

DISEÑO DE UN PRODUCTO DERIVADO CLIMÁTICO PARA LA COBERTURA DE RIESGO EN LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN TÉRMICO EN EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

PRODUCT DESIGN OF WEATHER DERIVATIVES FOR COVERAGE OF RISK IN THE PRODUCTION OF THERMAL COAL IN GUAJIRA DEPARTMENT

Autores: Jorge Barbosa Sánchez, Juan David Pérez Sánchez, Oscar Leonardo Carreño.

RESUMEN

Las grandes pérdidas multimillonarias de empresas carboníferas que se registraron en los años 2010-2011 ocasionadas por los cambios climáticos, específicamente en el departamento de la Guajira, crean la necesidad de implementar metodologías de medición del riesgo, con el fin de identificar y prevenir a tiempo las futuras pérdidas que se podrían presentar.

El fundamento principal del proyecto, el cual va enfocado al diseño de un

derivado climático para cubrir el riesgo en la producción de carbón térmico en el departamento de La Guajira, se presenta como una alternativa de cobertura para cubrir el riesgo de pérdidas en la producción debido a cambios meteorológicos.

Palabras Clave: Carbón térmico, Precipitaciones, Humedad Relativa, Fenómeno del niño, Fenómeno de la niña, Mercado de Derivados, Opciones, Cobertura, Método Burn Analysis.

ABSTRACT

Large coal companies multimillion losses that occurred in the years 2010-2011 caused by climate change, specifically in La Guajira department, created the need to implement risk measurement methodologies in order to identify and prevent early future losses that could arise.

The core of the project, which is focused on the design of a weather

derivative to hedge the risk in the production of thermal coal in La Guajira department, is presented as an alternative to hedge the risk of production losses due to weather changes.

Keywords: Thermal coal, Precipitation, Relative Humidity, The Niño Phenomenon, The Niña Phenomenon, Derivatives, Options, Coverage, Burn Method Analysis.

INTRODUCCIÓN

En el Departamento de la Guajira, se ubica una de las más grandes empresas

mineras encargadas de la explotación y exportación del carbón térmico, conocida como El Cerrejón que lo conforman tres sectores: Cerrejón Norte, Cerrejón

Central y Cerrejón Sura, cuya explotación es a cielo abierto.

Las pérdidas financieras en el sector carbonífero que se han presentado en los últimos años han sido a causa del impacto climático. Cuando se presentan estos siniestros, las compañías que se

La principal variable a tener en cuenta en el proyecto se relaciona con el régimen de lluvias, para el caso de Colombia, debido a su ubicación geográfica y a su topografía, el nivel de lluvias varía significativamente desde 500 mm hasta 12000 mm en los Departamentos de la Guajira y Choco, respectivamente. En el año se presentan temporadas de intenso verano y de lluvias las cuales pueden durar varios meses en forma interrumpida.

EXPERIMENTACIÓN

Análisis Estadístico de las series

Es de suma importancia realizar un análisis estadístico de las variables que se han planteado en la parte teoría del proyecto, ya que con este análisis. Se puede tener una idea para la toma de decisiones.

Y (Producción de Carbón)		X (Precipitación)		Z (Humedad)	
Media	7.677.084,63	Media	48,2960	Media	66,783
Mediana	7.641.761,66	Mediana	41,3135,6667	Mediana	66,83
Moda	#N/A	Moda		Moda	67,6667
Desviación estándar	1.133.580,55	Desviación estándar	13,67	Desviación estándar	4,24
Curtosis	0,48	Curtosis	(1,34)	Curtosis	(0,83)
Coefficiente de asimetría	(0,35)	Coefficiente de asimetría	0,58	Coefficiente de asimetría	0,05
Mínimo	4.584.377,00	Mínimo	33,47	Mínimo	58,333333

ven obligadas a asumir el 100% de los costos que se generan.

El proyecto propuesto se desarrolla para el Departamento de la Guajira, que posee unas reservas de 3.694,6 Mt, equivalentes al 56% de las reservas del país. De las cuales, el 95% corresponde a carbón térmico.

Dado lo anterior, se hace necesario la adopción de un instrumento financiero que contrarreste el riesgo ocasionado al sector minero, más específicamente al del carbón. Por ello este trabajo tiene como objetivo principal, la creación de un derivado que genere cobertura a las compañías productoras de carbón térmico en el Departamento de la Guajira.

	10.052.324,70				74,6666
Máximo		Máximo	74,67	Máximo	667
Cuenta	40	Cuenta	40	Cuenta	40

Fuente: Elaboración Propia

Según la tabla estadística es posible decir que a un nivel de confianza del 95% el promedio en la producción de carbón por trimestre es de 7.677.084,63 toneladas para una muestra de 40 datos, la desviación estándar es lo que se espera que pueda variar la producción de carbón por trimestre que es de 1.133.580,55, es decir que los datos no están dispersos de la media y se acepta el modelo. El coeficiente de asimetría de la producción del carbón es negativa lo que indica que la distribución se sesga a la derecha.

Para la precipitación, de acuerdo a un nivel de confianza del 95% el promedio de la precipitación de lluvias por trimestre es de 48,29 (mm) para una muestra de 40 datos, la desviación

estándar es la variación de las precipitaciones de lluvias por trimestre que es 13,6732. El coeficiente de asimetría de las precipitaciones de lluvias es positivo lo que indica que la distribución se sesga a la izquierda.

La humedad de acuerdo a un nivel de confianza del 95% el promedio de la humedad relativa por trimestre es de 66,78% para una muestra de 40 datos, la

MATRIZ DE CORRELACIÓN			
	Y (Pcc Carbón)	X(Precipitación)	Z(Humedad)
Y (Pcc Carbón)	1	-0,367346893	0,008061683
X(Precipitación)	0,367346893	1	0,224694852
Z(Humedad)	0,008061683	0,224694852	1

Fuente: Elaboración Propia (Excel).

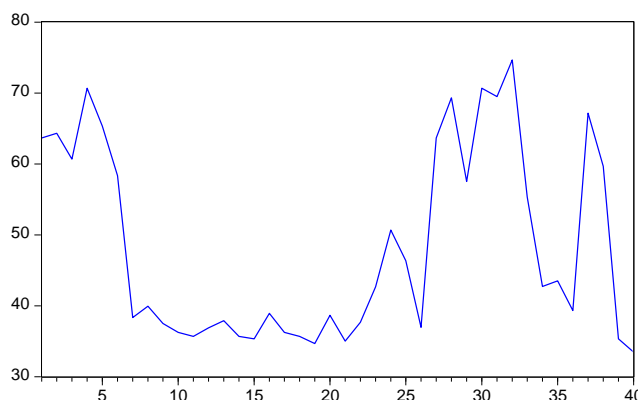
desviación estándar es la variación de la humedad por trimestre que es 4,24. El coeficiente de asimetría de la humedad es positivo lo que indica que la distribución se sesga a la izquierda.

Además, se procede a realizar una matriz de correlación para analizar la dependencia de una variable con respecto a la otra.

En la matriz se puede observar que el coeficiente de correlación entre las variables X (precipitación) y Y (producción) presenta un valor de -0,37, esto quiere decir que cuando una variable se mueve de posición la otra también se mueve, pero en diferente dirección ya que su coeficiente es cercano al cero. Igualmente, al analizar el coeficiente de correlación entre la variables Y (producción) y Z (humedad relativa), su coeficiente es aún más cercano al cero, lo que indica que ambas variables se mueven en distinta dirección.

Análisis Econométrico de los Datos

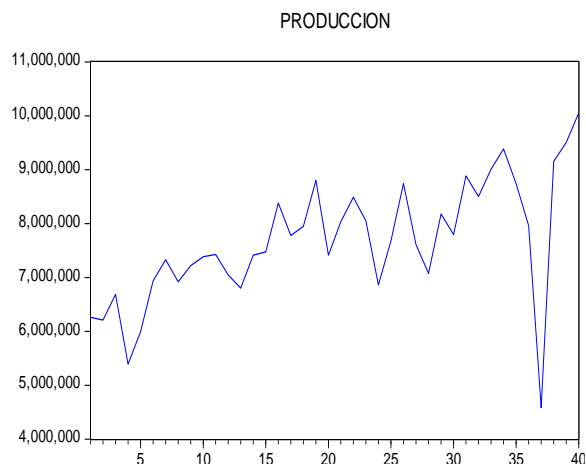
Gráfica 1. PRECIPITACIÓN VS TRIMESTRE
PRECIPITACION



Fuente: Elaboración Propia Eviews.

En el eje horizontal corresponde a los trimestres desde el año 2004 hasta 2013 y el vertical a las precipitaciones, medidas en milímetros. En la misma, se evidencia un comportamiento irregular en los niveles de precipitación, del trimestre 5 al 7 se presenta una caída del 43%, manteniéndose baja hasta el trimestre 28 en donde se ve aumentos cercanos al 45%.

Gráfica 2. PRODUCCIÓN VS TRIMESTRE



Fuente: Elaboración Propia Eviews.

En esta gráfica los datos ubicados en el eje horizontal corresponden a los trimestres desde el año 2004 hasta 2013 y en el eje vertical las producciones de carbón térmico. Análisis de las gráficas 1 y 2:

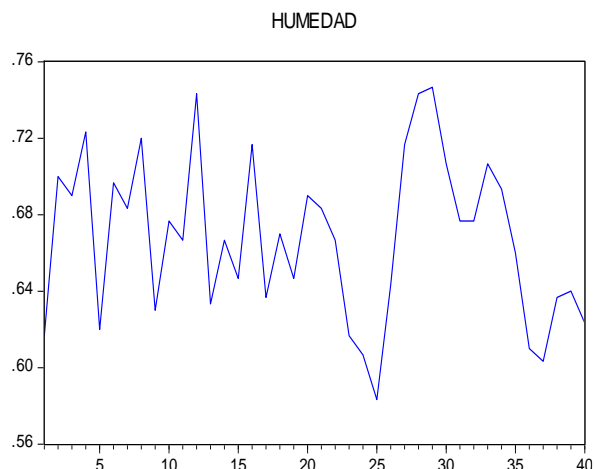
En los cinco primeros trimestres se presentan altas precipitaciones y se evidencia una caída en la producción.

Del trimestre 7 al 22 cuando hay bajas precipitaciones se observa un incremento continuo en la producción.

Del trimestre 22 al 32 se incrementan significativamente las precipitaciones y

como consecuencia se observa un impacto negativo en la producción.

Gráfica 3. HUMEDAD VS TRIMESTRE



Fuente: Elaboración Propia Eviews.

En esta gráfica se observa la relación que existe entre las precipitaciones y la humedad. Al aumentar el nivel de precipitación la humedad relativa aumenta levemente.

Para el modelo final se evalúan las variables independientes que pueden incidir en el comportamiento de la variable dependiente. Se presenta un análisis econométrico realizado en el programa Eviews.

ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN VS PRECIPITACIÓN Y HUMEDAD

Dependent Variable: PRODUCCION

Method: Least Squares

Date: 04/29/15 Time: 08:34

Sample: 1 40

Included observations: 40

Variable	Coefficient			
	t	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	7818978.	2724264.	2.870125	0.0067

PRECIPITACION	-31916.13	12965.25	-2.461668	0.0186
HUMEDAD	2095623.	4178091.	0.501574	0.6189

Mean dependent			
R-squared	0.140786	var	7677085.
Adjusted R-squared	0.094342	S.D. dependent var	1133581.
S.E. of regression	1078784.	Akaike info criterion	30.69261
Sum squared resid	4.31E+13	Schwarz criterion	30.81927
Log likelihood	-610.8521	Hannan-Quinn	30.73840
F-statistic	3.031303	Durbin-Watson stat	0.855151
Prob(F-statistic)	0.060378		

Fuente: Elaboración Propia Eviews.

Al correr el modelo econométrico en Eviews, en donde la variable dependiente es la producción de carbón y las variables independientes son precipitación y humedad. Para este caso es un modelo de regresión lineal múltiple.

Es posible analizar y hacer observaciones acerca de sus coeficientes. Por un milímetro adicional

en la precipitación, la producción de carbón disminuye 31.916,13 toneladas. También se puede decir que al realizar la prueba conjunta con las dos variables independientes la variable precipitación es estadísticamente significativa para el modelo ya que su probabilidad es menor al alfa. Para un alfa del 5% y 10%, mientras que la variable humedad no es estadísticamente significativa para el modelo a ningún alfa ya sea del 1%, 5% o 10%.

Mercado de Derivados

Los derivados son de gran utilidad en la administración de riesgo, ya que pueden reducir en gran medida los costos generados de estos. También permiten a los inversionistas gestionar los riesgos con menor incertidumbre y mayor precisión, y aunque pueden ser usados con fines especulativos convirtiéndose en instrumentos financieros muy riesgosos, ya que pueden moverse en mayor medida que los mercados en activos subyacentes, lo que genera enormes fluctuaciones tanto en ganancias como en pérdidas. Esto da origen a la necesidad de tener buenos controles al negociar los instrumentos financieros.

Los derivados financieros asumen su valor dependiendo del activo subyacente, dicho activo puede ser un bien físico como el maíz, el petróleo, el oro, entre otros; donde el precio del derivado varía según las expectativas de alza o escasez que rodean a este activo. También pueden ser sobre un bien intangible como lo son las acciones y los índices. (J. Rodríguez. Los Derivados Financieros: Historia, Teorías, Datos y el Caso Peruano. 2012)

Los derivados se clasifican en Forwards, Futuros y opciones y cinco

productos financieros: FORWARD: Es el instrumento derivado más antiguo que existe, también conocido como un contrato a plazo. Este contrato obliga a las dos partes (Comprador y Vendedor) a comprar o vender un determinado activo en una fecha a futuro específica y a un determinado precio. (Salgador, Contratos Forwards, 2010)

FUTUROS: Un contrato a futuro es similar a un contrato Forward, pero estandarizado y negociable en un mercado organizado, es decir, es un contrato mucho más detallado que un Forward, ya que incluye la cantidad del activo, calidad, fecha de vencimiento, y forma de entrega. Este tipo de contrato cuenta con márgenes y capital que respalda su integridad. (Salgador, Contratos Forwards, 2010)

OPCIÓN: Contrato que otorga al comprador la opción más no la obligación para comprar o vender una cantidad determinada del activo subyacente a un precio fijo, a una fecha fija, pagando un precio por este producto llamado prima. Por otra parte el vendedor de la opción tiene la obligación de comprar el activo al precio y a la fecha pactada, y por asumir esta obligación recibe como beneficio la prima. (María E. Serrano & Jaime Á. Rico, Modelos Matemáticos para la Valoración de Opciones, Unab 2010)

Definición de un Derivado Climático

Un derivado es un instrumento financiero cuyo valor obedece a los Valores que adquiere alguna variable (subyacente) especificada en el contrato. Originalmente, sólo se tomaba como

variable subyacente el precio de un activo en el Mercado, en general, el valor de una acción o el precio de commodities, el caso de los derivados climáticos es un caso particular en donde la variable de la cual depende el valor del contrato es un índice climático.

Diseño del Producto Derivado Climático

ESPECIFICACIONES DEL DERIVADO CLIMÁTICO A DESARROLLAR:

VARIABLE SUBYACENTE

Dados los estudios econométricos anteriores se concluyó que la variable que más afecta la producción de carbón en el departamento de la Guajira es precipitación, por ende el cálculo del índice del cual se deriva la opción climática será sobre esta.

INFORMACIÓN SELECCIONADA

Los datos de las variables climáticas fueron obtenidos por medio del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), quienes proporcionaron la información de las precipitaciones mensuales desde el año 1999, hasta el 2013. Los datos suministrados pertenecen al municipio de Hatonuevo en el departamento de la Guajira.

INDICE

Para el desarrollo del derivado climático se calculó el índice en base a las precipitaciones acumuladas trimestralmente, ya que esta será la periodicidad que tendrá el contrato.

$$X = \sum_{i=1}^{Nd} T_i$$

La sumatoria de las precipitaciones mensuales con i iniciando en el año 1999, hasta n en el 2013, de esta manera se obtiene un índice trimestral por cada año.

ESTRATEGIAS DE COBERTURA

Cuando se desea hacer una cobertura con una opción, existen dos alternativas (Call y Put) dependiendo de las expectativas que se tengan respecto al comportamiento del índice sobre el cual se está ejerciendo del derivado, Para este proyecto, se usará una opción Call, ya que las empresas carboníferas deben cubrirse de posibles pérdidas provocadas por el aumento de la precipitación en el departamento de la Guajira.

COMPRA DE OPCION CALL (LONG CALL)

Las opciones Call son derechos de compra. Al adquirir una opción Call se da el derecho más no la obligación al comprador de comprar las acciones a un precio previamente establecido, ese precio se le denomina strike; a una fecha

determinada, conocida como fecha de vencimiento. Estas opciones se pueden vender y comprar en cualquier momento hasta la fecha de su vencimiento.

Para el caso de un índice climático, en la opción Call se espera que la precipitación acumulada del periodo aumente, ya que el comprador de una Call comienza a ganar cuando la cotización supera la suma de la prima más el strike, en caso contrario el comprador estaría perdiendo, pero dicha pérdida está limitada al valor de la prima que ha pagado.

$$\text{short Call} = \text{Max}(I_t - \text{Strike}; 0) \\ * \text{Ticker}$$

NIVEL DE STRIKE

El strike es el valor de referencia sobre el cual se recibirá una compensación cuando el nivel de la precipitación se encuentre por encima o por debajo de ese valor, dependiendo de la posición que se está ejerciendo (Short Call o Long Call). Para el Short Call el beneficio está determinado por la prima que pague el comprador del contrato, en

Desviación estándar	13,67
---------------------	-------

STRIKE 1	47,14
STRIKE 2	60,81
STRIKE 3	74,48

VENTA DE OPCION CALL (SHORT CALL)

Obliga al vendedor a vender el activo subyacente al precio de ejercicio en la fecha de vencimiento o antes de que finalice el plazo, a cambio del cobro de una prima. Tiene ganancias limitadas y pérdidas ilimitadas, por ende sus expectativas son bajistas.

Para el caso de un índice climático, los vendedores de una opción Call confía que la precipitación acumulada no será superior al strike pactado, por lo tanto pueden ser todos aquellos que se ven perjudicados por la falta de lluvia y desean cubrirse de las sequías como los ganaderos y agricultores.

caso de ser un Long Call, el beneficio se encontrará por cada milímetro de lluvia por encima del valor del strike, menos la prima.

Se debe determinar el valor del strike sobre el cual se desea establecer la cobertura para ejercer la opción Call.

El nivel de precipitación óptima para la producción de Carbón es de 33,47 en un trimestre.

El cálculo del strike se hará por medio de desviaciones estándar por encima de la precipitación óptima.

PERIODO DEL VENCIMIENTO DE CONTRATO:

Para desarrollar los determinados análisis econométricos, se tomaron periodos de producción trimestrales ya que en la página de correjón se mostraron con esta periodicidad, también se tomaron las precipitaciones trimestrales ya que ese es el periodo promedio de tiempo que dura una estación climatológica, por lo tanto el periodo de vencimiento del contrato será de 3 meses.

ESTILO DE CONTRATO DE OPCIÓN

Europeo. Se ejercen únicamente en la Fecha de Vencimiento.

TICKER:

El ticker es el valor monetario que se da al índice, es decir, es el monto pagado por cada mm de agua por encima strike.

Se calculó un ticker, que se tomó de la página de la CME Group, el cual es de 50 USD por cada variación de pulgada del índice. Como la medición se está haciendo en milímetros, se hace la transformación; por lo que el ticker pagado será de 2 dólares por cada variación en mm del índice.

VALORACIÓN SEGÚN EL MÉTODO BURN ANALYSIS

Después buscar diferentes métodos se llegó a la conclusión que el método más claro y conciso por el cual podemos calcular la primera aproximación al precio del derivado, se conoce como "Burn Analysis" y consiste evaluar cómo se habría comportado el contrato en los años anteriores y suponer que, en promedio, el contrato debiese mantener un comportamiento similar (Jewson y Brix, 2005), en otras palabras, evalúa el contrato con valores de precipitación históricos que es la variable de estudio en el trabajo.

Tasa libre de riesgo	7,03%	Ea
	6,79%	C.C
Ticker	2,00	Usd
Tiempo P	15	Años

Fuente: Elaboración Propia.

Comportamiento Long Call				
	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
1999	7	7,86	12,86	13,86
2000	0,00	2,86	31,86	11,86
2001	0,00	24,86	7,86	28,86
2002	0,00	16,86	21,86	26,86
2003	0,00	20,86	39,86	7,86
2004	16,53	17,19	13,53	23,53
2005	18,19	11,19	0,00	0,00
2006	0,00	0,00	0,00	0,00
2007	0,00	0,00	0,00	0,00
2008	0,00	0,00	0,00	0,00
2009	0,00	0,00	0,00	3,53
2010	0,00	0,00	16,53	22,19
2011	10,39	23,53	22,36	27,53
2012	8,19	0,00	0,00	0,00
2013	20,03	12,53	0,00	0,00

Fuente: Elaboración Propia.

En primer lugar se toma la muestra y se calculan los índices de pago para la opción Call, luego se calcula el promedio de estas diferencias y se multiplica por el valor en dinero que se asigna a cada milímetro de precipitaciones, en este caso USD \$2. Este resultado se descuenta a la tasa libre de riesgo para traer el precio al valor presente.

	CALL			
	trimestre 1	trimestre 2	trimestre 3	trimestre 4
Promedio	5,3	9,2	11,1	11,1
Precio prima	3,85 USD	6,62 USD	8,01 USD	7,98 USD

Fuente: Elaboración Propia.

ANÁLISIS DE COMPORTAMIENTO DEL PRECIO SEGÚN SU STRIKE

Si analizamos el comportamiento del precio con respecto al strike podemos ver mientras se pacte un mayor strike el precio será menor, esto se debe a que si se toma una mayor precipitación como strike, las ganancias van a ser menores, ya que la diferencia entre lo pactado y el índice disminuirá.

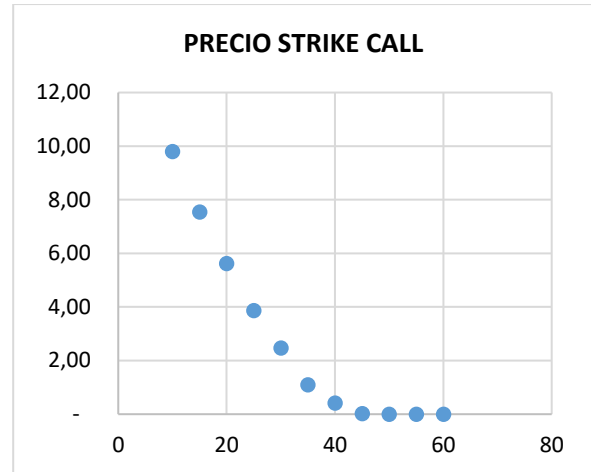
CALL TRIMESTRE 4											
Strike	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
precio	16,06	14,26	12,45	10,65	8,84	7,08	5,54	4,46	3,38	2,40	1,58
Precio* Ticker	32,08	28,47	24,87	21,27	17,66	14,13	11,07	8,91	6,74	4,79	3,16

Fuente: Elaboración Propia.

CONCLUSIÓN

Al terminar el análisis de los diferentes factores climáticos que afectan directamente la producción de carbón térmico en el departamento de La Guajira, se construyen estrategias que permiten diseñar una posible solución a la problemática de las variaciones meteorológicas, lo cual genera un riesgo que desfavorece al sector minero en Colombia.

Es por esta evidente necesidad de cubrir las grandes pérdidas que genera el



Fuente: Elaboración Propia.

UTILIDADES

Suponiendo que el comportamiento del índice durante los próximos años será igual que en últimos 15 años, se hizo un análisis de las utilidades que representarían los contratos Call tanto para el comprador como para el vendedor, se tomaron los 3 niveles de strike y se pudo concluir que un strike mayor beneficiaría más al vendedor y por ende perjudicaría al comprador, ya que las ganancias de una parte, representan las pérdidas de la otra parte.

sector minero a causa de las variables climáticas, que se presentan como una solución, el diseño del derivado climático, queda la posibilidad a que el mercado sea más dinámico, brindando la posibilidad de seleccionar las diferentes opciones propuestas (Long Call y Short Call); estando al alcance de los agentes que intervienen de manera directa o indirecta en la producción de carbón térmico.

Durante la realización del derivado climático, hubo carencia de información, ya que la mayoría de los derivados climáticos se enfocan al estudio de la

temperatura y no al de la precipitación, siendo este último nuestro factor de estudio, es por este motivo que el método “Burn Analysis” fue el único posible para valorar el modelo.

Es de suma importancia determinar con claridad y exactitud la variable climática que más afecta la producción de carbón térmico, cuando se está pensando en desarrollar un modelo de medición óptima, ya que dicha variable se convertirá en el activo subyacente sobre el cuál se establezca el contrato.

En la actualidad se presentan un mercado que ofrece una amplia gama de activos que generan beneficios, aun así, el desarrollo de los mercados de derivados se ha venido desacelerando, por motivos como la dificultad de encontrar el precio conveniente para transar estos instrumentos, esta dificultad surge, ya que un activo subyacente en un contrato de derivados se comporta de manera muy diferente a otro tipo de activos financieros.

REFERENCIAS

- Association, W. C. (Septiembre de 2014). World Coal Association. Disponible World Coal Web site: <http://www.worldcoal.org/resource/s/coal-statistics/>
- BME. (2014). Disponible en BME CLIMA Web site: <http://www.bmeclima.es/aspx/Comun/Pagina.aspx?id=esp&l1=Riesgo&f=Home>
- Bolsa de Valores de Colombia BVC, X. S. (2009). Estudio de Factibilidad Nuevo Mercado de Derivados Estandarizados sobre Commodities Energéticos. Bogotá, Colombia. Disponible en internet: http://www.derivex.com.co/accionistas/Asamblea%20de%20Constitucion/Indice/Documentos_Asamblea/9_Estudio%20de%20Factibilidad%20DERIVEX.pdf
- BVC, X. (2009). El mercado eléctrico de lo físico a lo financiero. Colombia. Disponible en internet: <http://www.xm.com.co/BoletinXM/Documents/fiab.pdf>
- Carreño, S. (2013). Diseño de un Producto Derivado Climático para la Piña en Santander.
- Castro, M. (2009). Managing Weather Risk with Rainfall Option. Buenos Aires, Argentina. Disponible en internet: <http://www.econlink.com.ar/derivados-climaticos>
- CERREJÓN. (2014). Disponible en CERREJÓN Web Site: <http://www.cerrejon.com/site/nuestra-empresa.aspx>
- CorpoGuajira. (Febrero de 2011). Plan de Gestión Ambiental. Disponible en internet: http://www.corpoguajira.gov.co/web/attachments_Joom/article/57/PGAR.pdf
- Dinero. (14 de Mayo de 2012). Producción de Carbón resistió

- lluvias del primer semestre. Dinero. Disponible en internet: <http://www.dinero.com/pais/articulo/produccion-carbon-resistencia-lluvias-del-primer-trimestre/150948>
- Encolombia. (2014). Disponible en internet: <http://www.encolombia.com/economia/economiacolombiana/carbon/>
 - IDEAM. (7 de Julio de 2011). Diagnóstico Situación de Riesgos Hidrometeorológicos en Colombia y Avances en la Zonificación de Riesgos. Disponible en internet: http://www.cra.gov.co/apc-aa-files/36666164373034386433323930303464/10._Situacion_del_riesgo_de_desastres_en_Colombia_IDEAM.pdf
 - IDEAM. (3 de Marzo de 2015). Características Climatológicas de Colombia. Disponible en internet: <http://institucional.ideam.gov.co/js/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=812>
 - Juan Sergio Cruz, A. L. (2010). Modelo analítico de derivados de clima para eventos específicos de riesgo en la agricultura en Colombia. Universidad Javeriana, Bogotá. Disponible en internet: <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/desarrolloRural/article/view/1179>
 - María E. Serrano, J. Á. (2010). Modelos Matemáticos para la Valoración de Opciones. Bucaramanga: Unab.
 - Mussio, V. (s.f.). DERIVADOS CLIMÁTICOS APLICADOS A LA AGRICULTURA. Universidad del Rosario, Argentina, Rosario. Disponible en internet: <http://www.fundaj.gov.br/geral/observanordeste/veronicamussio.pdf>
 - Portafolio. (17 de Enero de 2011). Invierno bajó la producción de carbón. Portafolio. Disponible en internet: <http://www.portafolio.co/economia/invierno-la-produccion-carbon>
 - Portafolio. (26 de Septiembre de 2011). Lluvias afectan a la producción de carbón en el Cerrejón. Portafolio. Disponible en internet: <http://www.portafolio.co/economia/lluvias-afectan-produccion-carbon-el-cerrejon>
 - Portafolio. (13 de Febrero de 2015). Colombia Produjo 88,5 millones de toneladas de Carbón. Portafolio. Recuperado el 28 de Marzo de 2015, de <http://www.portafolio.co/economia/produccion-carbon-2014-885-millones-toneladas>
 - Rodríguez. (29 de Septiembre de 2012). LOS DERIVADOS FINANCIEROS: HISTORIA, TEORÍAS, DATOS Y EL CASO PERUANO. Disponible en internet: <https://es.scribd.com/doc/108016427/LOS-DERIVADOS-FINANCIEROS-HISTORIA->

TEORIAS-DATOS-Y-EL-CASO-PERUANO

- ROFEX. (2014). CONTRATOS DE FUTUROS Y OPCIONES SOBRE PETRÓLEO. Colombia. Disponible en internet: <http://www.rofex.com.ar/upload/reglamentos/guia%20de%20negociaci+%C2%A6n%20Petr+%C2%A6leo.pdf>
- S.A, P. S. (2012). Disponible en internet: http://www.pensemossi.com/web/index.php?option=com_content&view=article&id=90:el-cabon-en-colombia&catid=38:todos&Itemid=56
- SALGADOR, J. P. (26 de Julio de 2010). Contratos Forwards. Disponible en internet: <http://www.gerencie.com/contratos-forwards.html>
- SIAC. (1 de Marzo de 2015). El Clima de Colombia. Disponible en internet: <https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=686&conID=1222&pagID=1480>
- SIMCO. (2012). Cadena del Carbón. Colombia. Disponible en internet: <http://www.simco.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=ghcA7YSxZko=>
- SIMCO. (2013). PRODUCCIÓN Y EXPORTACIONES DE CARBÓN EN COLOMBIA PRIMER TRIMESTRE 2013. Colombia. Disponible en internet: <http://www.simco.gov.co/simco/P>

ortals/0/Otros/produccion_y_exportaciones_I_Trim_2013.pdf

- SIMCO. (s.f.). Comportamiento de la Producción y Exportaciones de Carbón Primer Semestre y Segundo Trimestre de 2013. Disponible en internet: <http://www.simco.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=V7WCOMCG9tU%3D&tabid=110>
- SIMCO, M. d. (Agosto de 2014). Producción y Exportaciones de Carbón en Colombia Segundo Trimestre 2014. Disponible en internet: <http://www.minminas.gov.co/documents/10180/558364/ProduccionExportacionesCarbonSegundoTrimestre2014.pdf/90fc1d10-a332-4092-b8c5-181623739dbf>
- TABLADO, L. Á. (10 de Septiembre de 2012). Weather Derivates. Universidad de León. Weather Derivates: https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/1893/71551554A_GADE_septiembre12.pdf?sequence=1
- Toda-Colombia. (2013). Clima Colombiano- Factores Atmosféricos. Disponible en internet: Clima Colombiano- Factores Atmosféricos: <http://www.todacolombia.com/geografia/climacolombiano.html>
- UPME. (s.f.). La Cadena del Carbón. Colombia. Disponible en internet: http://www.upme.gov.co/Docs/Cadena_carbon.pdf

- Vargas, P. M. (17 de Enero de 2011). Invierno bajó la producción de carbón; se dejó de producir cerca de 8,5 millones de toneladas. Portafolio. Disponible en internet: <http://www.portafolio.co/economia/invierno-la-produccion-carbon>
- Vatia, N. (11 de Febrero de 2011). Sector Minero. Disponible en internet: Sector Minero: <http://noticias.vatia.com.co/2011/FEBRERO/11-FEBRERO/Mineria.pdf>
- Wikipedia. (3 de Marzo de 2015). Clima de Colombia. Disponible en internet: http://es.wikipedia.org/wiki/Clima_de_Colombia
- Xm. (2009). Bolsa de Valores de Colombia y XM Compañía de Expertos en Mercados presentan proyecto de mercado de derivados energéticos. Colombia. Disponible en internet: <http://www.xm.com.co/BoletinXM/Pages/Derivadosmay27.aspx>