre los mercados jóvenes se encuentra el mercado de energía eléctrica el cual a medida que pasa el tiempo ha implementado y perfeccionado su operación con el fin de continuar creciendo y ser atractivo para nuevos inversionistas, quienes en búsqueda de diversificar sus capitales incursionan en este tipo de mercados; por tal motivo este proyecto busca adaptar una opción exótica que cubra el riesgo implícito en el momento de invertir en el mercado energético Colombiano, esperando conocer si la opción seleccionada logra adaptarse a las diferentes condiciones y características propias del mercado.

Para esto se analizara los históricos que existen del mercado de energía, lo que permitirá conocer el comportamiento de las cotizaciones y a su vez permitirá conocer el lugar donde el riesgo se genera para poder cubrirlo y generar un ahorro en quien invierte en este mercado.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL:

Diseñar una estrategia de cobertura a través de la opción exótica asiática para el mercado de energía eléctrica en Colombia.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Analizar los precios de la energía eléctrica en el mercado spot, para determinar tendencia de la volatilidad.
- Determinar el por qué el uso de la opción exótica asiática para cubrir el riesgo de la fluctuación de los precios de la energía.
- Diseñar una herramienta en Excel para determinar la prima de la opción exótica asiática a través del modelo Binomial.
- Diseñar una herramienta en Excel para determinar la prima de la opción exótica asiática a través del modelo Black-Scholes.
- Validar la estrategia planteada para la cobertura del riesgo.

2. EL MERCADO DE ENERGIA ELECTRICA EN COLOMBIA¹

En Colombia el mercado de energía eléctrica ha crecido con proyecciones a fortalecerse, debido a las inversiones que han efectuado el gobierno y empresas privadas, en hidroeléctricas por el territorio nacional.

Las centrales hidráulicas y térmicas que funcionan a gas y carbón, son quienes conforman la oferta del mercado de electricidad en Colombia, siendo las centrales hidráulicas las que tienen una mayor participación.

Este mercado opera libremente según los acuerdos propiamente establecidos por las partes (oferta y demanda), sin intervención alguna del estado, las empresas comercializadoras y los consumidores potenciales de energía, adquieren esta última en un mercado mayorista.

Para generar competencia, se abre las puertas a un mercado mixto, donde encontramos entidades tanto públicas como privadas, las cuales por necesidad propia del mercado deben pertenecer al sistema interconectado del país, con fines de facilidad de distribución.

A demás las transacciones están dadas por la celebración de contratos entre las generadoras de energía y las empresas consumidoras de la misma, estando su cotización dada en pesos Colombianos por KWh.

La encargada de la administración y la operación de este mercado es XM compañía de expertos en mercados S. A. E.S.P. quien tiene a cargo el Centro Nacional de Despacho, Sistema de Intercambios Comerciales y Liquidador y Administrador de Cuentas de cargos por uso del Sistema Interconectado Nacional; Sus funciones serán definidas más adelante.

¹ EXPERTO EN MERCADOS, [en línea]. Colombia, Mercado de Energía Eléctrica, [citado el 12 de Agosto 2010] disponible en: < www.xm.com.co >

La compañía XM, es la encargada de la negociación de energía eléctrica, donde se encuentran transacciones de corto y largo plazo, en las primeras se realizan ofertas de precio diariamente y con resolución horaria, según la cantidad de energía ofertada en el mercado. Cada hora del día cotiza a un precio spot el cual es un punto de referencia para los comercializadores, que representan la demanda de dicho subyacente.

Por otra parte está el mercado de largo plazo donde la demanda pacta contratos los cuales son registrados y supervisados por el Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales, para que este determine cada hora las transacciones en la Bolsa de Energía, en el corto plazo.

Gráfica 1 Funcionamiento XM .



Fuente: www.xm.com.co

La responsabilidad del cumplimiento en los contratos recae sobre las partes, excluyendo al Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales, debido a que estar registrado en este no implica tener asegurado el cumplimiento de la contraparte.

La administración del mercado de energía mayorista, se encarga de forma completa del transporte y las transacciones comerciales de la energía, con el

fin de que el intercambio de servicios entre las partes sea el apropiado y garantizar que se maneje de forma transparente, el flujo de los fondos.

También está La Comisión de Regulación de Energía y Gas, la cual es la encargada de establecer las normas por las cuales se rige el mercado mayorista eléctrico de Colombia, el cual es muy competitivo y fue creado gracias a la reforma eléctrica de las leyes 142 y 143 de 1992. En este mercado se encuentra la participación de generadores, comercializadores, distribuidores, transmisores y grandes consumidores de electricidad o de los usuarios no regulados.

El mercado de contratos bilaterales corresponde a el largo plazo y la bolsa de energía a el corto plazo, estos dos grandes segmentos dividen el mercado, pudiéndose transar la energía de estas dos formas. Siendo mediante bolsa o contratos bilaterales con otros comercializadores, directamente con grandes consumidores, generadores o con usuarios no regulados, estos últimos son aquellos cuya demanda es de 100 kw o 55 MW h/mes, lo cual es el consumo mínimo para participar en este mercado.

El mercado corto plazo, cotiza las 24 horas del día y en esta bolsa participan todos los generadores previamente allí registrados, los cuales se rigen bajo las reglas de cotización.

Los encargados de atender a usuarios y prestar el servicio de facturación son los comercializadores, estos están autorizados de vender a precios libres a usuarios no regulados y a los otros a precios regulados. Los usuarios no regulados y los comercializadores establecen el precio de los contratos que celebran sin que el estado intervenga. Los usuarios regulados se basan en el comportamiento de los precios del mercado y también de las transacciones que hace su comercializador.

Por otro lado el ASIC, citado anteriormente como el Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales, se hace cargo de registrar los límites comerciales de los contratos de energía a largo plazo; paralelamente es responsable de la liquidación, facturación, cobro y pago del valor de los actos, contratos, transacciones y en general de todas las obligaciones que resulten por el intercambio de energía en la bolsa, para generadores y comercializadores. Es también su responsabilidad cumplir con todas aquellas tareas que sean necesarias para que el SIN (Sistema Interconectado Nacional) funcione adecuadamente.

El mercado ha tomado fuerza a medida que pasa el tiempo, debido al hecho de estar organizado, donde se ofertan recursos, para que aquellas empresas que pertenecen a este sector puedan contar con una compañía que liquide todas sus transacciones y les administre sus cuentas, esto los convierte en un mercado atractivo comparado con otros sectores económicos.

La bolsa de energía eléctrica juega un papel importante en un concepto llamado energía firme, este permite al inversionista tener una estabilidad en momentos de crisis como lo representan los fenómenos naturales tales como el fenómeno del niño, que en momentos de sequía afecta la producción de energía, permitiendo asegurar la confiabilidad en el suministro de energía a precios eficientes.

Para ser un usuario no regulado, es necesario cumplir con una serie de parámetros de consumo, los cuales son establecidos por la Comisión de Regulación de Energía y Gas, esta última exige que se requiere una demanda promedio mensual durante seis meses de potencia, superior a 0.1 MW o en energía de 55 MW h/mes; Por tanto, usuarios que tengan consumo constante de energía igual o superior al establecido y la demanda de potencia no es tan elevada, pueden ser usuarios no regulados.

Además es necesario para acceder al mercado, tener un equipo de medición que permita obtener información de la energía negociada cada hora, bajo los parámetros que tiene el código de medida, código de redes y el reglamento de distribución. Con lo que se refiere a que los consumidores de energía deben estar conectados a SIN, como se ha citado anteriormente en esta investigación.

De igual forma debe estar representado por un comercializador, el cual se encarga de registrar el usuario ante el mercado de energía mayorista.

El usuario que cumpla con los requisitos nombrados clasifica como usuario no regulado, lo que le permite comprar energía eléctrica a cualquier comercializador del país, a un precio pactado libremente entre las partes.

El mercado de energía eléctrica es un mercado organizado conocido como el Mercado Organizado Regulado - MOR -, el cual da confiabilidad a las subastas de energía, las transacciones internacionales, la transmisión regional y local, la facturación electrónica y comercialización de gas natural.

Una de la forma más común de comercializar en los mercados es por medio de la teoría de subasta, que es un instrumento el cual permite conocer el precio de un activo ya sea en un mercado organizado o no organizado.

Por medio de esta teoría el subastador puede crear un mercado entorno al activo que ofrece, logrando conseguir los mejores postores dependiendo de la posición que este tome; ya sea de compra o de venta.

Una subasta hace referencia a un mercado dominado bajo un conjunto de reglas, que basadas en la teoría de oferta y de manda permite determinar los precios y asignar el activo a el mejor postor.

“Las subastas pueden clasificarse según el mecanismo de asignación del bien y de establecimiento del precio o de acuerdo con el tipo de valoración que los

postores tengan del objeto a subastar. De acuerdo al mecanismo de asignación del bien las subastas se clasifican en:"²

A. Subasta ascendente o Inglesa:

Este modelo permite al subastador ofertar su bien o servicio a el precio mínimo que está dispuesto a recibir, el cual se convierte paralelamente en el precio máximo que el mercado está dispuesto a pagar, donde a medida que el tiempo pasa, las pujas incrementan este valor hasta el momento donde ningún postor está dispuesto a superar la última oferta, siendo esta última el valor al cual el bien será entregado.

B. Subasta descendente u holandesa:

Este modelo sugiere a forma inversa que la inglesa, que el subastador propone un precio muy alto donde con el transcurrir del tiempo, este mismo disminuye su valor hasta encontrar un postor que esté dispuesto a pagar este precio.

El riesgo que este modelo abarca, está directamente relacionado con el comprador, quien en espera de un precio optimo para hacerse al bien, incurre en la posibilidad de no poder apoderarse del mismo, debido a que otro comprador haya tenido expectativas más altas, ofreciendo un mayor valor por el mismo bien.

C. Subasta de sobre cerrado de venta al primer precio:

Este modelo consiste en que los compradores ofertan en forma individual y discreta, el precio dispuesto a pagar por el bien o servicio, teniendo en cuenta quiénes son sus adversarios en la puja, finalmente la oferta se realiza en un sobre cerrado que será solo visto por el subastador quien adjudicara el bien al mejor postor.

² ____ (2008). Opciones Revista del Programa de Ingeniería Financiera UNAB Vol. II No 4, ISSN 1657-3374.

D. Subasta de sobre cerrado de venta al segundo precio:

El modelo sugiere al igual que el anterior una subasta discreta donde el mejor postor será quien vaya a ser el poseedor del bien, con la diferencia que el precio a pagar será el expuesto por la segunda mayor oferta.

Por otra parte la teoría de subastas también contempla modelos que tienen en cuenta la valoración que hace cada postor por el bien, donde se encuentran:

A. Subasta de valor privado:

Esta hace referencia a la información privada que maneja cada postor, para realizar su oferta, siendo dada por sus propios criterios sin dejar ser conocida por terceros.

B. Subasta de valor común:

En esta subasta el valor del bien o servicio, es el mismo para todos, a pesar de que cada quien tenga su propia información para realizar su oferta.

C. Subasta de valor correlacionado:

En esta subasta se tiene en cuenta tanto el valor privado como el valor común, donde permite hacer una valoración mucho más acertada del precio del bien o servicio.

Conociendo los modelos que usa la teoría de subastas, se ubicara al lector en el mercado de energía eléctrica donde estas se convierten en la forma de generar competencia entre las empresas tanto públicas como privadas que proveen al país y algunos clientes internacionales de energía eléctrica; con el fin de tener una producción optima en costos y precios.

En Colombia la postura de cada generador de energía consiste en determinar las cantidades y precios con las que se compromete a abastecer la demanda dada en el mercado. Siendo favorecidos los generadores que puedan cumplir con la cantidad de energía demandada al menor precio posible.

Por otra parte se tienen dos formas de pago hacia los generadores, donde se encuentran:

A. Pago con precio uniforme:

El subastador paga a todas las generadoras el mismo valor sin tener en cuenta las ofertas independientes realizadas por cada empresa.

B. Pago por discriminación:

Sugiere que las generadoras reciban el precio que ofertaron inicialmente, a consecuencia de sus servicios.

La bolsa de energía eléctrica empieza sus transacciones con las empresas generadoras, a las 8:00 am, donde estas hacen sus ofertas únicas en precio y cantidad disponible para las siguientes 24 horas, estas ofertas son entregadas en el centro nacional de despacho diariamente, el cual empezara a generar subasta a partir de estos parámetros. A demás de esto las comercializadoras deben entregar información de demanda antes de las 4:00 pm, para que el CND prevea la cantidad de energía que será necesario para cubrir la demanda al siguiente día.

Las leyes que están actuando actualmente sobre el mercado son la ley de los servicios públicos domiciliarios (ley 142 de 1994) y la ley eléctrica (ley 143 de 1994), con las cuales se determina los aspectos generales y políticas que rigen procedimientos de prestación de servicios, regulación, control y vigilancia.

La ley eléctrica está dada para crear competencia en el mercado, a través de la regulación de las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad.

De esta forma es como actúa el mercado de energía eléctrica en Colombia, el cual es regulado y administrado por XM compañía de expertos en mercados, según los parámetros expuestos anteriormente.

3. ANÁLISIS DE LA VOLATILIDAD EN LAS COTIZACIONES DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN COLOMBIA

Conociendo que el mercado cotiza diariamente durante todos los días de la semana y se divide en franjas horarias siendo 24 franjas en el día y 24 cotizaciones de las mismas como se puede apreciar en la tabla 1, se reúnen los datos históricos de las cotizaciones del precio spot desde los días primero (1) de enero del 2007 hasta el día treinta y uno (31) de julio del año 2010 como fue planteado en un principio en el anteproyecto de esta tesis, arrojando la totalidad de 31.440 cotizaciones.

Tabla 1 Cotización horaria de la energía en Colombia.

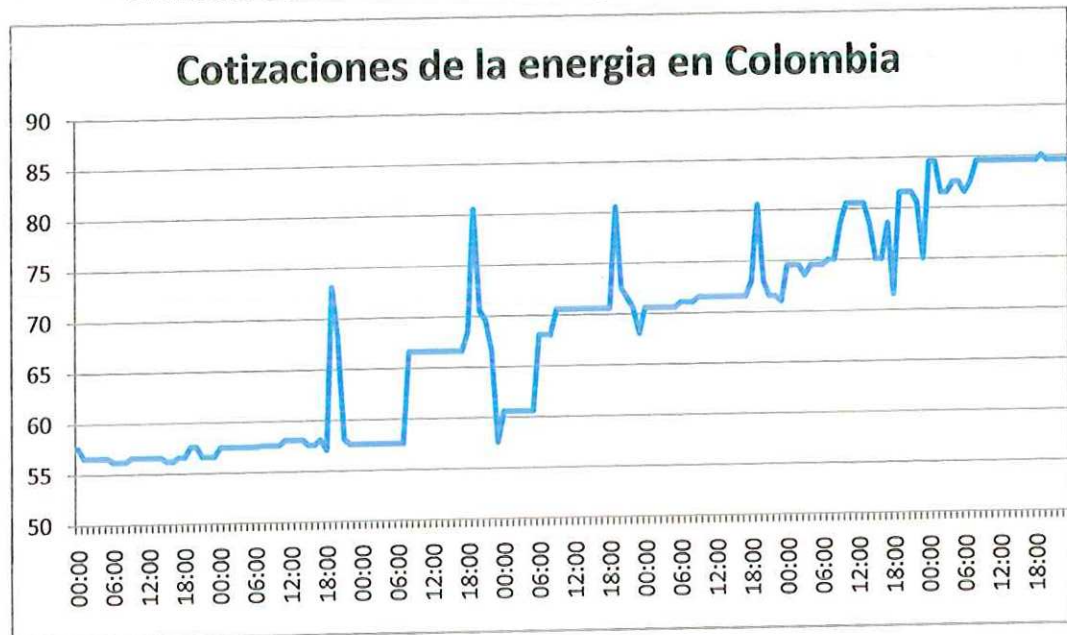
Fecha	Precio
01/01/2007 - 00	57,6
01/01/2007 - 01	56,6
01/01/2007 - 02	56,6
01/01/2007 - 03	56,6
01/01/2007 - 04	56,6
01/01/2007 - 05	56,6
01/01/2007 - 06	56,2
01/01/2007 - 07	56,2
01/01/2007 - 08	56,2
01/01/2007 - 09	56,6
01/01/2007 - 10	56,6
01/01/2007 - 11	56,6
01/01/2007 - 12	56,6
01/01/2007 - 13	56,6
01/01/2007 - 14	56,6
01/01/2007 - 15	56,2
01/01/2007 - 16	56,2
01/01/2007 - 17	56,6
01/01/2007 - 18	56,6
01/01/2007 - 19	57,6
01/01/2007 - 20	57,6
01/01/2007 - 21	56,6
01/01/2007 - 22	56,6
01/01/2007 - 23	56,6

Fuente: www.xm.com.co

Haciendo un análisis al comportamiento de la cotización de la energía eléctrica en Colombia se puede notar que en sus cotizaciones diarias presentan picos y valles como se puede visualizar en la gráfica 2 presentada a continuación.

Se denota en la gráfica 2 el comportamiento que se tiene el mercado de energía eléctrica donde los cambios en sus precios son muy comunes presentando en ciertas franjas los mayores riesgos en los que puede incurrir un inversionista.

Gráfica 2 Cotizaciones de la energía eléctrica en Colombia



Fuente: www.xm.com.co

Donde se encuentra que las horas que tienen cambios más representativos están entre las franjas de las 18:00 y 20:00 horas según se puede ver en la gráfica anterior, donde muestra los picos presentados por las cotizaciones y la tendencia que tiene el mercado.

Por este motivo se realizará un estudio minucioso sobre cada una de las franjas horarias llevando a realizar un análisis de la volatilidad en Excel, permitiendo así determinar la franja más desfavorable para el consumidor de energía, pero debido a la forma de cotizar el nuevo producto financiero que

tiene el mercado energético que es el futuro sobre energía que salió. El cual se puede ver claramente en el anexo de este documento.

En este orden de ideas se comienza a extraer las cotizaciones de cada una de las franjas por separado para poder lograr conocer la velocidad de sus cambios en los precios. Una vez discriminados los datos, se obtiene la serie histórica de cada una de las franjas, lo cual deja 1.310 cotizaciones con las cuales se trabajara para obtener las diferentes volatilidades, que permitirán conocer a profundidad la forma en que este mercado se mueve.

A demás se van analizar los promedios que generan las cotizaciones diariamente, es decir, de cada día que contiene veinticuatro cotizaciones una por cada hora, se les hallara el promedio a estas y este será el precio medio del día con el fin de tener volatilidades diarias como es la forma de trabajar del futuro ya presente en el mercado.

De esta forma se hace un suavizamiento de los precios lo cual permite que los cambios presentados en este mercado no afecten tanto en el planteamiento de la estrategia y pueda hacerse más certera.

Esto a su vez contribuye para hacer el cálculo según plantea la opción exótica asiática, la cual usa promedios en su metodología, esto será aclarado en el siguiente capítulo que se refiere a este tema.

A estos promedios discriminados de las franjas que se presentan diariamente, en primer lugar se les halla la variación logarítmica, para eliminar al máximo el error, siendo esta el logaritmo natural del cociente del precio dado en el día actual sobre el anterior. Al usar logaritmos se hace otro suavizamiento al eliminar aleatoriedad entre las cotizaciones.

La variación logarítmica da resultados en forma porcentual de los rendimientos que ha tenido el precio de un día a otro. Como se muestra:

Tabla 2 Variación Logarítmica de las cotizaciones.

Sprom	R
56,6417	
59,2175	4%
64,2667	8%
68,3083	6%
71,7629	5%
77,5767	8%
83,9933	8%
85,1292	1%
85,4042	0%

Fuente: Autor

Conociendo la variación de los precios se pasa a el cálculo de la volatilidad, la cual se hizo a través del método de suavizamiento dinámico exponencial; se selecciono este método debido a su compleja forma de medir los cambios presentados en los precios, dando este un mayor las cotizaciones más recientes, sabiendo que en las finanzas al momento de tomar de decisiones se tiene memoria corta.

A demás le permite al usuario tener una lambda para su tratamiento, con la cual se espera una corrección del error, haciendo los cálculos más ajustados para obtener el que más se adapta al modelo al que se desea aplicar.

Tabla 3 Volatilidad Dinamica con Suavizamiento Exponencial.

Sprom	Lambda	0,9987823
	RMSE	0,0432694

Fecha	Sprom	r	r^2	Lambda^(i-1)	(R^2)Lambda^(i-1)	Varianza	desviacion diari	Varianza*lambda	(Ri^2-varianza*Lambda)^
24/07/2010 -1	71,0858	-4%	0,0014236	0,99029946	0,001409769	0,01081666	0,104003162	0,010803486	8,79827E-05
25/07/2010 -1	74,9900	5%	0,0028587	0,99150687	0,002834409	0,01082011	0,104019754	0,010806933	6,31748E-05
26/07/2010 -1	81,8900	9%	0,0077264	0,99271574	0,007670127	0,01082945	0,104064641	0,010816262	9,5472E-06
27/07/2010 -1	85,1742	4%	0,0015558	0,99392609	0,001546334	0,01083133	0,104073688	0,010818143	8,57913E-05
28/07/2010 -1	83,0242	-3%	0,0006536	0,99513791	0,000650465	0,01083212	0,104077494	0,010818934	0,000103333
29/07/2010 -1	84,2871	2%	0,0002279	0,99635121	0,000227085	0,0108324	0,104078822	0,01081921	0,000112176
30/07/2010 -1	76,9975	-9%	0,0081822	0,99756599	0,008162314	0,01084234	0,104126562	0,010829138	7,00612E-06
31/07/2010 -1	81,3858	6%	0,0030451	0,99878226	0,003041399	0,01084604	0,104144345	0,010832837	6,06487E-05

Maximo	289,65
Minimo	39,57

Desviación	10,4144%
	197,6000%

2,45263436

Fuente: Autor

Esta lambda es hallada con ayuda del solver (herramienta de análisis contenida en Excel, que trabaja usando prueba y error, al aprovechar el cálculo del procesador de la herramienta que se usa), con la cual se obtiene una lambda conocida como "lambda optima", la cual hace más sensible el modelo a cualquier movimiento dado en los precios.

Para el cálculo de esta lambda se tiene en cuenta el número de cotizaciones y sus respectivas desviaciones, igualmente lambda oscila entre los valores cero y uno, parámetros que se dan en el momento del cálculo que realiza el solver. Haciéndola positiva y sensibilizando el modelo a las diferentes cotizaciones dadas en el mercado de energía eléctrica.

La lambda será quien determina los pesos que se la aplicaran a cada una de las observaciones, cuando este parámetro alcanza el valor de uno, se convierte en una volatilidad histórica, es decir, los pesos asignados a cada observación

serán iguales para todas ellas, mientras si el valor de lambda se acerca más a cero los datos más recientes serán quienes tendrán un mayor peso.

Este procedimiento se aplica a todas las franjas horarias y además para en la misma corriente del futuro que ya tiene Derivex, mercado organizado sobre la energía eléctrica, se calcula también para los promedios aritméticos y geométricos que anteriormente se explico. Estos últimos serán los que en realidad van a ser usados por la opción exótica, los demás están dados para hacer un acercamiento al comportamiento que tienen las franjas contra el comportamiento suavizado que genera el cálculo por medias tanto aritmética como geométrica.

Las lambdas óptimas obtenidas por medio del solver de cada franja horaria se pueden visualizar en la tabla 4:

Tabla 4 Lambdas Optimas de las franjas.

Hora	Lambda	Hora	Lambda
00:00	0,998961	12:00	0,998789
01:00	0,999042	13:00	0,998777
02:00	0,999046	14:00	0,998780
03:00	0,999072	15:00	0,998778
04:00	0,999072	16:00	0,998783
05:00	0,998741	17:00	0,998805
06:00	0,998814	18:00	0,998513
07:00	0,998832	19:00	0,997781
08:00	0,998820	20:00	0,998419
09:00	0,998734	21:00	0,998702
10:00	0,998791	22:00	0,998747
11:00	0,998769	23:00	0,998906

	Lambda
Sprom	0,998782
Sgeom	0,998828

Fuente: Autor

Con esta la lambda ajustada el modelo logra determinar la volatilidad, la cual para su cálculo necesita de la anteriormente nombrada "Lambda óptima", donde por cuestión de cálculos matemáticos se necesita el producto de la variación de los precios con su respectiva lambda, que al ser sumados da como resultado la varianza de los precios, que son la base de la desviación de

los mismos, es decir, la base de la volatilidad o velocidad a la que se mueven los precios. Que es el fin del análisis de la volatilidad.

Dadas las pautas del análisis se procede a ejecutar los pasos anteriormente enunciados para obtener los valores buscados. Una vez hecho el análisis por medio de la herramienta Excel se puede determinar que las volatilidades presentadas en las franjas son:

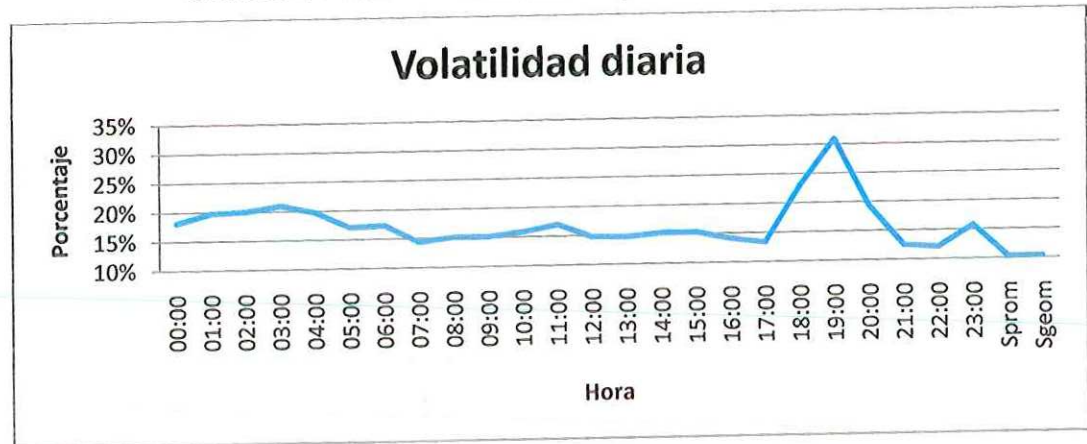
Tabla 5 Volatilidades diarias de las franjas.

Hora	Volatilidad diaria	Volatilidad anual
00:00	18,1887%	347,4943%
01:00	19,7874%	378,0374%
02:00	20,0434%	382,9289%
03:00	20,9920%	401,0514%
04:00	19,7675%	377,6573%
05:00	17,1373%	327,4078%
06:00	17,3693%	331,8404%
07:00	14,4388%	275,8532%
08:00	15,1727%	289,8735%
09:00	15,1668%	289,7610%
10:00	15,8956%	303,6857%
11:00	17,0331%	325,4166%
12:00	14,8652%	283,9987%
13:00	14,7850%	2824677%
14:00	15,3218%	292,7224%
15:00	15,4052%	294,3164%
16:00	14,1371%	270,0887%
17:00	13,4383%	256,7388%
18:00	23,0513%	440,3847%
19:00	30,9383%	591,0750%
20:00	19,3546%	369,7690%
21:00	12,5195%	239,1839%
22:00	12,1924%	232,9352%
23:00	15,8312%	302,4551%
Sprom	10,4144%	198,9675%
Sgeom	10,3675%	198,0712%

Fuente: Autor

Donde las volatilidades diarias más altas se presentan en las franjas de las 18:00 y 19:00 horas, con 23,0513% y 30,9383% respectivamente, en el siguiente grafico se puede visualizar claramente lo dicho.

Gráfica 3 Volatilidades diarias por Franja Horaria.

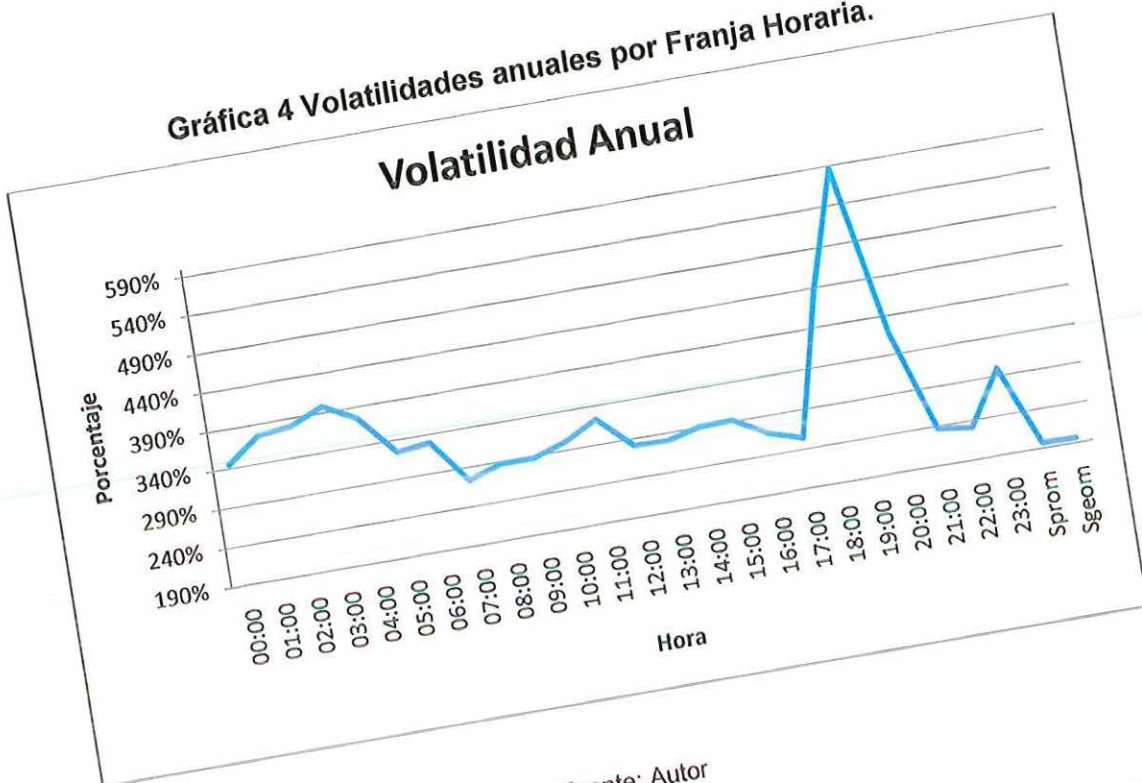


Fuente: Autor

A demás se incluyo el valor de la volatilidad expresada en el promedio de las cotizaciones diarias. Siendo esta 10,4144%. En la grafica 3 se aprecia que las volatilidades que alcanzan valores representativos frente a las demás son las pertenecientes a las franjas de las horas 3:00, 18:00 y 19:00 horas, a su vez se ve que los valles están dados por las franjas horarias de las 7:00, 17:00, 21:00 y 22:00 horas. Y que la volatilidad de los promedios es mucho menor a las volatilidades presentadas en cada cotización.

En el planteamiento de la estrategia de cobertura es fundamental determinar la franja horaria que presenta mayor riesgo al inversor en energía eléctrica, pero por condiciones del mercado es necesario que las opciones sigan el mismo camino que traza el futuro que tiene el mercado de energía, por este motivo la volatilidad se trabajara con los promedios diarios encontrados. Obteniendo el suavizamiento buscado, ya que la volatilidad que presenta el mercado es muy alta para poder hacer predicciones sobre el comportamiento de los precios, ya que las probabilidades que están sobre un rango muy alto, permitiendo alcanzar valores por fuera de la realidad.

Gráfica 4 Volatilidades anuales por Franja Horaria.



Fuente: Autor

En este orden de ideas el Sprom y Sgeom serán el punto de partida para plantear la estrategia de cobertura, que protegerá al inversor de los cambios que presentan las cotizaciones de un día para otro. Con esta decisión este proyecto empieza su rumbo hacia el planteamiento de la estrategia de cobertura.

Como conclusión se conoce que la volatilidad presentada es alta, al estar por encima de un cien por ciento, y tener una volatilidad de 198,9675% anual con media aritmética y 198,0712% con media geométrica.

Esto nos indica que los cambios que hay de la volatilidad aritmética con la geométrica no son muy altos, pero con la volatilidad geométrica se hace un suavizamiento mayor que con la volatilidad aritmética que por razones matemáticas es mayor, dando cabida a las proyecciones a moverse en rangos más amplios, lo que por regla va hacer que sea el costo de la prima más costosa al tener que cubrir mayores riesgos.

Una de las razones por las cual se presentan volatilidades altas, es debido a los cambios bruscos que presentan sus cotizaciones, teniendo la media aritmética como máximo 289,65 y como mínimo 39,57 como lo se visualiza en la tabla 6. Dejando rangos muy amplios para que los precios oscilen.

Tabla 6 Precios maximo y minimo del Sprom.

Máximo	289,65
Mínimo	39,57

Fuente: Autor

Y la media geométrica teniendo como máximo y mínimo como se puede ver en la tabal 7. Dejando que los precios tengan que moverse en un rango un poco más ajustado, en frente de la variación aritmética.

Tabla 7 Precios maximo y minimo del Sgeom.

Máximo	281,81
Mínimo	36,36

Fuente: Autor

Por consiguiente es necesario plantear una estrategia de cobertura, a través de opciones exóticas, con la cual se espera limitar el riesgo que representa para un consumidor de energía eléctrica, la circunstancia de que la volatilidad sea alta y estos cambios puedan afectar sus flujos. Para esto se selecciono la opción exótica asiática la cual tendrá mayor explicación en el siguiente capítulo que hace referencia a la selección de la opción exótica.

4. SELECCIÓN DE LA OPCIÓN EXÓTICA

Se logro determinar que la volatilidad que presenta el mercado de energía eléctrica en Colombia es alta por esta razón es importante que la estrategia de cobertura se plantee para periodos relativamente cortos, permitiendo de esta manera obtener los resultados más favorables.

Además se procede a observar las características de los precios, como lo es la tendencia, expectativas y la misma volatilidad, para establecer el planteamiento de la cobertura que proteja al inversionista.

Es necesaria una opción que trabaje con las cotizaciones históricas, debido a que para el desarrollo de este proyecto, se han usado 31.440 datos históricos recopilados del mercado de energía eléctrica en Colombia.

Por tanto al analizar los tipos de opciones exóticas más utilizadas, se encuentra:

Gráfica 5 Tipos de opciones exóticas.



Fuente: Boletín Económico "opciones Exóticas"

Se tiene que estos son los tipos de opciones exóticas más conocidas en los mercados internacionales, las cuales se van a discriminar por sus características y teoría. Dejando como resultado la opción que por teoría sea más fácil de adaptar a este mercado según lo ya conocido e investigado.

Por tanto se tienen las opciones compuestas, las cuales se aplican sobre otras opciones directamente, además “este tipo opciones suelen utilizarse en la cobertura de riesgos cuando la probabilidad de que ocurra sea baja. Por esto suponen coberturas condicionales, es decir, nos cubrimos si sucede un hecho determinado (por ejemplo resolución de una sentencia, una nueva legislación,...). Desde el punto de vista del especulador producen un alto grado de apalancamiento financiero”³. Lo que indica que para este tipo de mercado no son aptas ya que el alto grado de volatilidad necesita otra forma de cobertura.

Las opciones apalancadas: “En este tipo de opciones, el valor intrínseco se determina según una función potencial o polinómica en lo que refiere al subyacente. Esto conllevará a un mayor nivel de apalancamiento.”⁴ por tener como fin este proyecto una estrategia de cobertura y no de apalancamiento, se descarta este tipo de opción.

Las opciones con pago singular se clasifican en dos tipos como podemos ver en el grafico anterior siendo las digitales o binarias opciones también conocidas como opciones apuestas, lo cual hace referencia a que el poseedor tiene solo dos alternativas como el sistema binario, la primera es ganarlo todo o la segunda quedarse sin nada; la opción pay later necesita requisitos en su vencimiento muy específicos para poder ser ejercidas. Siendo eliminadas de las posibles opciones a usar.

³ Boletín económico de ICE No 2673 [en línea]. [citado el 15 de Agosto 2010] y disponible en internet en: www.revistasice.com/cmsrevistasICE/pdfs/BICE_2673_I-VIII_9FFE4F7C9E6C2D2DE021C4A607FD3757.pdf
⁴ Boletín económico de ICE No 2673 [en línea]. [citado el 15 de Agosto 2010] y disponible en internet en: www.revistasice.com/cmsrevistasICE/pdfs/BICE_2673_I-VIII_9FFE4F7C9E6C2D2DE021C4A607FD3757.pdf

Las opciones rainbow son opciones que por sus características propias tiene más de un activo subyacente. Lo cual no aplica para el caso de la energía eléctrica que solo hace referencia a un subyacente.

Estas opciones anteriormente nombradas no aplican para el planteamiento buscado ya que, no le dan tanta importancia los datos históricos y su evolución, sino al valor del activo como tal. Por esta razón son descartadas como posibles opciones para el planteamiento de este proyecto.

Por otra parte se encuentran las opciones Path-dependent las cuales tienen en cuenta no solo el valor del activo subyacente, sino también su evolución, dándole importancia a los históricos, por esta razón este tipo de opciones clasifican para realizar el planteamiento de la cobertura, la cual inicio con la recolección de 31.440 datos históricos, a los que se les realizo el análisis de la volatilidad a través del método de suavizamiento exponencial y este último trabaja exclusivamente con series históricas.

Las opciones Path-dependent están conformadas por:

A. opciones asiáticas: estas “son opciones en las que su valor intrínseco al vencimiento depende de algún tipo promedio de los valores alcanzados por el subyacente durante toda o parte de la vida de la opción.”⁵

Los métodos más comunes para realizar el cálculo del promedio es a través de medias aritméticas o geométrica, siendo más usadas las primeras. Con este medio para el cálculo de la prima, se hace un suavizamiento al mercado de energía ya que al estar tener cotizaciones horarias generan una volatilidad alta, pero al tomar un promedio diario de las cotizaciones, se tiene un Spot promedio diario el cual disminuye el rango de cambios presentados y a su vez realizando un suavizamiento sobre los mismos.

⁵ Boletín Económico ICE [citado 15 de Agosto 2010] disponible en : http://www.revistasice.com/cmsrevistasICE/pdfs/BICE_2673_I-VIII_9FFE4F7C9E6C2D2DE021C4A607FD3757.pdf

A demás esta es de las opciones exóticas más utilizadas en los diferentes mercados organizados que existen alrededor del mundo.

- B. Opciones Bermudas: Se usan principalmente en las emisiones de warrants sobre acciones, ya que sus características se asimilan a las de un bono, siendo su vencimiento más largo que el de una opción normal, por este motivo no son la mejor opción para este mercado.
- C. Opciones Chooser: Su principal característica es poder en el vencimiento de la opción escoger si desea transfórmala en una opción de compra o de venta dependiendo de la situación del mercado, este beneficio tiene un costo sobre la prima el cual para un inversionista en el mercado de energía eléctrica en Colombia es innecesario asumir.
- D. Opciones Extremum Dependent: Son opciones que determinan su valor intrínseco, basados en los valores logrados por el activo subyacente, donde se encuentran las opciones barreras y las opciones look back. Siendo estas dos aptas para el desarrollo del objetivo de este proyecto, pero con el fin de beneficiar al inversionista no se opta por estas debido a su gran costo el cual no es necesario que asuma el inversionista

Debido a los bruscos cambios que tienen los precios Spot de la energía eléctrica, se opta por seleccionar una opción exótica asiática la cual beneficiara a quien tome la cobertura ya que con esta se tomaran promedios obtenidos de las cotizaciones para poder evaluarla.

De esta forma suaviza el modelo al obtener los promedios, quienes no son tan altos como las cotizaciones picos presentadas ni tan bajas como las cotizaciones menos costosas.

Esta opción usa dos tipos de promedios para su cálculo el aritmético y el promedio geométrico, los cuales serán evaluados en este proyecto, para ver

cuál es el más favorable para el inversionista, a pesar de conocer que por su forma matemática para el cálculo, los promedios geométricos serán menores a los aritméticos, al tener que estar involucrados con promedios hallados a través del producto de todas las cotizaciones y aplicadas a la raíz n cotizaciones. Que por la media aritmética que suma todos los datos y el resultado lo divide por el número de datos.

5. HERRAMIENTA EN EXCEL

5.1 DETERMINACIÓN DE LA PRIMA

Una vez escogida la opción exótica asiática la cual será la base para plantear la cobertura que este proyecto desea hacer, se iniciara a determinar el costo de la prima de dicha opción, para tal fin se creara una herramienta en Microsoft Excel, la cual valorara la opción por dos métodos, tenemos el método binomial y el método Black and Scholes, los cuales darán una doble perspectiva del posible costo de la prima.

Y a su vez se harán los dos métodos de cálculo de las primas de las opciones asiáticas que son la correspondiente a la media geométrica y la aritmética. Tomando promedios de las 24 cotizaciones que san dan diariamente, arrojando como resultado un promedio diario.

Donde el método binomial le ofrece dos opciones al inversionista, la primera es conocida como opción americana; la cual consiste en que el poseedor tiene el derecho de ejercer la opción en cualquier momento de la vida de la misma, por otra parte se tiene la opción europea; siendo esta más rígida que la anterior dando la única alternativa de ser ejercida en el momento de su vencimiento.

“Para la valoración de las opciones americanas no existen formulas analíticas estándar como las de sus pares europeas. Existen aproximaciones de autores como Duffie y Harrison (1993), Min Dai y Yue Kwen Kwork (1991) y Tze Leung Lai y Tiong Wee Lim (2001), que demuestran como el valor de una opción Asiática americana debe ser equivalente a una europea mas una prima por su ejercicio anticipado. Otros autores como Babbs (2000) sugieren técnicas de valoración para estas opciones basadas en arboles binomiales.”⁶

⁶ <http://www.eafit.edu.co/NR/rdonlyres/5E182D02-3132-4234-A81D-D2253B68941C/0/Valoraci%C3%B3nOpcionesLookbacksobretasadecambio.pdf>

Por esta razón este proyecto se centro en la valoración por los métodos binomial con opciones europeas y el método Black and Scholes.

Siendo la valoración por opciones europeas, muy parecida a la valoración de una opción clásica, a diferencia que en el cálculo del valor intrínseco las opciones asiáticas tienen en cuenta los precios medios ya sean geométricos o aritméticos, es decir, en este caso que es una opción Call, su valor promedio será quien va a permitir determinar su valor intrínseco ya que el ejercicio va a estar ATM (at the Money), la forma de calcular el valor intrínseco es:

$$V_i = \text{Max} (0; (S_{\text{prom}} - E))$$

Siendo en la formula:

V_i : Valor intrínseco.

S_{prom} : El precio promedio diario donde comienza la estrategia.

E : Precio de ejercicio.

Por otra parte se tiene el método Black and Scholes, el cual maneja formulas exclusivas para ser calculada este tipo de opción. Teniendo en cuenta para su cálculo, la cotización promedio presentada en el tiempo que se analizo la volatilidad, la tasa de rentabilidad del bono en el momento que comienza la estrategia, el tiempo, la volatilidad presentada y el precio de ejercicio. A demás es necesario el cálculo de variables que se emplean en el cálculo clásico del modelo Black and Scholes, como lo son el $N(d_1)$ que es una variable que hace sensible el precio de la opción debido a los cambios que se presenten en las cotizaciones de la energía, $N(d_2)$ es la probabilidad de que la opción se ejerza en su vencimiento.

Donde:

$$N(d_1) = \text{Distr.Normal.Estand}(d_1)$$

$$D_1 = \frac{\ln(s/x) + (r + \text{Vol}^2/2) * t}{\text{Vol} \sqrt{t}}$$

$N(d_2) = \text{Distr.Normal.Estand}(d_2)$

$$D_2 = d_1 - \text{Vol} \sqrt{t}$$

Para poder valorar la opción por cualquiera de los dos métodos es necesario obtener una tasa libre de riesgo la cual fue obtenida por medio de la herramienta Bloomberg, de la cual se tomo un TES emitido el 24 de noviembre del 2005, con vencimiento en noviembre 24 del 2010, el TES posee una tasa cupón de 7.5% y la rentabilidad del bono el viernes 30 de julio del 2010 fue de 3.25%, la cual va a ser la tasa para trabajar.

5.2 MODELO BINOMIAL

Se tiene el modelo Binomial el cual fue propuesto por Cox, Ross y Rubinstein (1979), este permite observar el comportamiento de los precios del subyacente a través del tiempo para poder valorar opciones, además el modelo suele ser muy impreciso al no suponer que los cambios del precio están compuestos de gran número de movimientos Binomiales.

Este modelo considera que los precios de un activo tienen para su evolución dos caminos, uno al alza y otro a la baja, con probabilidades asociadas a las mismas. Extendiendo estas probabilidades en el tiempo, en determinado número de periodos se logrará conseguir el valor teórico de la opción.

Además este modelo se basa en una distribución de probabilidad discreta, lo que quiere decir, que sólo puede tomar valores determinados. Para lograr que una distribución de probabilidad tipo Binomial se comporte como una probabilidad continua, se necesita que la cantidad de periodos al que se deba extender el método Binomial han de ser al menos 50 periodos.

Para el cálculo de la prima por medio de este modelo, primero se determina el crecimiento y decrecimiento de los precios en cada periodo, a través de:

$$U = e^{(\sigma \sqrt{T/n})}$$

$$D = 1 / U$$

Donde U es la variable que dará crecimiento y D la que hará decrecer al modelo. Además para el cálculo de los valores intrínsecos será necesario determinar las probabilidades de que crezca el spot, teniendo a P como probabilidad de crecimiento y a Q las veces que decrece, donde tenemos:

$$p = \frac{e^{(r(T/n))} - d}{u - d}$$

$$q = 1 - p$$

Después de tener el árbol binomial, se procede al cálculo de la prima de la opción ya sea de compra o venta.

$$\text{Call} = -c + \text{Max} \{0; (S - E)\}$$

$$\text{Put} = -p + \text{Max} \{0; (E - S)\}$$

El modelo tiene en cuenta para construir el árbol Binomial los siguientes datos de entrada:

Tabla 8. Datos de entrada modelo binomial

n (periodos)	5
t (meses)	2
Spot	78,9066
Ejercicio	78,9066
Volatilidad diaria	10,3675%
Tasa Interés	3,25%

Fuente: Autor

La herramienta diseñada permite valorar la opción asiática por el método Binomial europeo, promediando los precios spot de la energía, el cual despliega árboles de 1 a 5 periodos máximo, con un horizonte de tiempo para la cobertura de 3 meses, la volatilidad diaria calculada es alta y es por ello que el factor de crecimiento U es elevado, en cuanto a las tasas de interés el modelo da la opción de ingresar la tasa de interés periódica seleccionando paralelamente el tiempo de capitalización ya sea mensual, bimensual, trimestral, semestral o anual.

Tabla 9. Datos para elaborar árbol binomial.

volatilidad anual	196,7%
tasa nominal	3,25%
tasa efectiva	3,28%
tasa cc	3,22%
U	1,4321
d	0,6983
p	0,4126
(1-p)	0,5874
Factor de descuento	1,00

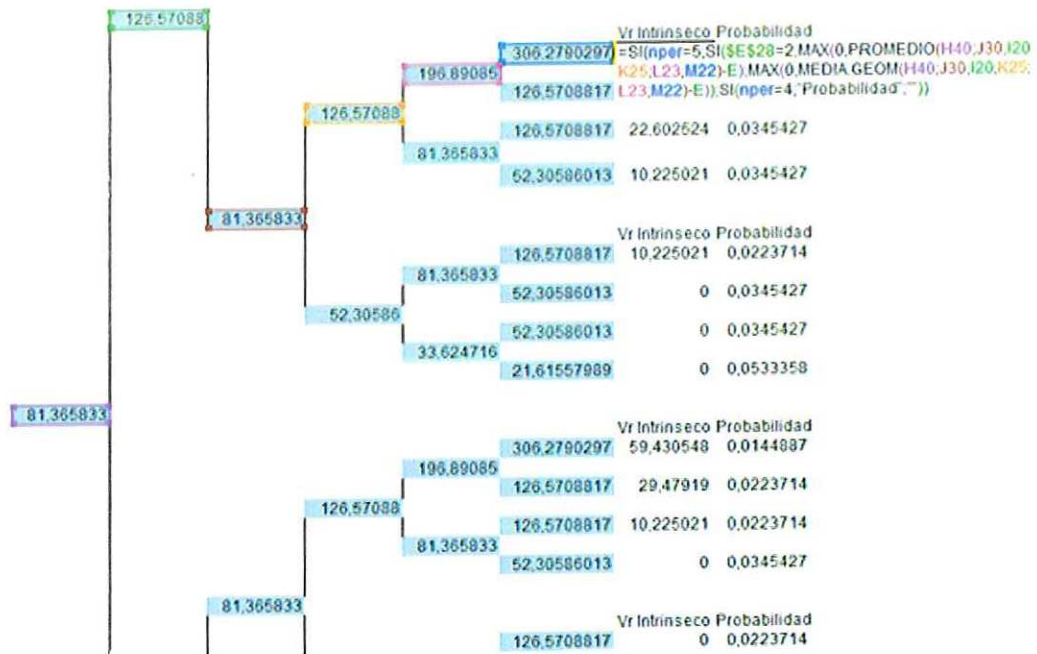
Fuente: Autor

Posteriormente se realiza la conversión de dicha tasa hasta obtenerla compuesta continua que finalmente es con la cual se construyen los árboles.

Debido a lo dicho en capítulos anteriores en cuanto a la volatilidad; se evidencian crecimientos y descensos bastante bruscos de los precios de la energía eléctrica, una vez seleccionado el número de periodos deseado para realizar la valoración, por el método binomial el cálculo de cada valor intrínseco se calcula haciendo la diferencia entre el valor promedio aritmético o geométrico de los precios spot de las ramas del árbol que estén directamente relacionadas y el valor de ejercicio. Si este es mayor a cero será el valor intrínseco de lo contrario será cero.

El árbol binomial se planteo abierto, debido que al estar trabajando con opciones exóticas, es necesario tener todos los nodos con sus probabilidades, sin riesgo a omitir ninguno de los mismos durante el proceso del cálculo de la prima. Por este motivo tenemos la gráfica 6.

Grafica 6. Valor máximo de los precios spot.



Fuente: Autor

En la gráfica 6 se muestra el árbol Binomial abierto que por condiciones de tamaño se muestra la mitad superior del árbol con su respectiva ruta para hallar el valor intrínseco del primer nodo.

Una vez obtenido el árbol Binomial con todos sus periodos, los cuales fueron calculados a partir del Spot promedio geométrico o aritmético, que crece o decrece según el coeficiente que requiere cada operación, teniendo u para crecer y d para de crecer.

Con el paso anterior concluido se procede al cálculo del valor intrínseco de la opción que por sus características usa el promedio de las cotizaciones dadas en el árbol, las cuales a su vez se les hallara el producto entre el valor intrínseco y las probabilidades que este nodo genera, teniendo probabilidad p cuando crece y probabilidad q cuando decrece.

Los productos de cada nodo serán sumados para obtener la prima en el periodo que este el árbol, por lo cual es necesario descontar la prima con la tasa que el bono ofrece, para ubicarnos en el comienzo de la estrategia de cobertura, es decir, en valores traídos a presente.

Lo cual permitirá ver cuál será el costo de la prima en presente, es decir, conocer el valor que tendrá tomar la posición en la opción asiática para cubrir el riesgo de precio que se presenta en el mercado de energía eléctrica en Colombia.

A continuación se muestra la tabla 10 la cual está compuesta por los valores intrínsecos, probabilidades y sus respectivos productos, que al ser sumados muestran el costo de la prima en dos meses, la cual será descontada como fue enunciado en el párrafo anterior, a través de la tasa del bono utilizado con vencimiento en noviembre.

Tabla 10. Prima Binomial aritmética.

Vr Intrínseco	Probabilidad	
161,44154	0,01182	1,90759
118,37845	0,01689	1,99944
88,43223	0,01689	1,49364
67,60753	0,02414	1,63229
67,60753	0,01689	1,14191
46,78283	0,02414	1,12950
32,30127	0,02414	1,12950
22,23074	0,03451	1,12950
53,12597	0,01689	0,89731
32,30127	0,02414	0,77987
17,81970	0,02414	0,43023
7,74918	0,03451	0,26744
7,74918	0,02414	0,18709
0,00000	0,03451	0,00000
0,00000	0,03451	0,00000
0,00000	0,04933	0,00000
43,05544	0,01689	0,72722
22,23074	0,02414	0,53673
7,74918	0,02414	0,18709
0,00000	0,03451	0,00000
0,00000	0,02414	0,00000
0,00000	0,03451	0,00000
0,00000	0,03451	0,00000
0,00000	0,04933	0,00000
0,00000	0,02414	0,00000
0,00000	0,03451	0,00000
0,00000	0,03451	0,00000
0,00000	0,04933	0,00000
0,00000	0,03451	0,00000
0,00000	0,04933	0,00000
0,00000	0,03451	0,00000
0,00000	0,04933	0,00000
0,00000	0,04933	0,00000
0,00000	0,07052	0,00000
	PRIMA	15,5764
	VP PRIMA	15,4922

Fuente: Autor

Donde tenemos que el modelo Binomial por media aritmética tiene una prima de 15,5764 que traída a presente, se descuenta en dos meses dejando la prima en 15,4922 lo cual será el costo que debe asumir el inversionista en el momento de adquirir la opción exótica, para cubrirse del riesgo de precios.

Tabla 11. Prima Binomial geométrica.

Vr Intrínseco	Probabilidad	
115,96331	0,01187	1,37694
93,83380	0,01694	1,59000
74,21733	0,01694	1,25760
56,82851	0,02418	1,37419
56,82851	0,01694	0,96295
41,41438	0,02418	1,00146
27,75068	0,02418	1,00146
15,63863	0,03451	1,00146
41,41438	0,01694	0,70176
27,75068	0,02418	0,67105
15,63863	0,02418	0,37816
4,90203	0,03451	0,16916
4,90203	0,02418	0,11854
0,00000	0,03451	0,00000
0,00000	0,03451	0,00000
0,00000	0,04925	0,00000
27,75068	0,01694	0,47023
15,63863	0,02418	0,37816
4,90203	0,02418	0,11854
0,00000	0,03451	0,00000
0,00000	0,02418	0,00000
0,00000	0,03451	0,00000
0,00000	0,03451	0,00000
0,00000	0,04925	0,00000
0,00000	0,02418	0,00000
0,00000	0,03451	0,00000
0,00000	0,03451	0,00000
0,00000	0,04925	0,00000
0,00000	0,03451	0,00000
0,00000	0,04925	0,00000
0,00000	0,03451	0,00000
0,00000	0,04925	0,00000
0,00000	0,04925	0,00000
0,00000	0,07028	0,00000
	PRIMA	12,5717
	VP PRIMA	12,5037

Fuente: Autor

En la tabla 11 al igual que en la anterior se muestra el coste de la prima pero calculada a través de la media geométrica la cual tiene otro procedimiento matemático arrojando como resultado una prima de 12,5717 que traída a presente es 12,5037.

Al tener las primas ya calculadas se pueden comparar, donde se observa claramente que la prima por media aritmética es mayor al estar en 15,5764 y que al compararla con la geométrica se ve un ahorro al estar hallarse en 12,5717; lo que sugiere que la mejor alternativa al adquirir la opción asiática, es la calculada por media geométrica debido a su menor costo. Lo cual se debe al cálculo matemático propio de las medias geométricas.

5.3 BLACK AND SCHOLES

“En los setenta Fisher Black, Myron Scholes y Robert Merton hicieron un aporte a la valoración de opciones, el modelo propuesto se ve influenciado en la forma que los operadores del mercado valoran y hacen coberturas con opciones. Con el modelo el avance de la ingeniería financiera tuvo un avance significativo durante los años 80 y 90 del siglo XX”⁷.

Al igual que en la volatilidad, este modelo espera que el precio del subyacente siga un paseo aleatorio, esto hace referencia a que los cambios presentados en el precio del subyacente en un periodo de tiempo, tienen un comportamiento de una distribución normal.

Además puede demostrarse que el precio del subyacente en un momento futuro sigue el comportamiento de una distribución lognormal, que le permite a la variable solo tomar valores positivos, mientras que la distribución normal puede tomar tanto valores positivos como negativos. La distribución normal se caracteriza por tener simetría y la distribución lognormal es asimétrica teniendo como consecuencia una media, mediana y moda diferentes. El modelo se fundamenta en los siguientes supuestos:

- “1. El comportamiento del precio del subyacente corresponde al modelo Lognormal, con media y desviación constantes.
2. No hay costes de transacción o impuestos. Todos los activos financieros son perfectamente divisibles.
3. No hay oportunidades de arbitraje libres de riesgo.
4. La negociación de valores financieros es continua.
5. El tipo de interés libre de riesgo es constante”⁸.

7 HULL, John C. Introducción a los mercados de futuros y opciones, 4ta Ed. Prentice Hall, 2002, Capítulo XI, Pág. 263.

8 HULL, John C. Introducción a los mercados de futuros y opciones, 4ta Ed. Prentice Hall, 2002, Capítulo XI, Pág. 271, 272.

El modelo Black and Scholes para el cálculo de la prima de opciones europeas tanto de compra como de venta propone para calculo de prima con media geométrica:

$$\text{Call} = S_0 e^{(b-r)t} N(d1) - X e^{(-rt)} N(d2) \quad \text{Put} = X e^{(-rT)} N(-d2) - S_0 e^{(b-r)t} N(-d1)$$

$$D1 = \frac{\ln(S_0/X) + (r + \text{vol}^2 / 2) T}{\text{vol} \sqrt{T}} \quad D2 = d1 - \text{vol} \sqrt{T}$$

$$N(d1) = \text{Distr.Normal.Estand}(d1) \quad N(d2) = \text{Distr.Normal.Estand}(d2)$$

$$b = \frac{1}{2} (-1 + \text{vol}^2 / 6)$$

Donde una Call es una opción de compra, una Put es una opción de venta, D1, D2, N (d1) y N (d2) son variables que hacen sensible el modelo a cualquier cambio que presente los precios en la opción y además la probabilidad que se ejerza la misma.

“Este modelo ha tenido una enorme influencia en la forma en que los operadores del mercado valoran y realizan coberturas con opciones. También ha sido una pieza clave en el crecimiento y éxito de la ingeniería financiera en el siglo XX”⁹

Para el cálculo de este método fue necesario variables de entrada que se aprecian en la tabla 12:

Tabla 12. Datos para calcular método Black and Scholes.

Ejercicio	78,9066
Spot Prom	78,9066
Tiempo	2
Volatilidad anual	198,0712%
Tipo interés ea	3,25%

Fuente: Autor

⁹ HULL, John C. Introducción a los mercados de futuros y opciones, 4ta Ed. Prentice Hall, 2002. Pág. 263

Con las cuales se procedió a calcular los diferentes indicadores que corresponden al modelo apropiadamente como lo son las variables:

Tabla 13. Variables para el cálculo de la prima Geométrica.

D1	0,1167
D2	-0,3501
Nd1	0,5465
Nd2	0,3631

Fuente: Autor

Y el modelo propone para el cálculo de primas por media aritmética un ajuste en tanto en el spot como en el ejercicio, teniendo nuevos valores para ser tomados, con el fin de poder adaptar a la opción asiática como lo plantea el Dr. Prosper Lamothe a través de las siguientes formulas:

$$Se = (Sprom / T * r) * (e^t - e^{-(r * T)})$$

$$X^* = E - (T - t / T) * Sprom$$

$$M = ((2 * S^2) / (r + Vol^2)) + ((e^{(2 * r + vol^2) * T} - 1) / (2 * r + Vol^2) - (e^{(r * T)} - 1) / r)$$

$$D = M / T^2$$

$$V = Ln (D) - 2 * ((r * T) + Ln (Se))$$

Donde:

Se: Es el nuevo Spot calculado

X*: Es el nuevo ejerció

T: Tiempo en años

r: Es el interés continuo

M: Variable propia del modelo para poder modificar la volatilidad y tiempo de en el modelo

V: Variable que permitirá asumir datos tomados en promedios.

A demás el modelo propone otra forma para el cálculo de las variables propias del modelo como lo son d1, d2 y la misma Call teniendo:

$$D1 = (1 / \sqrt{V}) * ((Ln (D) / 2) - Ln (Se)) \quad D2 = D1 - \sqrt{V}$$

$$N(D1) = \text{Distr. Norm. Estand (D1)} \quad N(D2) = \text{Distr. Norm. Estand (D2)}$$

$$\text{Call} = S_e * N(D1) - X^* e^{-(r * t)} * N(D2)$$

Tabla 14. Variables para el cálculo de la prima Aritmética.

D1	0,2468
D2	-0,2356
Nd1	0,5975
Nd2	0,4069
Se	81,1476
X*	81,3658
M	233,3267
D	8399,7621
V	0,2327

Fuente: Autor

Una vez obtenidos estos datos se procede a determinar el precio Call de la opción exótica asiática dando como resultado:

Tabla 15. Valores de primas geométrica y aritmética.

Prima Call Geométrica	12,1149	Prima Call Aritmética	15,5539
-----------------------	---------	-----------------------	---------

Fuente: Autor

Para este cálculo se tuvo en cuenta el planteamiento que propone Prosper Lamothe, hacia el tratamiento que se le debe dar a las opciones exóticas asiáticas por medio del método de Black and Scholes como se expuso anteriormente.

Con estos resultados se puede inferir que la valoración por Black and Scholes es mejor tomar una opción exótica asiática que utilice el promedio geométrico el cual por su cálculo matemático permite que sea menos costosa la prima que por el cálculo del promedio aritmético.

Dejando el método Black and Scholes una prima aritmética de 15,5539 y una geométrica de 12,1149; siendo favorable la última enunciada para el planteamiento objetivo de este documento.

Esta diferencia entre primas también es debida gracias al cálculo del spot promedio diario, el cual a través de la media geométrica dejó comenzar la cobertura con un spot menor que con el promedio aritmético.

VALIDACIÓN DE LA ESTRATEGIA

Una vez realizada la valoración de la opción exótica asiática por ambos métodos, binomial y Black and Scholes. Se conoce que el valor obtenido por medio del cálculo de la media geométrica es el más conveniente para quien quiere participar en el mercado con este tipo de opciones, debido a su costo.

Con el objetivo de validar el planteamiento de la estrategia de cobertura propuesto inicialmente, se busca las cotizaciones dadas el día 30 de septiembre del 2010, día en que se espera ejercer la opción exótica, encontrando que el precio de mercado geométrico encontrado para ese día es de 138,9654, por la media geométrica y 143,7271 por media aritmética.

Además la prima de la opción por los diferentes métodos es:

Tabla 16. Valores de primas geométrica y aritmética.

	PRIMA	
	GEOMETRICO	ARITMETICO
BINOMIAL	12,5037	15,4922
B & S	12,1149	15,5539

Fuente: Autor

Las cuáles son los costos para poder adquirir la opción, por los diferentes métodos, para quien quiera tomar posición.

Tabla 17. Valores de ejercicios geométricos y aritméticos.

	EJERCICIO	
	GEOMETRICO	ARITMETICO
BINOMIAL	78,9066	81,3658
B & S	78,9066	81,3658

Fuente: Autor

Los valores de ejercicio están ATM, y son diferentes por su forma de obtención que fueron calculados por los diferentes tipos de medias, tanto aritmética como geométrica.

Para saber si la opción es favorable se va hallar la utilidad que se tiene por ambos métodos, la fórmula a utilizar será:

$$TT = - C + \text{MAX} (0; (S_{\text{prom}} - E))$$

Dejando como resultado las siguientes utilidades:

Tabla 18. Valores de utilidades geométricas y aritméticas.

	UTILIDAD TT	
	GEOMETRICO	ARITMETICO
BINOMIAL	47,5551	46,8691
B & S	47,9439	45,8074

Fuente: Autor

La tabla 18 contiene los valores de las utilidades calculadas con la fórmula de utilidad TT, con la cual se espera tomar decisiones y poder inferir que la estrategia si es viable ofreciendo al inversionista un cubrimiento del riesgo de cambios de precios que presenta el mercado a través de la opción exótica asiática ya que se genera utilidad en los métodos calculados.

También es cierto que usando media geométrica con el modelo Black & Scholes se beneficia el inversionista al tener una utilidad mayor que por el otro método y media calculada, esto es debido a que es la de menor costo de prima y valor de ejercicio, ayudando al inversionista a no tener que hacer un uso de sus capitales muy alto en el momento de comprar la opción y permitiéndole maximizar su utilidad, al momento de ejercer la misma.

Es importante aclarar que para que esta opción funcione se debe cubrir el riesgo a un corto plazo como se plantea en el documento que está a dos meses, debido a la alta volatilidad que presenta el mercado, obedeciendo su comportamiento a factores tales como fenómenos naturales, capacidad de producción de las plantas generadoras, comportamientos de la demanda, entre otros; lo cual hace que el costo de la prima se incremente de forma significativa al tener que hacer una cobertura mayor, ya que los cambios que se pueden presentar a futuro son significativos.

CONCLUSIONES

- El mercado de energía eléctrica en Colombia cotiza diariamente en franjas horarias, generando precio al spot para cada una de ellas, los cuales cotizan en pesos colombianos por Kw/h. Además su forma de negociación está dada por el método de subasta ascendente, al soportarse por la teoría de demanda y oferta. En este mercado se cuenta con la participación de generadores, comercializadores, transportadores, distribuidores y usuarios no regulados. Además para poder participar en este mercado se debe cumplir como requisito, tener un consumo de energía no menor a 55 MW hora/mes; y para lograr pertenecer al selecto grupo de usuarios no regulados es necesario tener un consumo durante seis meses de 0,1 MW de potencia o 55 MW h/mes de energía.
- Los distribuidores deben pertenecer al Sistema Interconectado Nacional, si desean hacer parte del mercado organizado de energía eléctrica y los comercializadores a su vez tienen autonomía para hacer sus transacciones sin intervención alguna del estado.
- Mediante el análisis de la volatilidad por el método de suavizamiento exponencial, el cual sugiere darle mayor peso a los datos recientes, a través del uso de históricos, siendo de conocimiento de todos que en las finanzas es necesario tener memoria corta para optimizar los resultados, se obtuvo que los precios de la energía eléctrica, presentan datos atípicos en sus series, generando volatilidades altas, principalmente en la franja horaria que corresponde a las 19:00 horas. La cual presenta el pico más alto.
- El futuro que existe para el mercado energético trabaja con promedios diarios para obtener un precio spot diario, con el cual fue calculado todos los valores plasmados en este proyecto, haciendo que los cambios no generen tanta distorsión y se pueda ser más objetivo al momento de tomar

decisiones, es decir se hizo un suavizamiento a los precios al limitar la volatilidad presentada.

- Las volatilidades generadas a través de los promedios tanto aritmético como geométrico son menores en frente a las volatilidades que se dan en las franjas horarias, debido a que se aplico un suavizamiento a la variación de los precios, ya que los promedios permiten que los cambios no sean bruscos como en el mercado, al obtener un punto medio de todos los precios horarios.
- Al usar la opción asiática la cual necesita como base datos históricos del activo a analizar se obtiene, que con sus dos medios para calcular tienen diferencias, donde la menos costosa en prima para el inversionista está dada por el cálculo a través de la media geométrica, que requiere de una menor inversión para poder tener cobertura en el riesgo de precio. Esto se debe a la forma matemática para llegar al cálculo del promedio, lo cual nos permite tener una prima menos costosa que por la media aritmética.
- Durante el desarrollo de este proyecto se conoció que la valoración con opciones asiáticas por el método de Black and Scholes, a través de media geométrica es favorable para el inversionista, al ser la utilidad de esta la mayor que se presenta por los métodos y medias, esto se da gracias al suavizamiento que da el modelo de Black & Scholes y también la opción exótica asiática.
- El modelo binomial al usar variables de crecimiento, genera rangos muy amplios en los cuales las probabilidades permiten que los precios tomen valores muy altos siendo un poco impreciso al tener que enfrentarse a una volatilidad tan alta como lo es la presentada en el mercado de energía eléctrica.

- Se denota que las primas a pesar de estar calculadas por diferentes modelos como lo son el de Black & Scholes y el Binomial, tienden a ser las mismas, o mantener relación, sin alejar mucho sus valores hallados.
- Se concluye que entre más tiempo se tome para la cobertura menos confiable va a ser la estrategia, debido al alto nivel de volatilidad que presenta el mercado, por tal motivo, es necesario realizar operaciones a corto plazo, ya que cuando se toma una cobertura a largo plazo los rangos que genera la volatilidad son muy altos dando probabilidad a que los precios crezcan de forma no coherente con los precios reales.
- Las opciones exóticas son una herramienta financiera que dan soluciones a problemas que generen mercados jóvenes y en crecimiento como lo es el mercado energético en Colombia, por tanto este trabajo quiere invitar a sus lectores a evaluar y validar los otros tipos de opciones exóticas que existen para conocer cuáles pueden ser usadas en este mercado.

BIBLIOGRAFÍA

- HULL, John C. Introducción a los mercados de futuros y opciones, 4ta Ed. Prentice Hall, 2002.
- HULL, John C. Introducción a los mercados de futuros y opciones, 6ta Ed. Prentice Hall, 2009.
- Informe FIUBA-LMM RA01-01-2004, Laboratorio de modelación matemática, Facultad de ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Julio 2004.
- LAMOTHE FERNANDEZ, Prosper. Opciones financieras y productos estructurados, 2 ed. Mc Graw Hill, 2005.
- LAMOTHE FERNANDEZ, Prosper. Opciones financieras y productos estructurados, 3 ed. Mc Graw Hill, 2006.
- VILARIÑO SANSZ, Ángel. Derivados, Valor razonable, riesgos y contabilidad, 1 ed. Pearson, Prentice Hall, 2008.
- ____ (2008). Opciones Revista del Programa de Ingeniería Financiera UNAB Vol. II No 4, ISSN 1657-3374.

WEBGRAFÍA

- BOLETIN ECONOMICO DE ICE (Información Comercial Española) No 2673 [en línea]. Ministerio de industria, cultura y comercio de España, secretaria de estado de comercio exterior [citado el 15 de Agosto 2010] disponible en: <www.revistasice.com/cmsrevistasICE/pdfs/BICE_2673_I-VIII_9FFE4F7C9E6C2D2DE021C4A607FD3757.pdf>
- COTIZACION DE LA ENERGIA ELECTRICA EN COLOMBIA [en línea]. Precios horarios de la energía eléctrica en Colombia, [citado el 15 de Agosto 2010] disponible en: <<http://sv04.xm.com.co/neonweb>>
- EXPERTOS EN MERCADOS [en línea]. Mercado de energía eléctrica en Colombia, [citado el 21 de Agosto 2010] disponible en la página de internet: <<http://www.xm.com.co>>
- ALCALDIA DE BOGOTA [en línea]. Normatividad para la comercialización de energía eléctrica en Colombia, [citado el 11 septiembre 2010], disponible en la página de internet: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=2752>>
- FUTURO SOBRE LA ENERGIA ELECTRICA EN COLOMBIA [en línea]. Derivex, mercado de derivados commodities energéticos, [citado el 15 de Octubre del 2010] disponible en la página de internet: <<http://www.derivex.com.co/pdf/ContratoFuturoElectricidad.pdf>>

ANEXOS

“El contrato de futuro de electricidad

De acuerdo con los patrones de contratación en el mercado de electricidad colombiano, las características del activo subyacente y los productos que en la actualidad se negocian en los principales mercados de futuros de electricidad, el producto propuesto para la iniciación de las negociaciones de derivados financieros de electricidad en Colombia será un contrato de futuro de liquidación financiera con las siguientes características:

- Subyacente: precio de la electricidad negociada en la bolsa de energía, las 24 horas de todos los días del mes de expiración.
- Nominal: 360.000 kWh.
- Precio de referencia del Subyacente: Precio promedio aritmético diario de la primera versión conocida del precio de bolsa.
- Precio de liquidación al vencimiento: Precio promedio aritmético de los precios de referencia del subyacente de cada uno de los días del mes de expiración.
- Expiración del contrato: mensual.
- Contrato Financiero o de liquidación por diferencias.

El proceso de negociación comprende una subasta continua, de funcionamiento durante los días hábiles del mes, en donde estarán siempre en negociación cuatro contratos de futuro mensuales, uno para cada uno de los tres meses siguientes al período de negociación y uno para el mes en curso.

Subasta de apertura	Mercado continuo	Subasta de cierre
<ul style="list-style-type: none"> • Ingreso, modificación y cancelación de órdenes. • Ejecución de órdenes al precio de equilibrio al cual se maximiza el volumen de adjudicación de contratos. • Determinación precio de apertura 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingreso, modificación y cancelación de órdenes. • Ejecución de órdenes a precio de equilibrio basado en prioridad precio – prioridad en el tiempo de llegada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingreso, modificación y cancelación de órdenes. • Ejecución de órdenes al precio de equilibrio al cual se maximiza el volumen de adjudicación de contratos. • Determinación precio de cierre

Durante todo el periodo de negociación se hará marking to market con respecto al precio de liquidación del contrato de futuro que determine la Cámara de Riesgo Central de Contraparte encargada de compensar, liquidar y asumir como contraparte en la negociación del contrato de futuro. Cada contrato será negociado por un período de cuatro meses, tres meses antes del mes de expiración y durante el mes de expiración hasta el último día hábil como se presenta en la siguiente ilustración para cuatro productos mensuales desde agosto de 2009.

Producto	Período de negociación						
Aug-2009	May-2009	Jun-2009	Jul-2009	Aug-2009			
Sep-2009		Jun-2009	Jul-2009	Aug-2009	Sep-2009		
Oct-2009			Jul-2009	Aug-2009	Sep-2009	Oct-2009	
Nov-2009				Aug-2009	Sep-2009	Oct-2009	Nov-2009

La liquidación final del contrato se hace efectiva el segundo día hábil del mes siguiente al mes de expiración correspondiente a una liquidación financiera por diferencias con respecto al precio de liquidación al vencimiento, cuyo cálculo incluye hasta el precio del subyacente del último día del mes de expiración.”¹⁰

¹⁰FUTURO SOBRE LA ENERGIA ELECTRICA EN COLOMBIA, [en línea], Colombia, Derivex Mercado de derivados commodities energéticos [citado el 15 Octubre 2010], disponible en: <<http://www.derivex.com.co/pdf/ContratoFuturoElectricidad.pdf>>

Legislación actuante sobre el mercado energético

“LEY 142 DE 1994

POR LA CUAL SE ESTABLECE EL RÉGIMEN DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES.

TITULO PRELIMINAR

CAPITULO II

ENERGIA ELECTRICA Y GAS COMBUSTIBLE

Artículo 167. Reformas y escisión de I.S.A. S.A. Autorízase al gobierno nacional para modificar el objeto social de Interconexión Eléctrica S.A., que en lo sucesivo será el de atender la operación y mantenimiento de la red de su propiedad, la expansión de la red nacional de interconexión y prestar servicios técnicos en actividades relacionadas con su objeto principal.

Autorízase, así mismo, al gobierno para organizar, a partir de los activos de generación que actualmente posee Interconexión Eléctrica S.A., una empresa, que se constituirá en sociedad de economía mixta, vinculada al Ministerio de Minas y Energía y dedicada a la generación de electricidad.

Parágrafo 1o. La empresa encargada del servicio de interconexión nacional organizará el centro nacional de despacho como una de sus dependencias internas, que se encargará de la planeación y coordinación de la operación de los recursos del sistema interconectado nacional y administrar el sistema de intercambios y comercialización de energía eléctrica en el mercado mayorista, con sujeción a las normas del reglamento de operación y a los acuerdos del consejo nacional de operación. Una vez se haya organizado el centro, el gobierno podrá constituir una sociedad anónima que se encargue de estas funciones.

Parágrafo 2o. La empresa encargada del servicio de interconexión nacional contará con recursos propios provenientes de la prestación de los servicios de despacho, del transporte de electricidad, de los cargos por el acceso y uso de sus redes de interconexión y por los servicios técnicos relacionados con su función.

Parágrafo 3o. La empresa encargada del servicio de interconexión nacional no podrá participar en actividades de generación, comercialización y distribución de electricidad.

Parágrafo 4o. El personal de la actual planta de ISA será reubicado en las empresas a que dé origen, respetando los derechos adquiridos de los trabajadores.

Artículo 168. Obligatoriedad del reglamento de operación. Las empresas que hagan parte del sistema interconectado nacional deberán cumplir con el reglamento de operación y con los acuerdos adoptados para la operación del mismo. En caso contrario se someterán a las sanciones previstas en esta Ley.

Artículo 169. Deberes especiales por la propiedad de ciertos bienes. Las empresas que sean propietarias de líneas, subestaciones y equipos señalados como elementos de la red nacional de interconexión, los usarán con sujeción al reglamento de operación y a los acuerdos adoptados por el consejo nacional de operación, en lo de su competencia, pero podrán adoptar, según convenga, los mecanismos de venta que permitan transferir estos bienes a la Empresa Nacional de Interconexión.

El incumplimiento de las normas de operación de la red nacional de interconexión, la omisión en la obligación de proveer el mantenimiento de las líneas, subestaciones y equipos asociados, y toda conducta que atente contra los principios que rigen las actividades relacionadas con el servicio de electricidad, tal como se expresan en la ley, dará lugar a las sanciones previstas en ella.

Artículo 170. Deber de facilitar la interconexión. Sin perjuicio de lo dispuesto en otras partes de esta Ley, las empresas propietarias de redes de interconexión, transmisión y distribución permitirán la conexión y acceso de las empresas eléctricas, de otras empresas generadoras y de los usuarios que lo soliciten, previo el cumplimiento de las normas que rijan el servicio y el pago de las retribuciones que correspondan.

Artículo 171. Funciones del Centro Nacional de Despacho. El centro nacional de despacho tendrá las siguientes funciones específicas, que deberá desempeñar ciñéndose a lo establecido en el reglamento de operación y en los acuerdos del consejo nacional de operación:

171.1. Planear la operación conjunta de los recursos de generación, interconexión y transmisión del sistema interconectado nacional, teniendo como objetivo una operación segura, confiable y económica;

171.2. Ejercer la coordinación, supervisión, control y análisis de la operación conjunta de los recursos de generación, interconexión y transmisión incluyendo las interconexiones internacionales;

171.3. Determinar el valor de los intercambios resultantes de la operación conjunta de los recursos energéticos del sistema interconectado nacional;

171.4. Coordinar la programación del mantenimiento de las centrales de generación y de las líneas de interconexión y transmisión de la red eléctrica nacional;

171.5. Informar periódicamente al consejo nacional de operación acerca de la operación real y esperada de los recursos del sistema interconectado nacional, y de los riesgos para atender confiablemente la demanda;

171.6. Informar las violaciones o conductas contrarias al reglamento de operación.

Artículo 172. Consejo Nacional de Operación. Créase el Consejo Nacional de Operación que tendrá como función principal acordar los aspectos técnicos para garantizar que la operación conjunta del sistema interconectado nacional sea segura, confiable y económica, y ser el órgano ejecutor del reglamento de operación, todo con sujeción a los principios generales de esta Ley y a la preservación de las condiciones de competencia.

Las decisiones del consejo nacional de operación serán apelables ante la Comisión de Regulación de Energía y Gas Combustible.”¹¹

“LEY 143 DE 1994

(julio 11)

EN RELACIÓN CON LA CONTRIBUCIÓN DE SOLIDARIDAD EN LA AUTOGENERACIÓN

POR LA CUAL SE ESTABLECE EL RÉGIMEN PARA LA GENERACIÓN, INTERCONEXIÓN, TRANSMISIÓN, DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ELECTRICIDAD EN EL TERRITORIO NACIONAL, SE CONCEDEN UNAS AUTORIZACIONES Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES EN MATERIA ENERGÉTICA.

El Congreso de Colombia,

DECRETA:

CAPITULO I

Principios Generales

Artículo 1o. La presente Ley establece el régimen de las actividades de generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad, que en lo sucesivo se denominarán actividades del sector, en concordancia con las funciones constitucionales y legales que le corresponden al Ministerio de Minas y Energía.

¹¹ ALCALDIA DE BOGOTA, [en línea] Colombia, Normatividad sobre la Comercialización de Energía Eléctrica [citado el 11 Septiembre 2010], disponible en: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=2752>>

Artículo 2o. El Ministerio de Minas y Energía, en ejercicio de las funciones de regulación, planeación, coordinación y seguimiento de todas las actividades relacionadas con el servicio público de electricidad, definirá los criterios para el aprovechamiento económico de las fuentes convencionales y no convencionales de energía, dentro de un manejo integral eficiente, y sostenible de los recursos energéticos del país, y promoverá el desarrollo de tales fuentes y el uso eficiente y racional de la energía por parte de los usuarios.

Artículo 3o. En relación con el servicio público de electricidad, al Estado le corresponde:

- a) Promover la libre competencia en las actividades del sector;
- b) Impedir prácticas que constituyan competencia desleal o abuso de posición dominante en el mercado;
- c) Regular aquellas situaciones en que por razones de monopolio natural, la libre competencia no garantice su prestación eficiente en términos económicos;
- d) Asegurar la protección de los derechos de los usuarios y el cumplimiento de sus deberes;
- e) Asegurar la adecuada incorporación de los aspectos ambientales en la planeación y gestión de las actividades del sector;
- f) Alcanzar una cobertura en los servicios de electricidad a las diferentes regiones y sectores del país, que garantice la satisfacción de las necesidades básicas de los usuarios de los estratos I, II y III y los de menores recursos del área rural, a través de los diversos agentes públicos y privados que presten el servicio;
- g) Asegurar la disponibilidad de los recursos necesarios para cubrir los subsidios otorgados a los usuarios de los estratos I, II y III y los de menores ingresos del área rural, para atender sus necesidades básicas de electricidad.

Artículo 4o. El Estado, en relación con el servicio de electricidad tendrá los siguientes objetivos en el cumplimiento de sus funciones:

- a) Abastecer la demanda de electricidad de la comunidad bajo criterios económicos y de viabilidad financiera, asegurando su cubrimiento en un marco de uso racional y eficiente de los diferentes recursos energéticos del país;
- b) Asegurar una operación eficiente, segura y confiable en las actividades del sector;
- c) Mantener y operar sus instalaciones preservando la integridad de las personas, de los bienes y del medio ambiente y manteniendo los niveles de calidad y seguridad establecidos.

Artículo 5o. La generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad están destinadas a satisfacer necesidades colectivas primordiales en forma permanente; por esta razón, son consideradas servicios públicos de carácter esencial, obligatorio y solidario, y de utilidad pública.

Artículo 6o. Las actividades relacionadas con el servicio de electricidad se regirán por principios de eficiencia, calidad, continuidad, adaptabilidad, neutralidad, solidaridad y equidad.

El principio de eficiencia obliga a la correcta asignación y utilización de los recursos de tal forma que se garantice la prestación del servicio al menor costo económico.

Artículo 7o. En las actividades del sector podrán participar diferentes agentes económicos, públicos, privados o mixtos, los cuales gozarán de libertad para desarrollar sus funciones en un contexto de libre competencia, de conformidad con los artículos 333, 334 y el inciso penúltimo del artículo 336 de la Constitución Nacional, y el artículo 3o. de esta Ley.

En los casos señalados por la ley, para operar o poner en funcionamiento los proyectos, se deberán obtener de las autoridades competentes los permisos respectivos en materia ambiental, sanitaria, uso de aguas y los de orden municipal que sean exigibles.

Artículo 8o. Las empresas públicas que presten el servicio de electricidad al entrar en vigencia la presente Ley, en cualquiera de las actividades del sector, deben tener autonomía administrativa, patrimonial y presupuestaria.

Salvo disposición legal en contrario, los presupuestos de las entidades públicas del orden territorial serán aprobados por las correspondientes juntas directivas, sin que se requiera la participación de otras autoridades.

Artículo 9o. El Presidente de la República ejercerá por medio de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios el control de eficiencia y calidad del servicio público de electricidad y el control, inspección y vigilancia de las entidades que prestan el servicio público de electricidad, en los términos previstos en la ley.

Artículo 10. Cuando el Estado decida convocar a los diferentes agentes económicos para que en su nombre desarrollen cualquiera de las actividades del sector reguladas por esta ley, éstos deberán demostrar experiencia en la realización de las mismas y tener capacidad técnica, operativa y financiera suficiente para suscribir los contratos necesarios para ello, los cuales se regularán de acuerdo con lo previsto en esta Ley, en el derecho privado o en disposiciones especiales según la naturaleza jurídica de los mismos.

CAPITULO II

Definiciones especiales

Artículo 11. Para interpretar y aplicar esta Ley se tendrán en cuenta las siguientes definiciones generales:

Sistema interconectado nacional: es el sistema compuesto por los siguientes elementos conectados entre sí: las plantas y equipos de generación, la red de interconexión, las redes regionales e interregionales de transmisión, las redes de distribución, y las cargas eléctricas de los usuarios.

Red nacional de interconexión: conjunto de líneas y subestaciones, con sus equipos asociados, incluyendo las interconexiones internacionales, destinadas al servicio de todos los integrantes del sistema interconectado nacional.

Centro Nacional de Despacho: es la dependencia encargada de la planeación, supervisión y control de la operación integrada de los recursos de generación, interconexión y transmisión del sistema interconectado nacional.

Está igualmente encargado de dar las instrucciones a los Centros Regionales de Despacho para coordinar las maniobras de las instalaciones con el fin de tener una operación segura, confiable y ceñida al reglamento de operación y a todos los acuerdos del Consejo Nacional de Operación.

Zonas no interconectadas: área geográfica en donde no se presta el servicio público de electricidad a través del Sistema Interconectado Nacional.

Cuando fuere necesario, la interpretación y aplicación de estas definiciones las hará la Comisión de Regulación de Energía y Gas.

CAPITULO VII

De la operación del Sistema Interconectado Nacional

Artículo 33. La operación del sistema interconectado se hará procurando atender la demanda en forma confiable, segura y con calidad del servicio mediante la utilización de los recursos disponibles en forma económica y conveniente para el país.

Artículo 34. El Centro Nacional de Despacho tendrá las siguientes funciones específicas, que deberá desempeñar ciñéndose a lo establecido en el Reglamento de Operación y en los acuerdos del Consejo Nacional de Operación:

a) Planear la operación de los recursos de generación, interconexión y transmisión del sistema nacional, teniendo como objetivo una operación segura, confiable y económica;

- b) Ejercer la coordinación, supervisión, control y análisis de la operación de los recursos de generación, interconexión y transmisión incluyendo las interconexiones internacionales;
- c) Determinar el valor de los intercambios resultantes de la operación de los recursos energéticos del sistema interconectado nacional;
- d) Coordinar la programación del mantenimiento de las centrales de generación y de las líneas de interconexión y transmisión de la red eléctrica nacional;
- e) Informar periódicamente al Consejo Nacional de Operación acerca de la operación real y esperada de los recursos del sistema interconectado nacional y de los riesgos para atender confiablemente la demanda;
- f) Informar las violaciones o conductas contrarias al Reglamento de Operaciones.”¹²

¹² ALCALDIA DE BOGOTA, [en línea] Colombia, Normatividad sobre la comercialización de Energía Eléctrica [citado el 11 Septiembre 2010] disponible en: <<http://domino.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Leyes-1994-ley-143>>