

Políticas

REVISTA DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA FINANCIERA DE LA UNAB ISSN 1657-3374 VOLUMEN 6 N° 12 BUCARAMANGA (COLOMBIA) DICIEMBRE DE 2012



Doctora
SANDRA LUCIA LEÓN LEÓN
OFICINA DE MERCADO Y COMUNICACIÓN
CMDB
Cra 23 No. 37-63
Bucaramanga



unab

OPCIONES

Revista del Programa de Ingeniería Financiera
ISSN 1657-3374
Volumen 6 N°12 Bucaramanga, Diciembre 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA

ALBERTO MONTOYA PUYANA
Rector

EULALIA GARCÍA BELTRÁN
Vicerrectora Académica

GILBERTO RAMÍREZ VALBUENA
Vicerrector Administrativo

Decana
LUZ STELLA RUEDA CADENA

Directora
MARÍA EUGENIA SERRANO ACEVEDO

CONSEJO EDITORIAL
Jaime Ángel Rico Arias
Gloria Inés Macías Villalba
María Eugenia Serrano Acevedo

EDICIÓN Y PRODUCCIÓN
Publicaciones UNAB

CORRECTOR DE ESTILO
Heriberto Sánchez Bayona

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN
Ideas Comunicación

Las opiniones contenidas en los artículos de esta revista no vinculan a la institución sino que son de exclusiva responsabilidad de los autores, dentro de los principios democráticos de cátedra libre y libertad de expresión, consagrados en el artículo 3° del Estatuto General de la Corporación Autónoma de Bucaramanga. El material de esta publicación puede ser reproducido sin autorización, siempre y cuando se mencione su procedencia y el Programa de Ingeniería Financiera de la UNAB reciba un ejemplar de su publicación.

OPCIONES UNAB
Calle 48 N° 39-234 Teléfonos (7) 643 61 11 y 643 62 61 / Ext.183
Fax (7) 643 39 58
Bucaramanga, Colombia

www.unab.edu.co

Contenido

Editorial

Luz Stella Rueda Cadena

5

Análisis de estimadores de riesgo VaR (Value at Risk) y CVaR (Conditional Value at Risk) para riesgo de mercado en Colombia

Loren Julieth Villarreal Díaz

7

Pronósticos de precios de la energía eléctrica en Colombia mediante método econométrico de la familia arch-garch para la aplicación de una estrategia de cobertura o inversión usando risk simulator

Andrea Lucía Cotes Rueda

Tomás Roberto Castañeda Moreno

23

Aplicación de la teoría Markowitz en la estructuración de portafolios de inversión para el mercado accionario colombiano

Gloria Inés Macías V.

39

Due diligence:

Una forma diferente para diagnosticar una opción de compra

Angélica Vanessa Sierra Martínez

Cristian Felipe Ortiz Méndez

57

Editorial

Por: Luz Stella Rueda Cadena

Decana Programa de Ingeniería Financiera

Nuevamente con ustedes en este editorial de la Revista Opciones me complace presentar los artículos resultantes de trabajos de investigación de nuestra docente Ing. Financiera Gloria Inés Macías y nuestros estudiantes.

Los trabajos de los estudiantes son el resultado de sus proyectos en áreas específicas como: Análisis de estimadores de riesgo, Pronósticos de precios de la energía eléctrica en Colombia y el proceso de Due Diligence y en su trabajo la Ing. Gloria I. Macías aplica la teoría de Markowitz al mercado colombiano para obtener portafolios en la línea de frontera eficiente.

Desde el programa de Ingeniería Financiera se resaltan los esfuerzos de estos futuros ingenieros financieros quienes buscan ir más allá del análisis y diseño de productos financieros tradicionales y reflejan su capacidad para diseñar modelos financieros corporativos, de inversiones, cobertura y especulación.

Recordemos que nuestros **Ingenieros Financieros**, son profesionales con habilidades y destrezas para:

- Diseñar, desarrollar e implementar modelos financieros que respondan a la realidad económica de las empresas y sistemas empresariales.
- Diseñar, desarrollar e implementar estrategias financieras innovadoras de inversión, financiación y cobertura con el propósito de optimizar el valor para el inversionista individual o institucional.
- Diseñar, desarrollar e implementar, instrumentos financieros que conlleven al crecimiento organizacional.

- Optimizar el uso de los recursos financieros reconociendo el compromiso con la excelencia operacional de la organización.
- Analizar e interpretar los sistemas de información gerencial.
- Gestionar proyectos de reestructuración de inversión, financiación y riesgos financieros.
- Crear, adaptar y mejorar la aplicación de la técnica, el desarrollo de la tecnología en función de la gestión financiera.

Las nuevas exigencias y formas de acción en los escenarios empresariales hacen que en el programa de Ingeniería Financiera nos orientemos a la formación de creadores y hacedores de ideas que gestionan el riesgo, con el fin de brindar soluciones a las necesidades locales, nacionales e internacionales.

Además, el saber financiero es fundamental para la creación o modificación de productos y servicios que respondan a los requerimientos de los ambientes vigentes.

Análisis de estimadores de riesgo VaR (Value at Risk) y CVaR (Conditional Value at Risk) para riesgo de mercado en Colombia

Loren Julieth Villarreal Díaz (Autor)

Gloria Inés Macías V. (Asesor)

RESUMEN

Las grandes crisis y desastres financieros ocasionados en la década de los 90, a causa de la administración errónea que se le atribuía a los riesgos, llevaron a la necesidad de implementar metodologías de medición para estos, con el fin de detectar y prevenir a tiempo los diferentes componentes de pérdidas que podrían llegar a sufrir las organizaciones en general.

El proyecto se fundamenta en el Valor en riesgo (VaR) y el Valor en Riesgo Condicional CVaR, dos métodos para medir el riesgo de mercado, por medio de cuatro fases que hicieron óptimo el desarrollo de este. La primera fase es la estructuración de un portafolio de inversión en renta variable, determinado por diferentes estudios y análisis más que todo estadísticos. La segunda fase es la medición del VaR, por medio de los métodos paramétricos, de simulación histórica y la simulación de Monte Carlo a diferentes niveles de confianza. La tercera fase es la medición del CVaR igualmente por los



métodos de cálculo del VaR y la fase final es la comparación de ambas metodologías a través de las pruebas de *Backtesting* para concluir cual tiene mayor ajuste.

PALABRAS CLAVES

Riesgo de Mercado, Rendimiento, Rentabilidad, Volatilidad, Pruebas de *Backtesting*, Valor en Riesgo, Valor en Riesgo Condicional.

ABSTRACT

Great crises and financial disasters caused in the 90s, because of erroneous administration was attributed to the risks, led to the need to implement these measurement methodologies, in order to timely detect and prevent the different components of losses that could eventually suffer organizations in general.

The project is based on the value at risk (VaR) and Conditional Value at Risk (CVaR), two methods for measuring market risk, through four phases that made optimal development of this. The first phase is the structuring of an investment portfolio in equities, determined by different studies and most of all statistical analyzes. The second phase is the measurement of VaR, using parametric methods, historical simulation and Monte Carlo simulation at different levels of confidence. The third phase is equally CVaR measurement methods for calculating VaR and the final phase is the comparison of both methodologies through backtesting to conclude which is more fit.

KEYWORDS

Market risk, Performance, Profitability, Volatility, Backtesting, Value at Risk, Conditional Value at Risk.

INTRODUCCIÓN

El riesgo de mercado ha sido responsable de pérdidas financieras significativas en años anteriores, por causa de la volatilidad que presentan los precios de los activos y la falta de planes de acción que permitan prevenirlas a tiempo. La Superintendencia Financiera de

Colombia a través del Sistema de Administración de Riesgo de Mercado, ha contribuido con la implementación en modelos de referencia para la etapa de medición, estableciéndola como requisito fundamental a las entidades vigiladas por ésta.

En el año 1994 a causa de los desastres financieros ocasionados en esta época, JP Morgan¹ implementa el sistema de medición universal llamado Valor en Riesgo (VaR), el cual se encarga de estimar la máxima pérdida que puede sufrir un activo o un portafolio de inversión en un horizonte de tiempo, con cierto nivel de confianza y en condiciones normales de mercado.

Este sistema de medición se ha venido utilizando por mucho tiempo en las organizaciones por tener ventajas en sus fáciles cálculos e interpretaciones, pero se empieza a establecer una serie de faltantes en cuanto al concepto de medida de riesgo coherente, que originan la creación de otros métodos.

En 2002 aparece el concepto de Valor en Riesgo Condicional (CVaR), aportado por Uryasev y Rockafellar y creado como complemento al VaR, que mide la pérdida promedio superior al VaR que puede presentar una cartera en un período de tiempo.

Concluir cuál metodología tiene un mayor ajuste en el mercado de renta variable colombiano, se puede llevar a cabo a través de las Pruebas de *Backtesting*, las cuales se encargan de revisar la precisión y validez del modelo, y la prueba de Kupiec que cuenta el número de veces que las pérdidas exceden al VaR y al CVaR.

1. Mercado de Renta Variable Colombiano

Como resultado de la integración de las bolsas de Bogotá, Medellín y Occidente el 3 de Julio de 2001 nació la Bolsa de Valores de Colombia para administrar los mercados accionarios, de renta fija, de derivados y cambiario².

La Renta Variable en Colombia ha venido mostrando un buen desempeño frente a otras

1 John Pierpont Morgan (17 de Abril de 1837 – 31 de Marzo de 1913). Empresario y banquero dominante de las finanzas corporativas en esta época.

2 Adaptado de la página de la Bolsa de Valores de Colombia. www.bvc.com.co.

posibilidades de inversión, conceptualizándose como la participación expresada en porcentaje en el patrimonio de las compañías emisoras de títulos representativos y llamándose de esta manera ya que el inversionista no puede tener la certeza de rentabilidad con anterioridad.

Una de las formas para estructurar un portafolio de acciones es por medio del análisis de los índices bursátiles.

Un índice bursátil es un indicador de la apreciación de un mercado de acuerdo a las cotizaciones de los títulos más representativos, siendo también una medida de rendimiento en un período de tiempo de un grupo de activos, es decir, un grupo de instrumentos, acciones o deuda. Por medio del análisis de estos se puede estructurar un portafolio de inversión con fronteras de riesgo eficientes ya que tienen funciones de identificar las impresiones que el mercado local posee hacia las diferentes conductas que presenta la economía.

- **Índice IGBC:** También conocido como Índice General de la Bolsa de Valores de Colombia, es el resultado de las ponderaciones de las acciones más líquidas y de mayor capitalización. Se puede decir que es el más representativo porque muestra el grupo de acciones más específicas y concluye cómo estuvo el mercado en un determinado tiempo dependiendo de sus alzas o bajas.

- **Índice COLCAP:** Índice Accionario de Capitalización, muestra el comportamiento de las 20 acciones más líquidas de la BVC³ las cuales son ponderadas por su Capitalización Bursátil Ajustada.

- **Índice COL20:** Índice Accionario de Liquidez, está compuesto por las 20 acciones más líquidas de Colombia, son las mismas que componen el índice COLCAP.

La siguiente tabla muestra las tres mejores acciones de cada índice de acuerdo al análisis de su participación en las canastas:

IGBC	COLCAP	COL20
Prec	Ecopetrol ⁴	Prec
Ecopetrol	PFBColombia ⁵	Fabricato
PFBColombia	Prec ⁶	Ecopetrol

Fuente: Elaboración propia.

2. Gráfico de Dominancia

Por medio del gráfico de Dominancia para un período de tiempo de 2 años y medio aproxima-

mente (Desde el 04/01/2010 hasta el 16/08/2012), se pudo establecer cuál es el índice más adecuado para la selección del portafolio de acuerdo a parámetros previstos como el riesgo y la rentabilidad y para un perfil de riesgo moderado⁷.

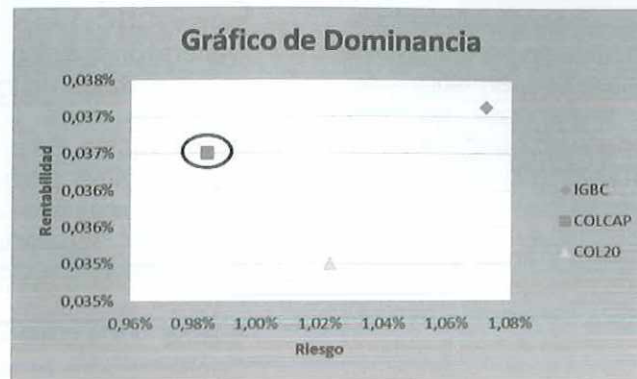
³ Bolsa de Valores de Colombia.

⁴ Ecopetrol S.A es una empresa de Economía Mixta, cotizante en bolsa, de carácter comercial y nacional, organizada como Sociedad Anónima y Vinculada al Ministerio de Minas y Energía, la cual tiene como objeto principal el desarrollo, no solo en Colombia sino también en el exterior de realizar actividades relacionadas con explotación, refinación, exploración, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de hidrocarburos, sus derivados y productos de manera comercial o industrial. Adaptado de www.Ecopetrol.com.co.

⁵ El Grupo Bancolombia nace de la fusión de Bancolombia, Conavi y Corfinsura el 14 de septiembre de 2004. Este empezó a operar como una organización destacada y líder en el sector financiero, que puso a disposición de los colombianos una amplia red de oficinas y cajeros automáticos en todo el país, además de 16 mil empleados dispuestos a prestar los adecuados servicios de carácter financiero a todos sus clientes.

⁶ También conocida como Pacific Rubiales Energy. Esta es una empresa de carácter público que cotiza tanto en la Bolsa de Valores de Toronto como en la colombiana. Esta organización es la más grande de manera independiente, de exploración y producción de petróleo y gas en Colombia. Es importante destacar que esta empresa para el transporte de crudos a través del sistema de oleoductos de Colombia, compra disolventes como gasolina natural y crudos ligeros dulces. Adaptado de www.pacificrubiales.com.

⁷ Es el perfil en donde se puede acceder a alternativas con mayor nivel de rentabilidad y riesgos en sus intereses, por lo general tiene cubiertas las necesidades básicas (vivienda, educación, salud) y lo que se desea es invertir excedentes de capital para obtener mayores ingresos. Adaptado de www.corficolombiana.com.



Fuente: Elaboración Propia.

El índice escogido fue el COLCAP, ya que presenta buenas rentabilidades a un nivel bajo de riesgo, estructurándose el portafolio con las acciones de Ecopetrol, Prec y PFBColombia.

3. Sistema de Administración de Riesgos

Un óptimo sistema para administrar los riesgos es parte fundamental de cualquier organización, ya que estos son inevitables a la hora de realizar inversiones y por ello es mejor prevenirlos antes que puedan desembocar en consecuencias desagradables.

Recordando los grandes desastres financieros que tuvieron origen en la década de los 90 como el

de Nick Leeson⁸, Bob Citron⁹ y Yasuo Hamanaka¹⁰, por nombrar algunos, son ejemplos que denotan la mala administración por parte del área de riesgos. Ante la preocupación de estos escenarios, en 1994 JP Morgan formuló una metodología para la medición del riesgo de mercado llamada Valor en Riesgo o VaR. Esta fue apoyada a nivel internacional a través del Comité de Basilea y a nivel nacional por la Superintendencia Financiera en la Circular 100 de 1995 que es la Circular básica y contable financiera.

En general son cuatro las etapas por nombrar las más importantes, para una buena administración de los riesgos, el proyecto está enfocado en la de medición:



Fuente: Elaboración Propia.

⁸ Trabajador de Back Office en el Banco Barings de Inglaterra, trader de futuros de Nikkei que hundió a este debido al mal manejo del sistema de riesgos.

⁹ Tesorero de impuestos del Condado de Orange. Quiebra provocada al querer generar altos ingresos para el condado sin aumentar los impuestos.

¹⁰ Jefe de compras de cobre y operador de Sumitomo Corporation que ocultó las pérdidas resultantes de operaciones irregulares con el pasar de los años.

4. La Volatilidad

La volatilidad considerada como la desviación estándar de los rendimientos de un activo o un portafolio que mide la frecuencia e intensidad de cambios en sus precios, es un insumo principal para llevar a cabo el procedimiento de cálculo del Valor en Riesgo. Existen diferentes métodos para el cálculo de la volatilidad, entre ellos la volatilidad histórica, la volatilidad dinámica y la volatilidad con suavizamiento exponencial.

4.1 Volatilidad Histórica: Este procedimiento de cálculo de la volatilidad, no es aconsejable para portafolios de inversión ya que se le da el mismo peso específico a todas las observaciones sin tener en cuenta las más antiguas o las más recientes; por otro lado, como lo indica su nombre, se basa en datos históricos.

4.2 Volatilidad Dinámica: También llamada de Suavizamiento exponencial o EWMA por sus siglas en Inglés (Exponentially Weighted Moving Average), fue la seleccionada para la medición del VaR y el CVaR, ya que asigna diferentes pesos a las observaciones, dependiendo de su antigüedad. Esta volatilidad es la utilizada para medir los dinamismos de los mercados.

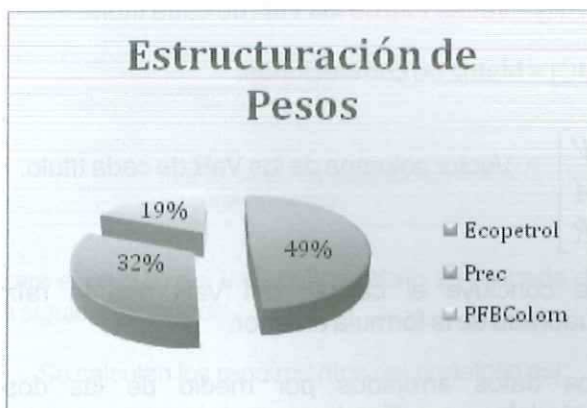
4.3 Volatilidad con Suavizamiento Exponencial: Se basa en el cálculo de un Lambda óptimo que minimice el error pronosticado de la varianza.

La siguiente tabla muestra en resumen, el cálculo de las volatilidades por los dos primeros métodos descritos anteriormente. Se puede observar con claridad que la volatilidad dinámica siempre es menor que la volatilidad histórica, y que la acción más volátil es Prec.

<u>Acción</u>	<u>Volatilidad Histórica</u>	<u>Volatilidad Dinámica</u>
Ecopetrol	1,42%	1,32%
Prec	2,31%	2,15%
PFBColom	1,47%	1,30%

Fuente: Elaboración propia.

Los pesos para cada una de las acciones del portafolio fueron escogidos de acuerdo con estudios técnicos, fundamentales, estadísticos y teniendo en cuenta el "efecto de la diversificación" para un perfil de riesgo conservador quedando así:

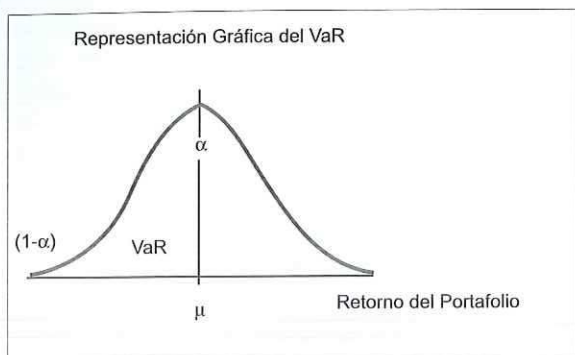


Fuente: Elaboración propia.

5. Valor en Riesgo – VaR

El Valor en Riesgo o VaR, es un método que permite medir la máxima pérdida esperada para un activo o portafolio de inversión, en un horizonte de tiempo, con cierto nivel de confianza y en condiciones normales de mercado. Es una de las metodologías más utilizadas en el mundo entero, ya que sus fáciles cálculos y procedimientos permiten llegar a conclusiones sencillas y tiene un aporte significativo para la administración de los riesgos.

La siguiente es la representación gráfica del VaR a través de la campana de Gauss, con una media y desviación estándar que muestra la pérdida esperada en las colas de sus distribuciones normales:



Fuente: Elaboración propia.

La selección del horizonte de tiempo y del nivel de confianza son los dos parámetros más importantes a la hora de calcular el VaR, ya que ambos tienen una relación directa con la pérdida esperada. El nivel de confianza sugerido para fines regulatorios es del 99%, aunque en el desarrollo del proyecto se utiliza el 95%, 98% y 99%. El horizonte de tiempo oscila entre 1 y 10 días, en este caso se utilizó para un día.

El VaR tiene grandes ventajas ya que se ha posicionado como una medida estándar en las finanzas mundiales. Se puede aplicar en las opciones financieras, es decir, en instrumentos financieros no lineales en donde las distribuciones no son normales o perfectamente simétricas. También se pueden comparar diferentes portafolios, ya sean de renta fija o variable, esto es, limitados por los métodos tradicionales que no permiten hacer estas operaciones conjuntas. El VaR permite adicionar diferentes factores de riesgo de opuestas posiciones por medio de sus correlaciones. Por otro lado el VaR es un sistema holístico o integral porque tiene en cuenta muchos factores de riesgo, es probabilístico y genera información apropiada y fácil de entender y es expresado en unidades de pérdida de dinero que tiene una sencilla interpretación¹¹.

5.1 Métodos para el cálculo del VaR

5.1.1 Métodos Paramétricos: Este es el método de más facilidad de cálculo porque parte del supuesto que todos los rendimientos de un activo o un portafolio siguen una distribución normal; como esto no se cumple en todos los casos los cálculos son aproximaciones. Las siguientes son las fórmulas para calcular el VaR de un activo y el VaR de un portafolio:

$$VaR\ Individual = F * S * \sigma * \sqrt{t}$$

Donde:

F = Factor dado por el nivel de confianza.

S = Monto total de la inversión o exposición total al riesgo a precios de mercado.

σ = Desviación estándar de los rendimientos del activo.

t = Horizonte de tiempo para el cálculo del VaR.

Para el caso del VaR del portafolio se puede proceder de dos formas. La primera, hallando la matriz de correlaciones con las rentabilidades diarias del período de tiempo, y las matrices de desviaciones y pesos, con el fin de calcular la matriz varianza – covarianza y de esta manera obtener el VaR.

$$VaR_p = VA * Z * \sigma_p * \sqrt{t}$$

La segunda, por medio del cálculo de los VaR individuales y la matriz de correlaciones de la siguiente manera:

$$(VaR\ del\ portafolio)^2 = [VAR^t].[MC]. \begin{bmatrix} V \\ A \\ R \end{bmatrix}$$

Donde:

[VAR] = Vector Fila de los VaR de cada título.

[MC] = Matriz de correlaciones.

$\begin{bmatrix} V \\ A \\ R \end{bmatrix}$ = Vector columna de los VaR de cada título.

Se concluye el cálculo del VaR con la raíz cuadrada de la fórmula anterior.

Los datos arrojados por medio de las dos metodologías utilizadas son los mismos y se pueden ver en la siguiente tabla:

¹¹ Adaptado de El Valor en riesgo condicional CVaR como medida coherente de riesgo. Luis Ceferino Franco Arbeláez. Luis Eduardo Franco Ceballos.

	<u>95%</u>	<u>98%</u>	<u>99%</u>
VaR Portafolio	(67,540,062.66)	(84,329,892.85)	(95,523,199.51)
<u>%</u>	-2,08	-2,59	-2,94

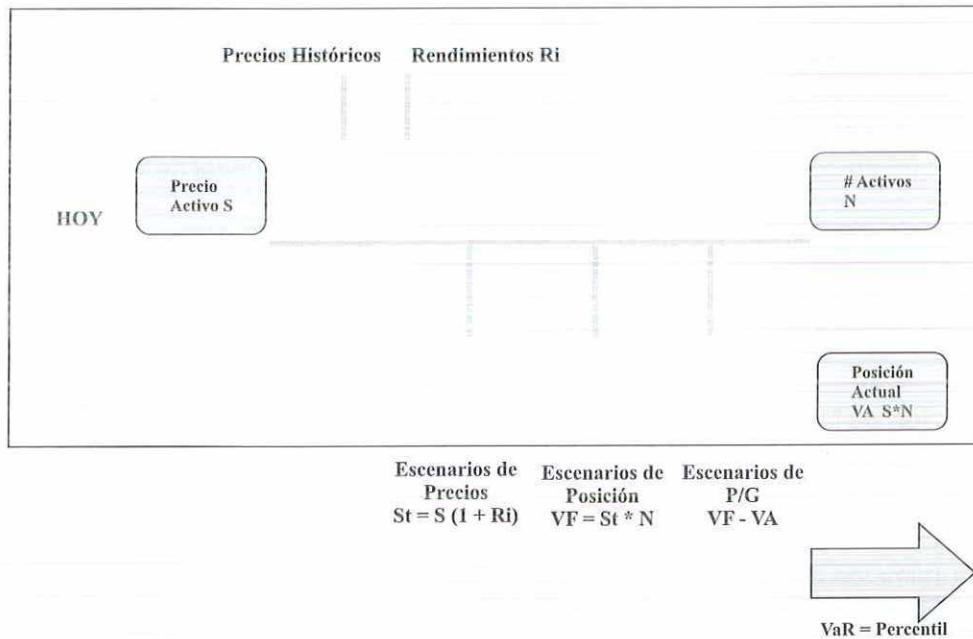
Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados anteriores pueden ser interpretados de la siguiente manera:

- Para un nivel de confianza del 95% la pérdida máxima que se puede registrar en un día es de \$ -67.540.062,66 en condiciones normales de mercado.
- Para un nivel de confianza del 98% la pérdida máxima que se puede registrar en un día es de \$ -84.329.892,85 en condiciones normales de mercado.
- Para un nivel de confianza del 99% la pérdida máxima que se puede registrar en un día es de \$ -95.523.199,51 en condiciones normales de mercado.

5.1.2 Métodos no Paramétricos: Son llamados también de Simulación Histórica, ya que de acuerdo a datos históricos realizan escenarios de distribución de rendimientos, en otras palabras el procedimiento de estos métodos se basa en realizar series históricas de precios para elaborar escenarios de tiempo simulados. Una característica muy importante de estos métodos es que no asumen ningún tipo de distribución, y pueden ser calculados a través de los crecimientos absolutos, relativos y logarítmicos.

El cálculo del VaR por medio de los métodos no paramétricos para un activo se realiza de la siguiente forma:



Fuente: Notas de clase de Administración del riesgo. Ingeniera Gloria Inés Macías Villalba. Elaboración propia.

Para el cálculo del VaR del portafolio se procede de la siguiente manera:

- Se calculan los rendimientos del portafolio así:

$$R_{pi} = \sum W_i * r_i$$

Donde:

w_i = Participación de cada activo

r_i = Rendimiento de cada título

- Se calculan los escenarios de VF así:

$$VF = VA * (1 + R_{po})$$

- Se calculan los escenarios de P/G así:

$$\frac{P}{G} = VF - VA$$

- Finalmente con los escenarios de P/G y el nivel de confianza determinado, por medio del cálculo del percentil se determina el VaR.

La siguiente tabla muestra los resultados de cálculo del VaR del portafolio por métodos no paramétricos y crecimientos logarítmicos:

	95%	98%	99%
VaR Portafolio	-78.841.452,98	-94.626.209,06	-118.336.682,13
%	-2,42	-2,91	-3,64

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados anteriores se pueden interpretar de la siguiente manera:

- Para un nivel de confianza del 95% la pérdida máxima que se puede registrar en un día es de \$ -78.841.452,98 en condiciones normales de mercado.
- Para un nivel de confianza del 98% la pérdida máxima que se puede registrar en un día es de \$ -94.626.209,06 en condiciones normales de mercado.
- Para un nivel de confianza del 99% la pérdida máxima que se puede registrar en un día es de \$ -118.336.682,13 en condiciones normales de mercado.

La siguiente ecuación representa el proceso estocástico del Modelo de Wiener para el cálculo del VaR:

$$\frac{ds}{s} = \mu dt + \sigma dz$$

Donde:

m = Media de los rendimientos

s = Desviación estándar de los rendimientos

$dz = \epsilon_t \sqrt{dt}$, es decir,

$$\frac{ds}{s} = \mu dt + \sigma \epsilon_t \sqrt{dt}$$

$\Delta S = \mu \Delta t + \sigma \epsilon_t \sqrt{\Delta t}$ Donde, $\Delta t = 1$ Entonces, $\Delta S = \mu + \sigma \epsilon_t$

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{S_{t+1} - S_t}{S_t}$$

Entonces,

$$S_{t+1} = S_t + S_t (\mu + \sigma \epsilon_t)$$

Donde:

μ = Media de los rendimientos.

σ = Desviación estándar de los rendimientos

ϵ_t = Número aleatorio

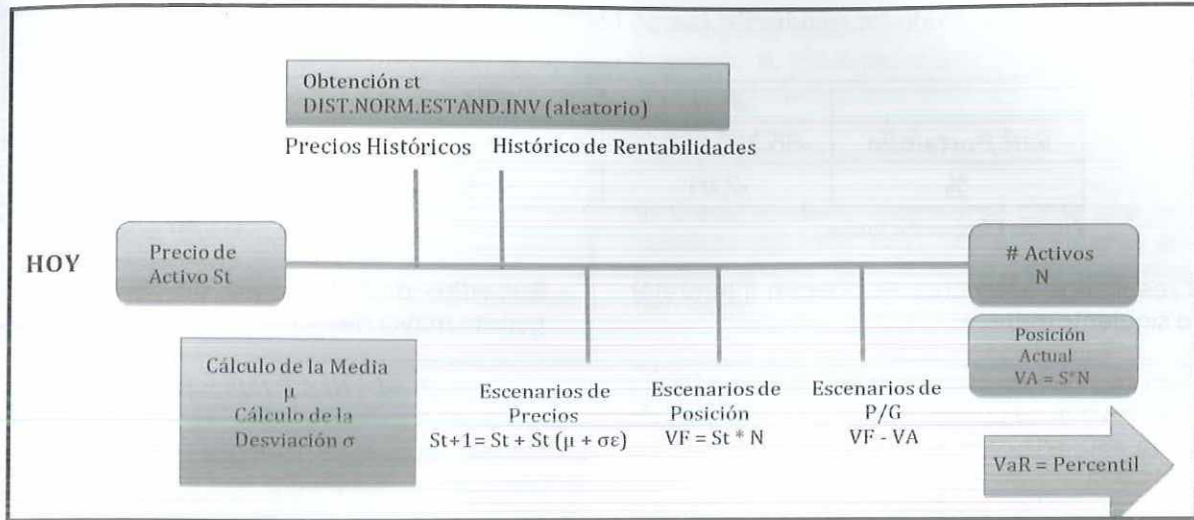
El siguiente cuadro muestra el proceso para el cálculo del VaR de un activo por medio de la simulación de Monte Carlo:

5.1.3. Simulación de Monte Carlo: consiste en generar números aleatorios para medir el valor máximo de la cartera utilizando escenarios de cambio. Es llamado método mixto ya que por un lado toma datos de una distribución normal y por el otro genera números aleatorios para calcular las pérdidas o ganancias y luego el VaR a través de un percentil.

Para la realización de los cálculos por este método es necesario definir cuál será el modelo estocástico con el que se trabajará; en este caso el apropiado es el movimiento geométrico Browniano¹² ya que en los mercados eficientes los precios de las acciones son ajustados a este por medio de la ecuación del Modelo de Wiener¹³.

¹² Proceso aleatorio que especifica el comportamiento de variables aleatorias con el paso del tiempo. Es utilizado en finanzas para describir la evolución de los precios en el tiempo.

¹³ Proceso estocástico de tiempo continuo.



Fuente: Notas de clase de Administración del riesgo. Ingeniera Gloria Inés Macías Villalba. Elaboración propia.

El cálculo del VaR del portafolio se puede desarrollar por medio de dos maneras. La primera consiste en usar la desviación y la media del portafolio, una cantidad de números aleatorios, escenarios de posiciones y finalmente escenarios de pérdidas y ganancias para proceder al cálculo por medio de un percentil así:

$$\mu_p = \sum w_i * R_i$$

$$\sigma_p = \sqrt{[w_{1i}][Var - Cov][w_{j1}]}$$

La representación de la ecuación del Modelo de Wiener es la siguiente:

$$S_{t+1} = S_t + S_t (\mu + \sigma \epsilon)$$

La siguiente tabla muestra los resultados del cálculo del VaR por medio del primer método de Simulación de Monte Carlo.

	95%	98%	99%
VaR Portafolio	-64.889.385,33	-83.112.563,40	-98.913.565,68
%	-1,99	-2,56	-3,04

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados anteriores se pueden interpretar de la siguiente manera:

- Para un nivel de confianza del 95% la pérdida máxima que se puede registrar en un día es de \$ -64.889.385,33 en condiciones normales de mercado.
- Para un nivel de confianza del 98% la pérdida máxima que se puede registrar en un día es de \$

-83.112.563,40 en condiciones normales de mercado.

- Para un nivel de confianza del 99% la pérdida máxima que se puede registrar en un día es de \$ -98.913.565,68 en condiciones normales de mercado.

La segunda forma es utilizando los VaR individuales y la matriz de correlaciones así:

$$VaR_{portafolio} = \sqrt{[VaR_1 \quad VaR_2 \dots \quad VaR_n]} \begin{bmatrix} \rho_{11} & \rho_{12} \dots & \rho_{1n} \\ \rho_{21} & \rho_{22} \dots & \rho_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \rho_{n1} & \rho_{n2} \dots & \rho_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} VaR_1 \\ VaR_2 \\ \vdots \\ VaR_n \end{bmatrix}$$

Por medio de este método los resultados fueron los siguientes:

	95%	98%	99%
VaR Portafolio	-65.390.320,23	-78.619.806,38	-86.456.225,38
%	-2,01	-2,42	-2,66

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados anteriores se pueden interpretar de la siguiente manera:

- Para un nivel de confianza del 95% la pérdida máxima que se puede registrar en un día es de \$ -65.390.320,23 en condiciones normales de mercado.
- Para un nivel de confianza del 98% la pérdida máxima que se puede registrar en un día es de \$ -78.619.806,38 en condiciones normales de mercado.
- Para un nivel de confianza del 99% la pérdida máxima que se puede registrar en un día es de \$ -86.456.225,38 en condiciones normales de mercado.

Es importante aclarar que los resultados obtenidos del VaR del portafolio por medio de las dos formas de la Simulación de Monte Carlo, son diferentes debido a la generación de números aleatorios y a su constante estado en movimiento.

6. Medida de Riesgo Coherente

Artzner, en 1999 estableció cuatro propiedades con las cuales definía si un método era o no una medida coherente de riesgo las cuales son:

- **Monotononicidad:** A mayor rentabilidad mayor riesgo

$$M \leq N \text{ es decir } P(M) \geq P(N)$$

- **Homogeneidad positiva:** Si el valor del portafolio aumenta en λ , el riesgo también debe aumentarse λ

$$P(\lambda M) = \lambda P(M)$$

- **Invarianza Transicional:** Si se invierte por un monto α el riesgo debe reducirse α

$$P(M + \alpha) = P(M) + \alpha$$

- **Subaditividad:** La unión de portafolios no genera mayor riesgo

$$P(M + N) \leq P(M) + P(N)$$

Establecía que si P cumplía con las cuatro propiedades al tiempo era una medida de riesgo coherente. Es aquí donde aparece uno de los problemas del VaR, ya que a este se le atribuyen problemas especialmente en la propiedad de Subaditividad (solo es Subaditiva en distribuciones elípticas como en la distribución normal y en la t student).

Algunos de los problemas que pueden llegar a presentarse en el cálculo del VaR son:

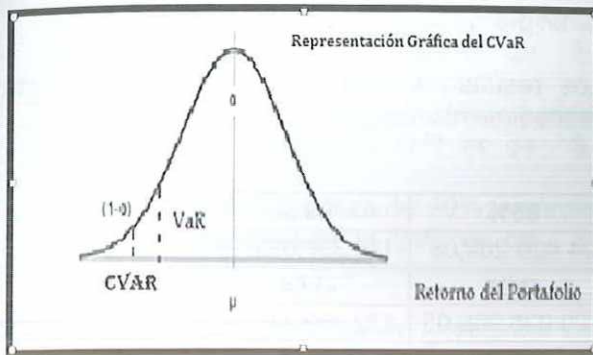
- Puede depender de gran manera de grandes supuestos, los más comunes son los comportamientos de las correlaciones y volatilidades.
- Se pueden presentar problemas a la hora de recolectar los datos.
- No decreta que hacer con el problema de alta curtosis.
- Las interpretaciones pueden darse de mala manera, interpretándose como el peor escenario y generando inseguridad¹⁴.

7. Valor en Riesgo Condicional – CVaR

El Valor en Riesgo condicional o CVaR, aparece para dar solución a los problemas descritos anteriormente del VaR. Es una medida mejorada del VaR que mide las pérdidas que se pueden encontrar en las colas de las distribuciones. En otras palabras podría definirse como la pérdida esperada en la que la pérdida de la cartera exceda el Valor del VaR.

La siguiente es la representación gráfica del CVaR:

¹⁴ Problemas del VaR. Adaptado del libro Medición y control de riesgos financieros. Alfonso de Lara Haro.



Fuente: Elaboración Propia.

El CVaR es de gran importancia ya que analiza las pérdidas esperadas inferiores al VaR, lo que quiere decir que existe una relación directa entre ambos, por ejemplo, suponiendo un portafolio con un VaR grande, tendrá un CVaR grande sin olvidar que el VaR nunca será mayor que el CVaR.

Rockafaller y Uryasev en el 2000 introdujeron el concepto del CVaR de acuerdo con una serie de estudios realizados en los que llegaron a la conclusión que esta medida de riesgo si era coherente de acuerdo con las propiedades descritas por Artzner en 1999.

Algunas de las ventajas que se pueden enunciar con respecto al CVaR es que para distribuciones no

normales su optimización es fácil, es continua con respecto al nivel de confianza, es una medida convexa lo que quiere decir que se pueden construir algoritmos para controlarlo y da la información necesaria de las pérdidas que exceden al VaR.

El CVaR no debe entenderse como una medida sustituta del VaR, sino, por el contrario, es una medida que lo complementa en la cuantificación del riesgo.

El cálculo del CVaR al igual que el VaR, se realiza a través de métodos paramétricos, métodos no paramétricos o de Simulación Histórica y la Simulación de Monte Carlo.

7.1 Métodos para el cálculo del CVaR

7.1.1 Métodos Paramétricos: El procedimiento para el cálculo del CVaR no es muy complejo en cualquier método que se escoja. En este caso, se genera una serie de escenarios, la cantidad de estos depende del nivel de confianza y luego se les calcula el VaR individual, para que finalmente por medio de un promedio sea hallado el CVaR.

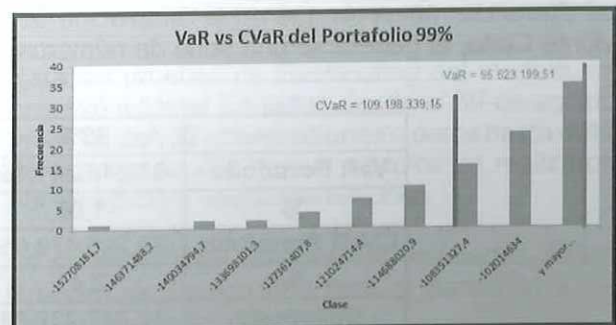
La siguiente tabla muestra los resultados del VaR del portafolio calculado anteriormente por métodos paramétricos, los del CVaR y la diferencia entre ambos.

	95%	98%	99%
VaR Portafolio	(67,540,062.66)	(84,329,892.85)	(95,523,199.51)
%	-2,08	-2,59	-2,94
CVaR Portafolio	-84.600.180,65	-98.886.785,57	-109.198.339,15
%	-2,6	-3,04	-3,36
Diferencia	-17.060.117,99	-14.556.892,72	-13.675.139,64

Fuente: Elaboración Propia.

- Para un nivel de confianza del 95% la pérdida esperada que excede al VaR es de \$ - 84.600.180,65.
- Para un nivel de confianza del 98% la pérdida esperada que excede al VaR es de \$ - 98.886.785,57.
- Para un nivel de confianza del 99% la pérdida esperada que excede al VaR es de \$ - 109.198.339,15.

La siguiente es la representación gráfica del VaR y el CVaR con un nivel de confianza del 99%.



Fuente: Elaboración Propia.

7.1.2 Métodos no Paramétricos o de Simulación Histórica: Por medio de las pérdidas y ganancias y el VaR obtenido anteriormente, se seleccionan aquellas que lo excedan y a través

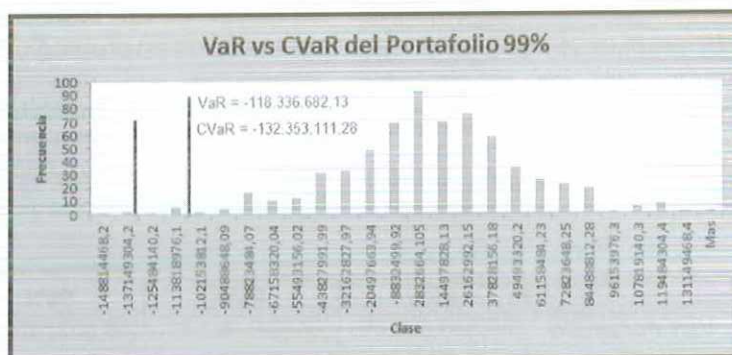
de un promedio se calcula el CVaR.

Los resultados obtenidos por medio de este procedimiento fueron:

	95%	98%	99%
VaR Portafolio	-78.841.452,98	-94.626.209,06	-118.336.682,13
%	-2,42	-2,91	-3,64
CVaR Portafolio	-99.656.348,81	-120.026.969,05	-132.353.111,28
%	-3,06	-3,69	-4,07
Diferencia	-20.814.895,83	-25.400.760,00	-53.511.658,30

Fuente: Elaboración Propia.

- Para un nivel de confianza del 95% la pérdida esperada que excede al VaR es de \$ - 99.656.348,81.
 - Para un nivel de confianza del 98% la pérdida esperada que excede al VaR es de \$ - 120.026.969,05.
 - Para un nivel de confianza del 99% la pérdida esperada que excede al VaR es de \$ - 132.353.111,28.
- La siguiente es la representación gráfica del VaR y el CVaR al 99% del nivel de confianza.



Fuente: Elaboración Propia.

7.1.3 Simulación de Monte Carlo:

La forma de calcular el CVaR por este método es muy parecida al método de Simulación Histórica. La diferencia radica en que en la Simulación de Monte Carlo, al generarse una serie de números

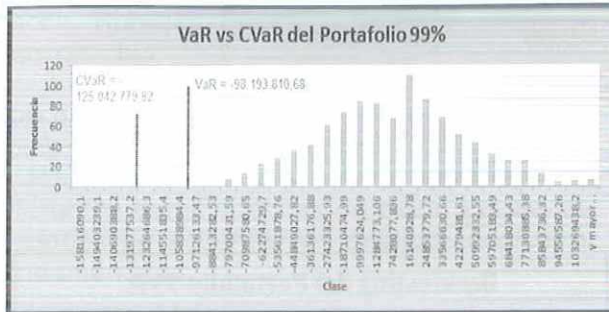
aleatorios está expuesta al resultado de diferentes escenarios. Es importante recordar que para facilitar los análisis del proyecto se tomó un solo escenario de los tantos posibles. Los resultados obtenidos por medio de la simulación fueron:

	95%	98%	99%
VaR Portafolio	-61.248.241,16	-86.674.255,71	-98.193.810,68
%	-1,88	-2,66	-3,02
CVaR Portafolio	-78.295.479,05	-115.406.208,23	-125.042.779,82
%	-2,41	-3,55	-3,84
Diferencia	-17.047.237,88	-28.731.952,52	-26.848.969,14

Fuente: Elaboración Propia.

- Para un nivel de confianza del 95% la pérdida esperada que excede al VaR es de \$ - 78.295.479,05.
- Para un nivel de confianza del 98% la pérdida esperada que excede al VaR es de \$ - 115.406.208,23.
- Para un nivel de confianza del 99% la pérdida esperada que excede al VaR es de \$ - 125.042.779,82.

La siguiente es la representación gráfica del VaR y el CVaR al 99% del nivel de confianza.



Fuente: Elaboración Propia.

8. Pruebas de *Backtesting*

Estas pruebas tienen como objetivo principal determinar la confiabilidad, precisión y consistencia de los modelos de medición del riesgo de mercado, también permiten determinar su calidad, robustez y bondad de ajuste.

Son pruebas elementales a la hora de calibrar los modelos y llevar el buen funcionamiento del SARM¹⁵, ya que se establece como regla por parte del Comité de Basilea la revisión periódica de estos.

Este procedimiento estadístico se caracteriza por ser a *posteriori*, donde los resultados obtenidos se comparan con las pérdidas y ganancias realmente adquiridas en un período de tiempo.

El nivel de confianza es un factor importante a la hora de desarrollar estas pruebas, ya que cuando este aumenta, la cantidad de excepciones se reduce.

Existen dos métodos para llevar a cabo estas pruebas los cuales son:

8.1: Pruebas Limpias: Son aquellas que comparan dos portafolios iguales en donde no se incluyen las operaciones realizadas en el transcurso del día.

8.2 Pruebas Sucias: Son aquellas que comparan portafolios diferentes y aquí sí se incluyen las operaciones realizadas en el transcurso del día. Estas pruebas son aplicadas de forma diaria en los mercados reales.

El análisis de la Pruebas de *Backtesting* se puede complementar a través de otras pruebas estadísticas que regalen un mejor panorama de la situación de las pérdidas y las ganancias, en este caso, La Prueba de Kupiec es una de las más utilizadas y consiste en contar el número de veces que las pérdidas y las ganancias excedan al VaR o al CVaR en un período de tiempo.

Esta prueba establece dos hipótesis, la nula y la alterna:

$$H_0: P = 1 - \alpha$$

$$H_1 : P > 1 - \alpha$$

La fórmula para calcular el estadístico de prueba es la siguiente:

$$L = -2 \ln ((1-p)^{T \cdot N} \cdot p^N) + 2 \ln ((1 - (N/T))^{T \cdot N} (N/T)^N)$$

Donde:

P = Probabilidad de error.

N = Número de veces que se excedió el límite del VaR o CVaR.

N/T = Frecuencia en que las pérdidas exceden al VaR o CVaR.

La forma de encontrar el valor crítico es por medio de la tabla de la distribución Chi – Cuadrado y con un grado de libertad. El resultado de esta prueba, es decir, el número de excepciones arrojadas indica el número de días en los cuales la pérdida real fue mayor a la pérdida estimada por el modelo.

Para las pruebas de *Backtesting* del modelo, se empezó a tomar los datos desde el 30 de agosto de 2012, con 32 observaciones o datos hasta el 12 de octubre de 2012 y sus cálculos se realizaron por medio de la volatilidad histórica.

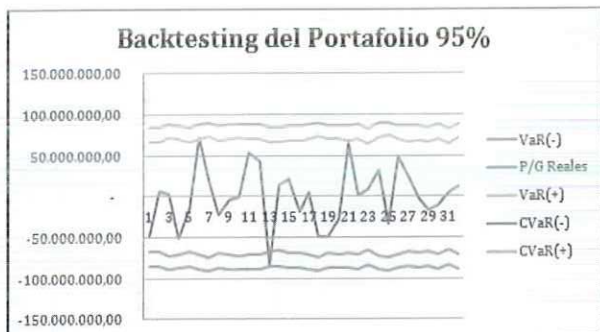
La siguiente tabla muestra los resultados de las Pruebas de *Backtesting* para el portafolio a los diferentes niveles de confianza:

15 Sistema de Administración de Riesgo de Mercado.

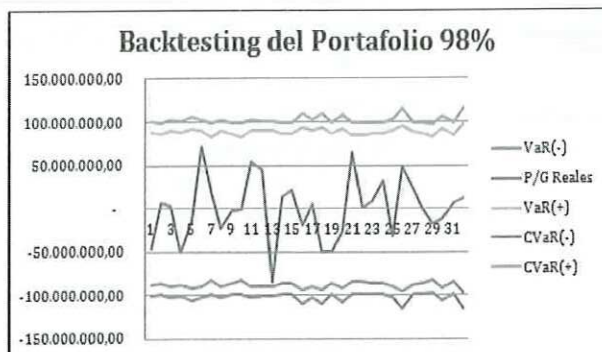
Portafolio	95%	98%	99%
Probabilidad de Error	5%	2%	1%
Número de Fallas VaR	2	0	0
Número de Fallas CVaR	1	0	0
Probabilidad	0,05%	51,34%	71,77%
Estadístico de Prueba	15,163113	-	-
Número de Excepciones	1,65	0,66	0,33
T – Crítico	3,84145	5,41189	6,63489
Nivel de Eficiencia	94%	100%	100%

Fuente: Elaboración Propia.

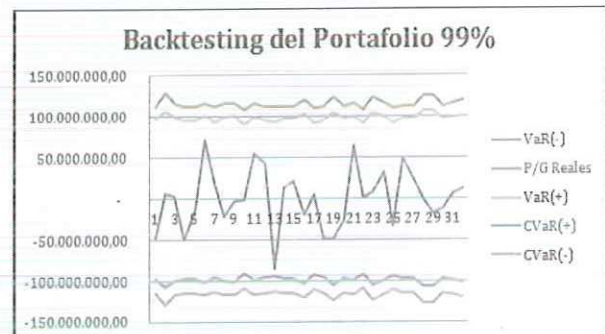
Los siguientes son los gráficos de las Pruebas de *Backtesting* para cada uno de los niveles de confianza:



Fuente: Elaboración Propia.



Fuente: Elaboración Propia.



Fuente: Elaboración Propia.

De la tabla y los gráficos anteriores se puede concluir que a mayor nivel de confianza:

- La probabilidad de error disminuye.
- El número de fallas disminuye.
- La probabilidad aumenta.
- El número de excepciones disminuye.
- El T Crítico aumenta.
- El nivel de eficiencia aumenta.

Lo anterior quiere decir que efectivamente el 99% es el nivel de confianza apropiado para la medición del riesgo de mercado y la aplicación de las pruebas de *Backtesting*.

CONCLUSIONES

Un buen sistema de administración de riesgos es parte fundamental en cualquier organización que

quiera desarrollar de manera óptima su objetivo y prevenir las diversas pérdidas que puedan afectar los factores que conllevan a estas a la quiebra. Es esencial desarrollar las etapas de identificación, medición, monitoreo y control propuestas por la Superintendencia Financiera de Colombia.

El índice escogido fue el COLCAP de acuerdo al gráfico de dominancia y teniendo en cuenta un perfil de riesgo moderado, del cual después de analizar sus canastas se escogió sus tres mejores acciones en cuanto a rentabilidad, Ecopetrol, Pacific Rubiales Energy y la Preferencial de Bancolombia.

Los diferentes análisis estadísticos pudieron comprobar que no se trabaja con series de datos normales, así como también las diferentes características de cada una de las acciones de acuerdo con análisis técnicos y fundamentales.

El mercado de renta Variable en Colombia está sujeto a movimientos constantes en los precios de sus activos, razón por la cual la Volatilidad es un factor fundamental al momento de la medición del riesgo de mercado. Luego de calcularla por medio de la volatilidad histórica y la volatilidad dinámica, se concluye que la segunda es la más

apropiada ya que no le asigna el mismo peso a todas las observaciones, si no le da el mayor a las más recientes.

El Valor en Riesgo o VaR, a pesar de ser una de las medidas más utilizadas en el mundo entero por su fácil manejo e interpretación, genera una serie de problemas que no la hacen una medida de riesgo coherente, especialmente por la propiedad de la Subaditividad. Entre otros se encuentran los problemas a la hora de recolectar datos, las altas curtosis y los grandes supuestos como los comportamientos de las correlaciones y las volatilidades.

El método sugerido para la solución a estos problemas es el Valor en Riesgo Condicional o CVaR, basando su importancia en el análisis de las pérdidas inferiores al VaR. Presenta algunas ventajas como la continuidad respecto al nivel de confianza y la facilidad para optimizar y controlar carteras que se encuentren en escenarios no normales.

Luego de calcular el VaR y el CVaR por los tres métodos descritos, se llega a la conclusión que la Simulación de Monte Carlo es el más apropiado, porque además de ser un método mixto, al generarse un sinnúmero de escenarios aleatoriamente permite tener una visión más amplia.

SIMULACIÓN DE MONTE CARLO	VAR 99%	CVAR 99%	Diferencia	Porcentaje
ECOPETROL	-50.045.945,04	-57.224.492,16	-7.178.547,12	14,34%
PREC	-46.856.123,43	-59.379.856,55	-12.523.733,12	26,73%
PFBCOLOM	-17.629.751,72	-21.067.549,58	-3.437.797,86	19,50%
PORTAFOLIO	-98.193.810,68	-125.042.779,82	-26.848.969,14	27,34%

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla anterior muestra los resultados de un posible escenario en el cálculo del VaR y del CVaR al 99% de confianza que es el nivel más apropiado para la medición del riesgo de mercado. Se puede observar que el CVaR siempre excede al VaR, y se estandariza una brecha de porcentajes para toma de decisiones rápidas.

Alguien que quiera invertir en un portafolio de renta variable, debe tener en cuenta los cambios generados por el CVaR en cuanto a sus estados

financieros, ya que en un estado de pérdidas y ganancias la utilidad neta disminuiría al igual que su indicador de solvencia y su patrimonio.

Las pruebas de *Backtesting* por sus cálculos y gráficos sirven para concluir que el mayor ajuste lo tiene el CVaR, aunque con un espacio límite para las pérdidas más amplio. Por medio del número de fallas se establece que el portafolio se encuentra en la zona verde, que según el comité de Basilea no es una zona de peligro.

Finalmente se puede concluir que el CVaR se ajusta más a la medición del riesgo de mercado de renta variable en Colombia, porque a pesar de ampliar las brechas de pérdidas y ganancias, es una medida coherente de riesgo que no depende de la normalidad de los datos para su trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

ANÁLISIS DE ESTIMADORES DE RIESGO VaR (Value at Risk) Y CVaR (Conditional Value at Risk) PARA RIESGO DE MERCADO EN COLOMBIA. Loren Julieth Villarreal Díaz. Trabajo de Grado de Ingeniería Financiera. Noviembre de 2012.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL RIESGO. Gloria Inés Macías Villalba. Apuntes de clase de Administración del Riesgo.

BRAVO MENDOZA, Oscar; SÁNCHEZ CELIS, Marleny. Gestión Integral de Riesgos Tomo 1. Tercera edición. Julio 2009.

EL CONDICIONAL VALUE AT RISK EN LA GESTIÓN DE CARTERAS LATINOAMERICANAS. Miguel Ángel Martín Mato.

EL VALOR EN RIESGO CONDICIONAL CVAR COMO MEDIA COHERENTE DE RIESGO. Luis

Ceferino Franco Arbeláez y Luis Eduardo Franco Ceballos. Investigación de la Universidad de Medellín.

LARA HARA, Alfonso. Medición y Control de Riesgos Financieros. Editorial Limusa. Tercera edición.

MEDICIÓN DEL RIESGO DE MERCADO. Gloria Inés Macías Villalba. Apuntes de clase de Administración del Riesgo.

MEDICIÓN DEL RIESGO DE MERCADO BAJO CONDICIONES PROPICIAS PARA LA DISTORSIÓN DE LOS PRECIOS. 20 de Febrero de 2009.

Bolsa de Valores de Colombia. Acerca de la BVC. Misión, Visión, Valores. <http://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/AcercaBVC/misionVisi onValores?action=dummy>

Casa de Bolsa, La comisionista del Grupo Aval. Renta Variable. http://www.casadebolsa.com.co/portal/page?_pageid=454,144289094&_dad=portal&_schema=PORTAL

Superintendencia Financiera de Colombia. Nuestra Superintendencia. Nuestra Entidad. <http://www.superfinanciera.gov.co/>

Pronósticos de precios de la energía eléctrica en Colombia mediante método econométrico de la familia arch-garch para la aplicación de una estrategia de cobertura o inversión usando risk simulator

Andrea Lucía Cotes Rueda-

Tomás Roberto Castañeda Moreno (Autores)

Gloria Inés Macías V. (Asesor)

INTRODUCCIÓN

RESUMEN

Dado los cambios estructurales que se presentaron en el sistema eléctrico colombiano y bajo las nuevas regulaciones que establecieron los preceptos que hoy definen los procesos de generación, transporte, distribución y comercialización de la energía eléctrica en el país, se han desarrollado múltiples proyectos que buscan describir y contextualizar estas nuevas condiciones para agentes y participantes del mercado.

Del mismo modo, debido a las características propias de la energía eléctrica, que imposibilitan que esta pueda ser almacenada, además, del



se ejecuta el planteamiento de una estrategia de inversión, sustentada en los pronósticos de precios, caminatas aleatorias y datos reales de mercado.

2. EXPERIMENTACIÓN

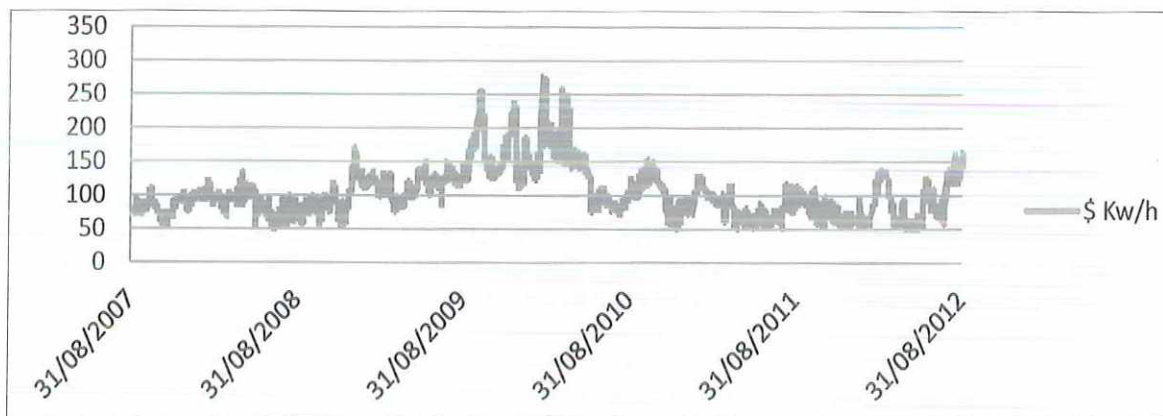
2.1 Análisis Estadístico de la Serie

El análisis estadístico del riesgo es una herramienta para la toma de decisiones, sobre un curso de acción, en donde se garantice el manejo del riesgo en forma objetiva, repetible y documentada. Este tipo de análisis nació de la necesidad de organizar e interpretar series de tiempo, las cuales "son una secuencia de observaciones, medidas en determinados momentos del tiempo, ordenadas cronológicamente y, espaciadas entre sí de manera uniforme, así los datos usualmente son dependientes entre sí" (Villavicencio, 2012); esto con el fin, de conocer un patrón de comportamiento, para poder prever su evolución en el futuro cercano, facilitando decisiones y acuerdos, con respecto al mismo; también se usa cuando se presenta incertidumbre en la toma de decisiones, debido a

que la información recolectada es limitada.

En primera instancia, se hizo un análisis estadístico de los precios de la Energía Eléctrica de Colombia para un periodo de 5 años (31 de Agosto de 2007 al 31 de Agosto de 2012), estos datos fueron obtenidos de la plataforma NEON, herramienta suministrada gratuitamente y para el público en general por la entidad XM, Expertos en Mercado. En total fueron 1828 datos, tomados diariamente debido a que estos presentan problema de estacionalidad, el cual está presente en el mercado.

A partir de la información anterior, primero se realizó un análisis del gráfico de los precios promedios diarios de la energía eléctrica en Colombia, seguidamente se examinaron los resultados de las medidas estadísticas descriptivas calculadas con los datos de la serie, lo cual ayudó a estudiar la evolución de la misma, para así poder extraer conclusiones, las cuales permitieron determinar elementos importantes en la serie analizada y además el comportamiento estadístico de la misma.



Fuente: Elaboración Propia

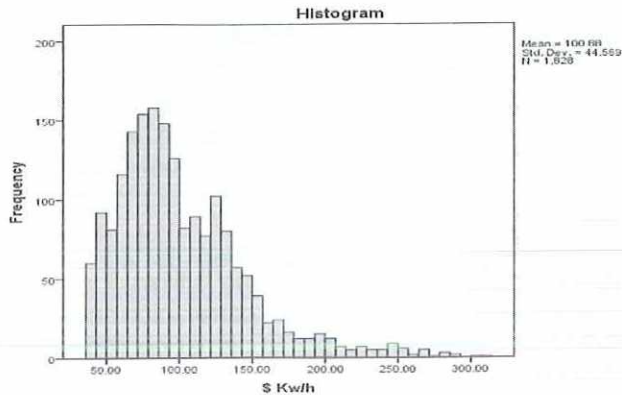
Gráfico .Comportamiento de la Serie de Precios promedio de la Energía Eléctrica en Colombia (2007-2012)

La anterior gráfica muestra el comportamiento de la serie de los precios promedios de la energía eléctrica en Colombia en un periodo de 5 años, a partir del 31 de Agosto de 2007 al 31 de Agosto de 2012, en esta se logró observar que a finales del año 2009 e inicios del año 2010 este mercado se vio afectado por cambios naturales a causa del

efecto de El Niño en Colombia, lo cual causó que los niveles de los embalses disminuyeran a niveles históricos, colocando en aprietos la capacidad termoeléctrica de reserva del país y suspendiendo temporalmente las exportaciones de electricidad a la región (Lenton, 2012); por lo cual la volatilidad aumenta significativamente en ese periodo, generando alzas en los precios del commodity.

Para la propuesta de investigación se utilizaron

Gráfico 2. Histograma de Precios de la Energía Eléctrica en Colombia (2007-2012)



Fuente: Programa Estadístico SPSS.

La distribución de la serie presenta una alta curtosis y una asimetría con un sesgo hacia la derecha ya que los datos están concentrados al lado izquierdo.

Teniendo en cuenta el objetivo final de la realización de los pronósticos de precios de la energía eléctrica en Colombia, que corresponde al planteamiento de una estrategia de inversión, se determinó el análisis de la tendencia histórica de la serie de precios del año en curso que corresponde del 1 de Enero de 2012 al 31 de Agosto de 2012. Además, esta decisión se vio influenciada debido a que los modelos que se implementarán para el cálculo de la volatilidad no recogen variables externas como el nivel de precipitaciones, factores climáticos, niveles de embalses y cambios estructurales, como los presentados en el periodo comprendido entre 2009 y 2010, lo que podría generar ruido en el modelo, afectando la eficacia y eficiencia de los pronósticos de precios obtenidos.

De esta manera, en adelante la serie a trabajar estadísticamente corresponde a la mencionada en el párrafo anterior. En total se trabajaron 244 datos con estructura, es decir que, todos los días este commodity tuvo precio de promedio diario.

Cálculo de volatilidades:

Se determinó estudiar la serie de datos por medio de las variaciones de los precios de la energía eléctrica, que en este caso, fueron variaciones logarítmicas; con el fin de modelar y valorar los datos analizados.

Con el cálculo de las variaciones, se continuó con el análisis estadístico, el cual brinda un resumen de la información recogida en la distribución de frecuencias, en función de la periodicidad en la que fueron captados los datos.

El análisis de la serie permite obtener la rentabilidad y volatilidad de las observaciones, en función de la periodicidad (Enero 1 de 2012 hasta Agosto 31 de 2012) en la que fueron captados los datos, mediante la media y la desviación estándar, que para este caso arrojaron como resultado 0,58% y 14,53%, respectivamente.

La volatilidad es uno de los factores más relevantes en el análisis y desempeño de los mercados financieros, siendo un elemento fundamental para el análisis de rentabilidad y pronóstico de precios de los diferentes activos, en diferentes horizontes de tiempo.

Además, esta es de gran utilidad en mercados de derivados, ya que, es determinante para estimar los factores de riesgo, puntualmente en la valoración de opciones. Del mismo modo, la volatilidad puede desagregarse en dos ramos:

- **Volatilidad Determinística:** Es aquella que permanece constante en el tiempo, en caso tal de presentar una tendencia, esta es fácilmente identificable (Novoa, 2008).
- **Volatilidad Estocástica:** No es constante en el tiempo y su comportamiento es totalmente aleatorio, además de que la tendencia no es fácilmente identificable. Para este tipo de volatilidad se sugiere utilizar modelos heterocedástico o con volatilidad condicional autorregresiva (ARCH). Este tipo de modelo facilita el pronóstico y estimación del comportamiento de estas series (Novoa, 2008).

Se trabajaron 3 métodos iniciales para determinar la volatilidad los cuales fueron: Volatilidad Histórica, Volatilidad con supuesto de media cero y Volatilidad Dinámica.

Estos tres cálculos se analizaron con los obtenidos por medio de métodos más robustos que se analizaron más adelante. Como se puede observar en la tabla 1, la volatilidad con suavizamiento presenta un menor valor, lo que sugiere que los cambios en el último tramo de la serie presentan menos movimiento.

Tabla 1. Volatilidad por Métodos Tradicionales

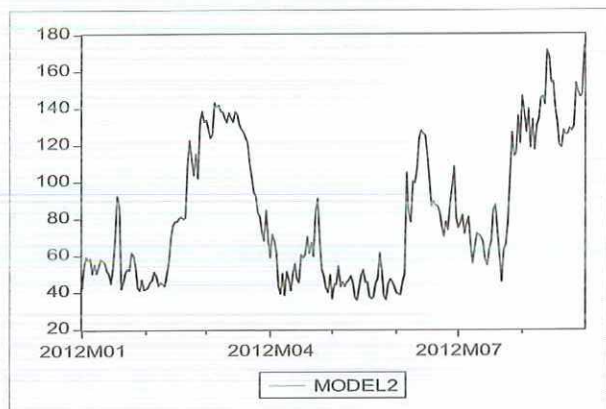
MÉTODO	VOLATILIDAD DIARIA
Clásica	14,53%
Supuesto de Media Cero	14,51%
Suavizamiento Exponencial (EWMA)	13,23%

Fuente: Elaboración Propia

2.2 Análisis Econométrico de los Datos

El análisis gráfico de la evolución diaria del precio promedio de la energía en el horizonte de tiempo mencionado anteriormente, evidencia que la serie no presenta un comportamiento estacionario, ya que, en diferentes momentos del tiempo se observan comportamientos atípicos.

Gráfico 3. Evolución en el tiempo serie de energía



Fuente: E-Views.

Sin embargo, se evidencia la existencia de autocorrelación entre las observaciones de la serie, en diferentes momentos del tiempo estudiado, de tal manera que se puede establecer algún tipo de relación lineal entre e_t y e_{t-1} .

Lo anterior implica una fuerte dependencia de la varianza.

Basados en lo anterior, para poder iniciar el análisis de volatilidad, se debe diferenciar el logaritmo de la serie. Por otra parte, para determinar el mejor modelo ARIMA, el cual es un modelo Autorregresivo Integrado de Medias Móviles o ARIMA (p,d,q), es decir, este es la

extensión del modelo AR que utiliza los tres componentes para modelar la correlación serial en datos de series de tiempo. El primer componente es el término autorregresivo (AR). El modelo AR (p) utiliza un número p de rezagos de la serie. Un modelo AR (p) tiene la forma: $y(t)=a(1)*y(t-1)+...+a(p)*y(t-p)+e(t)$. El segundo componente es el término del orden de integración (d) de la serie. Cada orden de integración corresponde al número de veces que la serie de tiempo debe ser diferenciada para hacerse estacionaria. I (1) significa diferenciar los datos una vez. I (d) significa diferencia los datos d veces.

El tercer componente es el término (MA) media móvil. El modelo MA (q) utiliza q rezagos de los errores del pronóstico para mejorar este proceso. Un modelo MA (q) tiene la forma: $y(t)=e(t)+b(1)*e(t-1)+...+b(q)*e(t-q)$. Finalmente, un modelo ARMA (p,q) tiene la forma combinada: $y(t)=a(1)*y(t-1)+...+a(p)*y(t-p)+e(t)+b(1)*e(t-1)+...+b(q)*e(t-q)$. se debe seguir una serie de pasos, iniciando con la realización del correlograma de la serie. Por medio de este modelo, se modela la media del mismo y la metodología para determinarla es: se toman los datos que están rezagados en el gráfico del correlograma, es decir, las barras que se salen de los límites y estos serán los componentes para poder determinar el modelo final.

Las mejores combinaciones iniciales para determinar el mejor modelo fue:

$$d(\text{Prec_ener})= C \text{ AR}(7) \text{ MA}(7) \text{ AR}(31) \text{ MA}(31) \text{ MA}(21) \text{ AR}(11) \text{ AR}(3) \text{ MA}(3),$$

Donde:

$d(\text{Prec_ener})$, es la serie de datos diferenciada (en términos logarítmicos) de los precios de la energía eléctrica colombiana en el periodo analizado.

Luego de realizar un estudio previo de los modelos econométricos de la familia Arch- Garch, además de partir del modelo inicial obtenido por el comportamiento de las funciones de autocorrelación simple y parcial de la serie del precio de la energía eléctrica y probando por medio del método prueba y error, se propuso utilizar los modelos econométricos GARCH (1,1) y EGARCH (1,1), con el fin de determinar el más eficiente para la modelación de la varianza, buscando el que más minimiza el indicador Jarque-Bera, el cual mide la normalidad de la serie.

El modelo final para modelar la varianza por medio del método econométrico GARCH (1,1) es:

$$d(\text{Prec_ener}) = C \text{ AR}(7) \text{ MA}(7) \text{ AR}(31) \text{ MA}(31) \text{ MA}(21)$$

Dado que la mayoría de los coeficientes son significativos, ahora se puede calcular la volatilidad para hallar los límites de cada una de las predicciones. La fórmula para hallar la volatilidad es la que se presenta a continuación, sacando la raíz cuadrada a su resultado:

$$\sigma^2 = \frac{c}{1 - \text{resid}(-1)^2 - \alpha^2}$$

$$\sigma^2 = \frac{0.010068}{1 - 0.050744 - 0.132484^2} = 0.01042$$

$$\text{Volatilidad} (\sqrt{\sigma^2}) = \sqrt{0.01042} = 10210\%$$

También se utilizaron otros métodos autorregresivos para el cálculo de la volatilidad como el E-Garch. El modelo econométrico E-Garch es un modelo Arch para procesos no normales (funciones de densidad exponenciales). Una de sus

características es que presenta un carácter asimétrico de la respuesta a *shocks* positivos o negativos. (Rafael de arce- introducción a los modelos autorregresivos con heterocedasticidad condicional – diciembre 1998- instituto Ir Klein).

Una de las variantes de este modelo de heterocedasticidad condicional de mayor utilización en el sector financiero y mercados de capitales, es garantizar que la volatilidad sea estrictamente positiva (no es necesario colocar restricciones sobre los parámetros). Este modelo se expresa en forma logarítmica y la varianza condicional es una función asimétrica de las perturbaciones aleatorias rezagadas con el fin de modelar el efecto sobre la volatilidad de los efectos leverage observados en la muestra.

En la estimación del modelo E-GARCH (1,1) se observa que las variables son estadísticamente significativas, por lo que se puede decir que la variación del logaritmo de los precios de la energía se encuentra fuertemente influenciada por el comportamiento de la volatilidad del periodo anterior.

Otro aspecto relevante es que los residuos siguen una distribución normal por lo que el modelo inicialmente planteado es el modelo final para modelar la varianza y de esta manera determinar la volatilidad de la serie estudiada en esta investigación.

El modelo final para modelar la varianza por medio del método econométrico E-GARCH (1,1) es:

$$d(\text{Prec_ener}) = C \text{ AR}(7) \text{ MA}(7) \text{ AR}(31) \text{ MA}(31) \text{ MA}(21)$$

Los resultados de volatilidad por los diferentes métodos tradicionales y heterocedásticos se muestran en la tabla 2, observando un menor valor con el modelo Garch(1,1).

Tabla 2. Cálculos de la Volatilidad por Diferentes Métodos

MÉTODO	VOLATILIDAD DIARIA
Histórica Clásica	14,53%
Histórica con el supuesto de media=0	14,51%
EWMA	13,22%
E - GARCH	11,14%
GARCH (1,1)	10,21%

Fuente: Elaboración Propia

2.3 Medición del Riesgo - Valor en Riesgo (Var)

Debido a la alta volatilidad que presenta el mercado *spot* de la energía eléctrica en Colombia, existen distintos métodos para la medición del riesgo de mercado, en la cual se determina la pérdida máxima en la que puede incurrir un agente del mercado que quiera invertir o este dentro de este mercado. Uno de los métodos para pronosticar la máxima pérdida generada por el comportamiento del mercado y que se basó en principios estadísticos es el Valor en Riesgo (VAR), el cual hace referencia a la máxima pérdida en condiciones normales de mercado que puede presentarse en un portafolio a causa de movimientos naturales de variables macro-económicas o volatilidad, teniendo en cuenta, dos parámetros principales; un intervalo de confianza, que representa una medida del grado de incertidumbre de la estimación del VAR, y un horizonte temporal, que corresponde al periodo de tiempo en el que se considerará la pérdida máxima.

El valor en riesgo se obtiene mediante tres métodos: a.) Paramétrico, en donde se asume una distribución normal de los datos; b.) No Paramétrico, donde no asume normalidad, volatilidad, medias ni correlaciones, ya que, todo está implícito en las medidas de la serie; y c.) Métodos Mixtos, en los que se destaca la simulación de Montecarlo, que consiste en crear escenarios de rendimiento o precios de un activo, mediante la generación de números aleatorios, para luego observar el comportamiento del activo simulado (Haro, 2004). En esta investigación, la simulación se trabajó con la media y volatilidad del modelo, con el fin de generar precios basados en muestreos aleatorios.

En esta investigación se calculó el VaR por medio del método mixto, es decir, por simulación de Montecarlo, bajo un supuesto de una compra de energía de 360.000 Kw/h a precio del 31 de Agosto de 2012 (Último dato de la serie), el cual es de \$173,68 Kw/h, lo que indica, una transacción de \$62'524.800, con un nivel de confianza del 95%, para un horizonte de tiempo de un día. Finalmente, se emplearon datos esenciales como la volatilidad obtenida por el método GARCH (1,1), la media de

las variaciones logarítmicas de los datos analizados y el cálculo de 2000 escenarios de precios, mediante el método estocástico de Wiener; para así poder calcular la pérdida estimada del modelo en el software Microsoft Excel.

Tabla 3. Cálculo del VaR por medio de la metodología de Simulación de Montecarlo

Calculo del VAR por Montecarlo	
Activo	Energía Eléctrica
Cantidad	360.000,00
Ult. Precio (31/08/2012)	173,68
VA	62.524.800,00
Nivel de Confianza	95%
Horizonte	1
Media	0,5773%
Volatilidad	10,2097%
VAR (\$)	\$ (9.974.308,38)
Var (%)	-15,95%

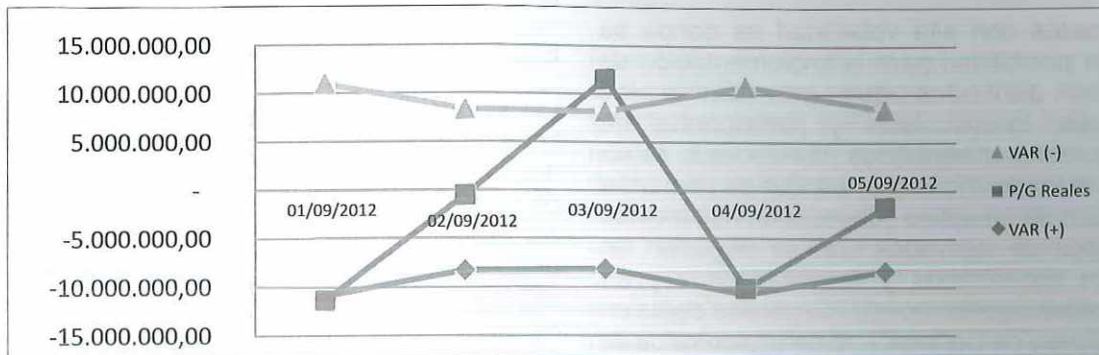
Fuente: Elaboración Propia
Prueba de desempeño: *Backtesting*

Con el fin de darle validez al Valor en Riesgo calculado, se realizó una medida de desempeño denominada *Backtesting* de 2 maneras, una con los precios pronosticados y la otra con los precios reales, esto para verificar qué tan cercanos están estos dos tipos de precios de la energía eléctrica en Colombia y a su vez para observar el comportamiento de las pérdidas estimadas contra las pérdidas reales del modelo de valor en riesgo (VaR). Este test se realizó con datos de 5 días posteriores a la base de datos analizada en esta investigación, es decir, del 1 al 5 de Septiembre de 2012. Estos fueron los resultados:

Gráfico 3. Prueba de *Backtesting* sobre Precios Pronosticados

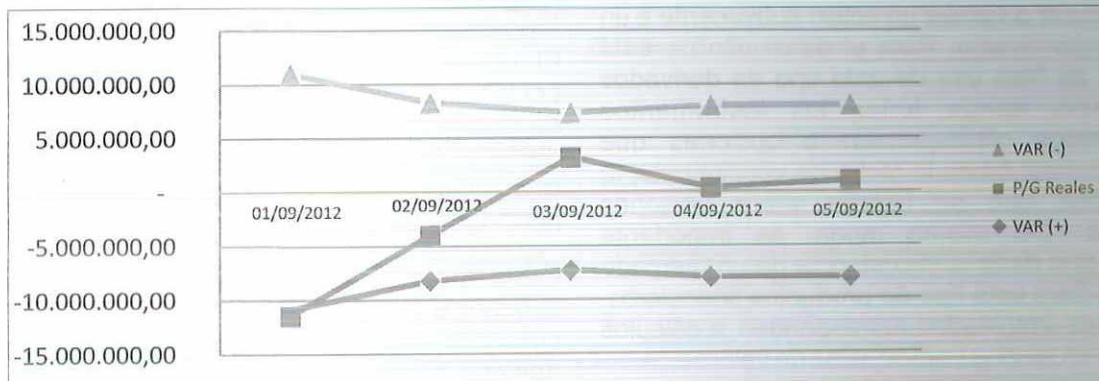
2 Generalmente, la medida más utilizada es del 99%, debido a que la Superintendencia Financiera de Colombia lo exige como requerimiento en la medición de ese valor para las empresas que vigila, pero este puede variar, según sea el proceso en el que se utilice. (Superintendencia Financiera de Colombia, 2007)

Gráfico 3. Prueba de *Backtesting* sobre Precios Pronosticados



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 4. Prueba de *Backtesting* sobre Precios Reales



Fuente: Elaboración Propia

Al comparar los dos resultados se puede observar que los precios pronosticados no presentan gran diferencia respecto de los precios reales, a excepción del tercer día cuando las pérdidas y las ganancias reales se salen de la banda del VaR calculado por los precios pronosticados. Pero al corroborar esto estadísticamente, por medio de la prueba de Kupiec⁴, se pudo concluir que los resultados obtenidos por los dos métodos están

ajustados, debido a que la hipótesis nula no se rechazó, ya que el estadístico de prueba de los dos modelos fue menor al valor crítico (3.8414) del mismo, es decir, que Θ es estadísticamente igual a la probabilidad utilizada para el cálculo del VaR, la cual fue del 5%.

Tabla 4. Prueba de Kupiec

Prueba de Kupiec	Estadístico de Prueba (LR)
Con precios pronosticados	1.7307
Con precios Reales	0.1202

Fuente: Elaboración Propia

4 Prueba de hipótesis, en la cual la hipótesis nula es que Θ es estadísticamente igual a la probabilidad utilizada por el VaR, mientras que la hipótesis alternativa es que Θ es diferente a dicha probabilidad. Por lo tanto, el resultado que se desea es no rechazar la hipótesis nula. La fórmula para esta prueba es: $L(\theta) = -2 \cdot \ln\{(1 - \theta)^{N-x} \cdot \theta^x\} + 2 \cdot \ln\{(1 - x/N)^{N-x} \cdot (x/N)^x\}$

2.4 Diseño de la Estrategia de Inversión

En mercados con alta volatilidad es donde se genera la posibilidad para la implementación de productos derivados que permitan a los operadores, inversionistas y participantes de mercado, obtener beneficios. Un derivado es un contrato entre dos o más partes, que se deriva del valor futuro de un activo subyacente. Así, existen varios tipos de derivados que se negocian en mercados organizados y estandarizados y en mercados no organizados (OTC, por sus siglas en inglés, "Over The Counter"). Existen contratos de futuro, forwards, opciones, swaps, warrants, entre otros exóticos.

Las opciones son contratos en los que un comprador tiene el derecho, más no la obligación, para comprar o vender un activo subyacente a un precio determinado. Para el desarrollo de esta sección, se hizo uso de este tipo de derivados financieros, donde todos los instrumentos considerados corresponden a opciones que deben llevarse hasta la fecha de vencimiento, lo que indica que se trabaja sobre opciones europeas. Del mismo modo, es importante señalar, que dada la inexistencia de un mercado nacional para este tipo de productos financieros, los valores empleados corresponden a cálculos basados en teorías tradicionales de valoración.

El Método Binomial es un modelo discreto de valoración que permite observar el comportamiento del precio del activo subyacente a través del tiempo, lo que permite valorar la opción. La segunda metodología de valoración de opciones empleada en este proyecto, es el modelo desarrollado por Black y Scholes en 1997, para calcular el valor de una opción de compra europea que no paga dividendos; las variables de este modelo son precio al contado, precio de ejercicio,

tiempo al vencimiento, la varianza del precio y la tasa libre de riesgo.

Estimación de Precios de Ejercicio.

Las estrategias de inversión inician tomando como la fecha de valoración el 31 de Agosto de 2012⁵, donde el precio es de 173.68 Kw/h, y como fecha de vencimiento el 5 de Septiembre de 2012, que corresponde al día que han sido pronosticados los precios para la energía eléctrica en Colombia utilizando el modelo econométrico anteriormente descrito. Del mismo modo, es necesario establecer los precios de ejercicio sobre los cuales se tomará posición, lo que permitirá realizar la valoración por el Modelo Binomial y Black & Scholes, para obtener las primas que deberán ser pagadas o recibidas de acuerdo con la posición tomada sobre las opciones.

El movimiento de los precios viene representado por la Volatilidad, dato que ya ha sido estimado en secciones anteriores, por lo cual se tomó el valor diario de la misma y se halló su equivalencia a cinco días, que corresponde al periodo de permanencia de la inversión.

Posterior a esto, se calcularon los precios medios, superior e inferior del precio Spot⁶, teniendo en cuenta la volatilidad a 5 días calculada. De igual manera, y teniendo en cuenta que las estrategias desarrolladas tienen diferencias entre los precios de ejercicio empleados, sobre los valores medios se realizó el mismo cálculo, pero usando la volatilidad diaria nuevamente, es decir, se obtuvo el crecimiento superior e inferior sobre los valores medios. Finalmente, se calculó el promedio de estos últimos valores, como insumo de precios adicionales para el desarrollo de las estrategias de inversión sobre un monto de 360.000 Kw/h⁷.

Tabla 5. Estimación de los Precios de Ejercicio.

		Volatilidad Díaria	Volatilidad 5 días	Medio Superior	Medio Inferior
S	173,68	10,21%	22,83%	213,33	134,03
			Inferior	191,55	120,35
			Superior	235,11	147,71
			Promedio	213,33	134,03

Fuente: Elaboración Propia

⁵ Corresponde al último precio para la energía eléctrica obtenido de la plataforma Neón de XM, expertos en mercado. Esta será la misma fecha de valoración para todas las estrategias desarrolladas en adelante.

⁶ Precio de la energía eléctrica al contado, que para el caso corresponde a 173.68Kw/h de la fecha de valoración.

⁷ Las estrategias se realizaron sobre el mismo monto de negociación del contrato de Futuro sobre precios de la energía eléctrica en Colombia, presentado por DERIVEX.

Con el fin de mostrar diferentes escenarios para comparar los resultados de las estrategias obtenidas, se realizó un pronóstico de precios de la energía eléctrica para 5 días usando el software Risk Simulator por medio de la opción Pronósticos.

Tabla 6. Pronósticos Realizados con el Software Risk Simulator

Fechas	Precio	Precio Real	Error
01/09/2012	141,67	171,42	-29,75
02/09/2012	130,39	169,22	-38,83
03/09/2012	139,21	167,10	-27,89
04/09/2012	140,07	165,03	-24,96
05/09/2012	142,80	163,03	-20,23
ERROR CUADRATICO MEDIO			-28,3322

Fuente: Elaboración Propia

Con estos pronósticos se logra observar que la tendencia de precios varía, ya que en los que se calcularon anteriormente, la tendencia era lateral y en estos es baja, esto podría generar una distorsión en el resultado de las estrategias, ya que la diferencia entre los datos calculados y los datos reales tiene un error cuadrático medio de 28,3322, es decir, los datos pronosticados están alejados de los datos reales por el valor ya mencionado.

Como diseño de estrategias se plantearon tres propuestas: Cono comprado, cuna comprada, mariposa vendida, murciélago (Bat) comprado.

Cono Comprado

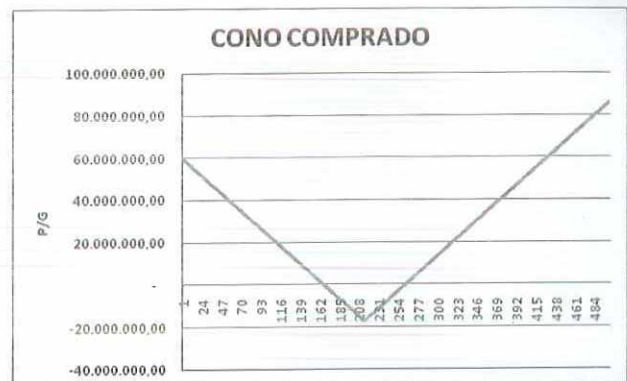
El Cono Comprado o *Long Straddle* es una estrategia que se realiza ante expectativas de alta volatilidad en el futuro y de cambios bruscos en el precio, sin importar la dirección que pueda tomar el mismo.

Esta estrategia se crea comprando una Call y una Put con el mismo precio de ejercicio y vencimiento. Por tanto, al realizarse el cono, se debe hacer el pago de unas primas, dando lugar a que el éxito de la estrategia se centre en que el precio tenga la suficiente oscilación y distancia-

miento como para compensar las primas pagadas al inicio.

Para esta estrategia de inversión fue tomado como precios de ejercicio, 213.33 Kw/h para ambas opciones, sobre el que se hallaron las primas que deberán ser pagadas por la compra de la Call y de la Put, utilizando la volatilidad anual calculada por el modelo econométrico GARCH, una tasa libre de riesgo de 6.42%cc que corresponde al TES 2024, además de, un plazo de 5 días⁸. Para este caso, el importe de primas netas corresponde a 17 millones, aproximadamente, sobre 360.000Kw/h, teniendo en cuenta los dos métodos de valoración empleados. Lo anterior, sugiere que para tomar posición sobre el cono comprado debe realizarse el pago de dicho monto de primas.

Gráfico 5. Cono Comprado



Fuente: Elaboración Propia

Cuna Comprada

La Cuna Comprada o Long Strangle, es una estrategia muy semejante al cono comprado. La única diferencia es que el precio de ejercicio no es el mismo para la Put y la Call compradas.

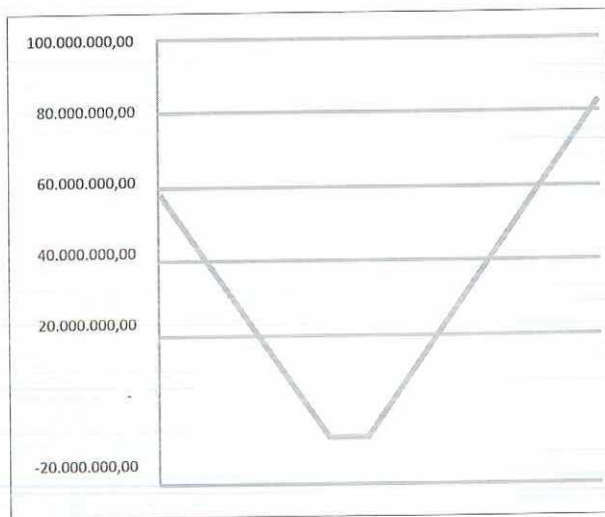
La posición inicial de la estrategia, sugiere el pago de 10 millones por motivo de la compra de las opciones, donde la prima por el derecho de compra de 360.000Kw/h es de \$2 por Kw/h, y por el derecho de venta del mismo monto de \$27 por Kw/h.

⁸ Esta información es la misma para la estimación de todas las primas de las estrategias de inversión en adelante, donde solo varía el precio de ejercicio.

La construcción se realiza comprando una Call y una Put de mismo vencimiento, de forma que el precio de ejercicio de la Put sea el menor de los dos, razón por la cual fueron escogidos como precios de ejercicio de \$191.55 y \$235.11 Kw/h, respectivamente.

Con ello el riesgo de pérdidas es inferior al del cono pero el intervalo de precios da lugar a que las pérdidas se extiendan.

Gráfico 6. Cuna Comprada



Fuente: Elaboración Propia

Mariposa Vendida

La Mariposa Vendida (*Short Butterfly*) es una estrategia que se utiliza en mercados con mucha incertidumbre y volatilidad. Se construye vendiendo una Call al precio de ejercicio inferior, comprando dos Calls a un precio de ejercicio intermedio o en una situación central y vendiendo otra Call a precio de ejercicio superior. Todas las opciones Call referidas al mismo vencimiento.

El beneficio de esta estrategia está limitado y se obtiene cuando el precio del subyacente se sitúa al vencimiento fuera del intervalo central, es decir que sea: a.) inferior al menor de los precios de ejercicio de las opciones vendidas más la prima neta recibida; b.) superior al mayor de los precios de ejercicio de las opciones vendidas menos la prima neta recibida.

Gráfico 7. Mariposa Vendida



Fuente: Elaboración Propia

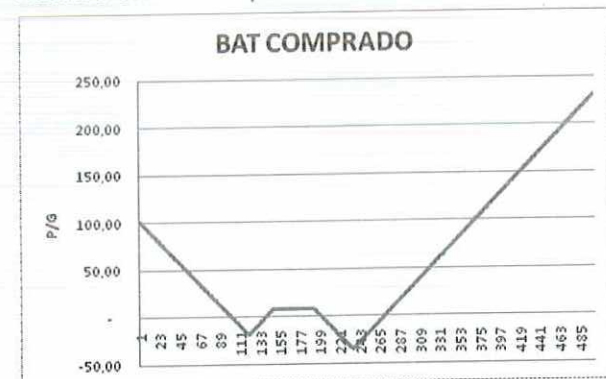
Murciélago Comprado

El Murciélago Comprado o Bat, es la estrategia planteada por los autores, para su construcción se involucra un Ratio Call Back Spread y un Ratio Put Back Spread.

Ratio Call Back Spread: se construye realizando la venta de una Call de precio de ejercicio A y comprar dos Call de precio de ejercicio B, siendo $A < B$.

Ratio Put Back Spread: La construcción de la estrategia consiste en comprar dos opciones Put de precio de ejercicio A, y la venta de una opción Put de precio de ejercicio B, siendo $A < B$.

Gráfico 8. Bat Comprado



Fuente: Elaboración Propia

Resultado de las Estrategias Planteadas

Debido a que se consideraron opciones hasta el vencimiento, el resultado de las estrategias está evaluado al finalizar el periodo de análisis. Como se puede observar en la siguiente tabla, para una inversión sobre 360.000 Kw/h, las perspectivas de inversión pueden variar de acuerdo al posible perfil de riesgo del tomador.

Tabla 6. Resultados Consolidados con el Modelo Binomial

MODELO BINOMIAL					
Monto Kw/h	360.000,00	Inversión Inicial	P/G Pronostico	P/G Risk Simulator	P/G Real
Cono Comprado		- 17.170.781,53	9.364.164	936.375	8.220.149
Cuna Comprada		- 10.688.612,44	8.005.404	422.385	6.861.389
Mariposa Vendida		2.833.946,24	1.243.029	1.243.029	1.351.868
BaT		3.636.336,77	723.411	3.636.337	1.867.426

Fuente: Elaboración Propia

La tabla anterior muestra los resultados obtenidos usando como método de valoración de opciones el Modelo Binomial. A continuación, se muestran

los mismos rubros expresados bajo los resultados obtenidos por la valoración hecha por medio de Black & Scholes.

Tabla 7. Resultados Consolidados con Black & Scholes

MODELO B&S					
Monto Kw/h	360.000,00	Inversión Inicial	P/G Pronostico	P/G Risk Simulator	P/G Real
Cono Comprado		- 17.388.459,62	9.146.486	718.697	8.002.471
Cuna Comprada		- 10.403.727,28	8.290.289	137.500	7.146.274
Mariposa Vendida		2.440.222,04	849.305	849.305	849.305
BaT		3.176.651,59	263.726	3.176.652	1.407.741

Fuente: Elaboración Propia

En primera instancia existe una clasificación inicial entre aquellas inversiones que no suponen un pago por tomar la posición en la estrategia, como sucede con la Mariposa Vendida y el BaT Comprado, donde la primera sugiere una entrada de capital dadas las compensaciones de primas netas. Del mismo modo, puede realizarse un análisis de acuerdo a las ganancias finales obtenidas por la posición tomada en las diversas estrategias, en donde, el cono comprado es la estrategia que arroja las mayores ganancias para el inversionista, aunque esta misma sugiere para la toma de posiciones un pago de 17 millones.

Además, son claras las diferencias existentes respecto a los precios RS, por lo que este método pierde validez como factor determinante para la toma de decisiones de inversión. Este fenómeno se debe en parte, a la falta de robustez del mismo. Sin embargo, resultó interesante corroborar el poder de predictibilidad del mismo.

La posición que será tomada finalmente dependerá del perfil de riesgo del participante del mercado. Es por esto, que fueron desarrolladas diferentes estrategias, que permitirán un tener un rango y unos criterios de selección de acuerdo con las preferencias. Como condición final, cabe resaltar

la variedad de posiciones que pueden tenerse cuando existe un conocimiento adecuado del mercado, junto con el desarrollo sobre productos derivados, lo que supone mayores posibilidades respecto a las limitaciones de la inversión al contado.

2.5 Var por Montecarlo a 5 días mediante Risk Simulator

Con el fin de darle más veracidad a los resultados de estas investigaciones, se calculó el VaR para un agente, por medio de la simulación de Montecarlo, bajo un supuesto de una compra de energía de 360.000 Kw/h a precio del 31 de Agosto de 2012 (Último dato de la serie), el cual es de \$173,68 Kw/h, lo que indica, una transacción de \$62'524.800, lo que representaría una posición en el mercado Spot por medio de la compra de dicho contrato, con el fin de venderlo en 5 días, con un nivel de confianza del 95%; lo anterior, con el fin de confrontar junto a los resultados arrojados en las estrategias trabajadas, además de comparar los riesgos de pérdidas de un agente que desee invertir entre el mercado spot y el mercado de derivados.

Finalmente, fue empleada la media del las variaciones logarítmicas de los datos trabajados y

la volatilidad calculada por el método GARCH (1,1); teniendo como resultado del VaR, realizado por medio del software Risk Simulator basados en el método de Wiener para 2.000 escenarios lo siguiente:

Tabla 8. Cálculo del VaR por medio de la metodología de Simulación de Montecarlo a 5 días

Calculo del VAR por Montecarlo a 5 Días	
Activo	Energía Eléctrica
Cantidad	360.000,00
Ult. Precio (31/08/2012)	173,68
VA	62.524.800,00
Nivel de Confianza	95%
Horizonte	5
Media	2,920%
Volatilidad	22,830%
VAR (\$)	\$ (26.070.556,61)
Var (%)	-41,70%

Fuente: Elaboración Propia

Según el método de Montecarlo para el cálculo del VaR, basados en unos escenarios de precios pronósticos realizados por el software Risk Simulator y teniendo en cuenta la media y la volatilidad de la serie analizada a 5 días, se espera que un agente comprando el 31 de Agosto de 2012 en el mercado spot y vendiendo el 5 de septiembre de 2012, pueda perder como máximo \$26'070.556,61, con un nivel de confianza del 95%, lo cual corresponde a un 41.70% del valor total comprado en energía eléctrica, cuando no hay un supuesto de normalidad.

Inversión en el Spot Vs Mercado de Derivados

Luego de conocer cuál podría ser la pérdida máxima a 5 días, si se toma una posición en el mercado Spot de energía eléctrica en Colombia, es importante realizar una comparación con el mercado de derivados, que permita ver las ventajas de invertir en un mercado u otro.

Tabla 9. Pérdida Máxima (Spot vs Derivados)

Monto Kw/h	BINOMIAL/B&S		Pérdida Max Spot
	360.000,00	Mdo Derivados Máx Pérdida Posible	
Cono Comprado	-	17.388.459	- 26.070.556,61
Cuna Comprada	-	10.688.612	
Mariposa Vendida	-	6.991.615	
BaT	-	12.505.204	

Fuente: Elaboración Propia

La tabla anterior muestra las pérdidas máximas posibles para cada una de las estrategias con derivados, tomando aquel monto superior negativo entre los dos modelos de valoración de opciones. Como se observa, la máxima pérdida que se presenta es la del cono comprado, con 17.4 millones, cifra que es inferior a la pérdida máxima si se toma una posición dentro del mercado Spot. Estos resultados, nos llevan a evaluar las mejores posibilidades que ofrecen los derivados, al disminuir la pérdida máxima en que puede incurrir un inversionista. Del mismo modo, implícitamente se señala la importancia de

conocer y desarrollar los mercados nacionales para aprovechar al máximo los beneficios que puede llegar a obtener un participante de sectores con altos niveles de volatilidad, como es el caso de la energía eléctrica.

3. CONCLUSIONES

En el mercado eléctrico colombiano se han presentado importantes avances regulatorios, de planeación y administración del sistema, con el fin de garantizar un suministro de energía a largo plazo, involucrando las contingencias necesarias

para responder ante un desabastecimiento de recursos hídricos que, como se señaló en el proyecto, es la mayor fuente de generación de energía eléctrica en Colombia.

El análisis de la serie de precios de la energía eléctrica en Colombia permitió corroborar la no existencia de normalidad en los datos del mercado eléctrico colombiano, lo cual conllevó a examinar distintos modelos econométricos de la familia ARCH-GARCH, donde la técnica GARCH fue la más apropiada para realizar el cálculo de la volatilidad para la serie trabajada, básicamente porque esta metodología arrojó el menor valor del estadístico Jarque Bera en comparación con el de los otros modelos analizados; además este método permite acopiar el dinamismo del mercado, con respecto a las fluctuaciones en las cotizaciones diarias del precio de este *commodity*.

La medición del riesgo mediante la técnica de Valor en Riesgo, permitió observar la pérdida máxima que un inversionista puede tener comprando la energía eléctrica en el mercado *spot*, donde se presenta una alta volatilidad y vendiéndola al otro día; por lo que es conveniente entrar en este mercado pero con precios de mercado asegurados, con el fin de minimizar el riesgo.

Al comparar los datos pronosticados calculados mediante el modelo ARIMA con los datos reales del mercado se logró observar que estos presentaron la misma tendencia en su comportamiento y no estuvieron alejados entre sí, lo cual da a entender que el modelo obtenido tuvo robustez generando eficacia y eficiencia en los pronósticos hallados.

Por otra parte, las estrategias de inversión planteadas sobre los pronósticos de precios obtenidos por medio del modelo ARIMA y a través de la herramienta *Risk Simulator*, permitieron obtener resultados favorables al mostrar comportamientos positivos sobre los precios reales de mercado de la energía eléctrica en Colombia. Lo que a su vez permitió realizar una comparación de la pérdida máxima potencial que puede presentarse en cualquiera de las estrategias, respecto a la toma de una posición en el mercado *Spot* por la compra de un contrato por el mismo monto de Kw/h, concluyendo que la elaboración e implementación de estrategias de inversión con

opciones, permiten percibir ganancias y mitigan el monto de pérdida. Lo anterior, corresponde a un aporte para reconocer la importancia del desarrollo de investigaciones e impulso del conocimiento del mercado, así como de diferentes alternativas que permitan obtener mejores beneficios para los agentes y para los usuarios.

Del mismo modo, en pleno conocimiento de lo anterior, los autores de este proyecto en uso de los conocimientos adquiridos y corroborando el papel como ingenieros financieros, tuvieron el interés de proponer una nueva estrategia de inversión ajustada a las condiciones necesarias y presentes en el mercado. La estrategia Murciélago Comprado, es el valor agregado, que sugirió excelentes resultados al posicionarse como una de las mejores estrategias de inversión, lo que permite ir un paso más adelante, proponiendo y gestando nuevas posibilidades de inversión, que no solo pueden aplicarse en el mercado eléctrico colombiano sino además sobre cualquier otro tipo de subyacente.

BIBLIOGRAFÍA

- Análisis y Cuantificación. 2012. Análisis de Riesgos. [Online] 2012 йил 12-Agosto. http://www.madrid.org/cs/StaticFiles/Emprendedores/Analisis_Riesgos/pages/caso_es/caso09.htm.
- Asociación Colombiana de Generación de Energía Eléctrica. [En línea] www.acolgen.org.co.
- Cier, Comisión de Integración Energética Regional. 2010. SEÑALES REGULATORIAS PARA LA RENTABILIDAD. [En línea] Septiembre de 2010. http://www.bracier.org.br/projetos/CIER08/senales_regulatorias_set_2010.pdf.
- Comisión de Regulación de Energía y Gas. [En línea] www.creg.gov.co.
- Compañía Expertos en Mercados. [En línea] www.xm.com.co.
- Empresa de Energía de Bogotá. [En línea] <http://www.eeb.com.co/>.
- Energía, Ministerio de Minas y. 2011. Audiencia Pública de rendición de Cuentas -

Sector Mineroenergético. Informe de Gestión. [En línea] 2011. <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Grupo%20de%20Participacion%20Ciudadana/InformeDeGestion-1.pdf>.

Haro, Alfonso de Lara. 2004. Medición y Control de Riesgos Financieros. s.l.: Limusa, Noriega Editores, 2004.

Interconexión Eléctrica S.A. [En línea] www.isa.com.co.

Lenton, Chris. 2012. Business News Americas. [Online] 2012 йил. [Cited: 2012 йил 15-Septiembre.] http://www.bnamericas.com/web/YearinReview/2010/YIR2010_10_E.pdf%202010

Luna, Edgar. 2011. Apuntes clase Derivados Financieros. Bucaramanga: Programa de Ingeniería Financiera Universidad autónoma de Bucaramanga, 2011.

Macías Villalba, Gloria. 2012. Apuntes clase Diseño de Productos Financieros. Bucaramanga: Programa Ingeniería Financiera Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2012

Macías Villalba, Gloria. 2012. Apuntes de clase Administración del Riesgo. Bucaramanga: Programa de Ingeniería Financiera Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2012.

Novoa, Jose Antonio Carrasco. 2008. Smile de volatilidad como criterio predictor de futuros movimientos del subyacente en opciones de moneda: Revisión del caso chileno y japonés. Santiago de Chile: Tesis de Grado Magister en Economía, 2008 йил.

Prosper, Lamothe. 2003. Universidad Autónoma de Madrid. [Online] 2003 йил. [Cited: 2012 йил 9-15.] <http://www.invertired.com/opciones.pdf>.

Saavedra, María Luisa. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. [Online] [Cited: 2012 йил 10-10.] <http://www.ejournal.unam.mx/rca/217/RCA21704.pdf>.

Superintendencia Financiera de Colombia. 2007. Capítulo XXI Reglas Relativas al Sistema de Administración de Riesgo de Mercado. [Online] 2007 йил. [Cited: 2012 йил 07-08.] <http://www.superfinanciera.gov.co/>.

Unidad de Planeación Mineroenergética. [En línea] www.upme.gov.co.

UPME. 2004. Una Visión del Mercado Eléctrico Colombiano. Bogotá: Unidad de Planeación Minero Energética, 2004.

València, Universitat de. [Online] <http://www.uv.es/olmos/black-scholes.pdf>.

Victoriano, Begoña. Universidad Complutense de Madrid. MODELOS Y MÉTODOS DE SIMULACIÓN ESTOCÁSTICA. APLICACIÓN EN LA VALORACIÓN DE OPCIONES FINANCIERAS. [En línea]

Villavicencio, John. 2012. Introducción a Series de Tiempo. [Online] 2012 йил. [Cited: 2012 йил 1-Abril.] http://www.estadisticas.gobierno.pr/iepr/LinkClick.aspx?fileticket=4_BxecUaZmg%3D&tabid=100.

Aplicación de la teoría Markowitz en la estructuración de portafolios de inversión para el mercado accionario colombiano

Gloria Inés Macías V. (Autor)

Al incursionar en el campo de las finanzas, la inversión se convierte en un desafío para quien está dispuesto a aprovechar las grandes oportunidades y alternativas que ofrece el mercado.

La decisión de invertir en un mercado como el nuestro está sujeta a incertidumbre y esto conlleva tener en cuenta variables importantes provenientes del ambiente económico, político y social que afectan los flujos esperados y que cambian el rumbo de los resultados, lo que define la presencia del riesgo en las inversiones.

El presente documento pretende en primera instancia realizar una exploración teórica del modelo propuesto por Harry Markowitz (1952), con el análisis de los supuestos, su aplicación teórica y práctica, así como la aplicación al mercado colombiano en la estructuración de portafolios de inversión con acciones del índice COLCAP. Inicia con una introducción sobre las inversiones y los perfiles de riesgo, los fundamentos teóricos de la teoría



de Markowitz como la distribución de rendimientos, el riesgo asociado, la selección racional del inversionista y las curvas de indiferencia, la frontera eficiente, y uno de los aportes más destacados en la selección de activos para el portafolio como es la diversificación. Finalmente, se realiza la aplicación de la teoría al mercado colombiano para obtener los portafolios de la línea de frontera eficiente.

Dentro de este contexto, es necesario iniciar con los dos elementos que son objeto de análisis del inversionista, la rentabilidad y el riesgo de las alternativas de inversión. El riesgo está muy relacionado con la rentabilidad esperada; a mayor rentabilidad el riesgo se incrementa. La capacidad para tolerar el riesgo se basa en aspectos como los recursos financieros disponibles y la habilidad emocional para enfrentar la volatilidad del valor de las inversiones. Por esto, antes de tomar cualquier decisión de invertir es importante determinar el perfil de riesgo, es decir, identificarse como un inversionista conservador, moderado o amante del riesgo.

Si al inversionista por su perfil participa en el mercado en el accionario, necesita establecer unos parámetros que le permitan tomar decisiones acertadas en la estructuración de su portafolio, especialmente porque las acciones pertenecen al grupo de inversiones riesgosas, donde se puede llegar a perder todo en el peor de los casos, debido al movimiento que pueda tener el precio de las acciones y por ende su rentabilidad. Estos riesgos están asociados a la alta o baja volatilidad de la acción durante su negociación en la bolsa.

Existen diferentes estrategias y teorías para analizar el mercado accionario, algunas más cuantitativas que otras, pero en la práctica todas se pueden complementar. Es responsabilidad del analista conocerlas y determinar con criterio las ventajas y desventajas de cada una para sacar provecho al mercado accionario obteniendo rentabilidades satisfactorias.

Para Gitman & Joehnk (2009), antes de invertir se deben establecer los objetivos del portafolio de inversión, lo que implica pensar en definir la relación entre riesgo y rendimiento, entre la posibles apreciaciones y los ingresos corrientes a

percibir, y entre los diferentes niveles de riesgo que tiene el portafolio. Además, hay otros elementos que influyen en el establecimiento de los objetivos de inversión, como los impuestos, las necesidades de los ingresos y la capacidad que tiene el inversionista para soportar el riesgo. Significa entonces que el inversionista se enfrenta a la tarea de lograr encontrar las mejores alternativas de inversión para obtener las combinaciones apropiadas entre riesgo y rendimiento que se adapten a sus necesidades.

Debido a que el inversionista siempre estará interesado en seleccionar las alternativas de inversión con mejor comportamiento entre riesgo y rentabilidad, ¿cuál sería el razonamiento si le presentan cuatro posibilidades de inversión como se muestra en el Gráfico 1?, se podría pensar que a primera vista las alternativas B y C son las mejores porque tienen una buena combinación entre rentabilidad y riesgo. La alternativa C presenta una mayor rentabilidad que A y el riesgo es similar, lo mismo ocurre con la alternativa C que tiene mejor rentabilidad que D para niveles de riesgo igual. Sin embargo, la selección entre B y C, se da al comparar que ambas presentan la misma rentabilidad a niveles de riesgo diferentes, para concluir que la mejor alternativa entre las cuatro es la B.

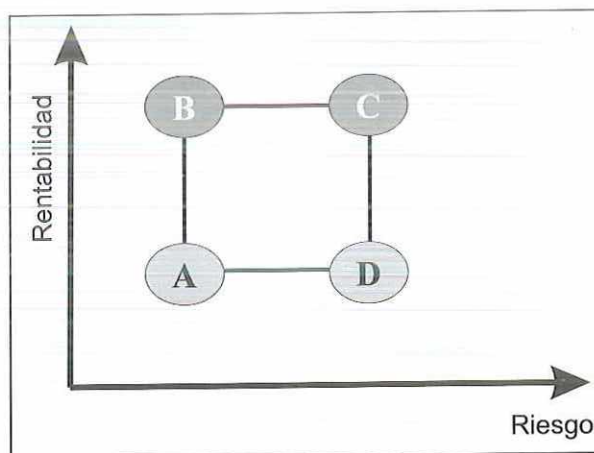


Figura 1. Alternativas de inversión selección por Riesgo y rentabilidad.

Lo anterior se da por la aversión al riesgo del inversionista cuando prefiere la alternativa que le proporcione menor riesgo. Sin embargo, si al inversionista le presentan la alternativa E, con mayor riesgo que B pero mayor rentabilidad, la

selección la realiza teniendo en cuenta su perfil de riesgo. Esto es porque cada individuo tiene una actitud diferente frente al riesgo, y de ello depende la decisión de invertir, entonces, el grado de aversión al riesgo determina el perfil del inversionista que puede ser conservador, moderado o arriesgado.

Conociendo los objetivos de inversión y el perfil de riesgo, el inversionista se enfrenta al desafío de seleccionar los activos que conformen su portafolio. Si la decisión está en el mercado de acciones el problema es cuáles acciones escoger. En el campo de la teoría de la formación de portafolios de inversión, Harry Markowitz (1952) ocupa uno de los lugares más destacados, su documento se considera como el origen de la teoría moderna de carteras. Aporta su modelo para la obtención de unas carteras eficientes, teniendo en cuenta la conducta racional del inversor que es maximizar la rentabilidad y minimizar el riesgo. La aversión al riesgo es uno de los factores normales en el inversor por lo que exige por ello una compensación en rentabilidad.

Harry Markowitz (1952) afirma que en el proceso de selección del portafolio de inversión se desarrollan dos etapas, la primera, que se inicia con la observación y la experiencia para establecer expectativas sobre el desempeño futuro de los títulos, y la segunda etapa comienza con las creencias de los resultados futuros y termina con la elección de la cartera. Es decir, que primero analiza la información del mercado sobre lo que ocurre con los activos para hacerse una idea de lo que puede pasar en el futuro; luego, una vez se conozcan los posibles resultados que pueda presentar cada activo, se establece cuáles podrían conformar el portafolio. En la propuesta de Markowitz se desarrolla la segunda etapa donde de acuerdo a un análisis histórico se determina la rentabilidad y riesgo esperado de los títulos, y luego se realizan las diferentes combinaciones posibles para terminar seleccionando una cartera.

La teoría de portafolio propuesta por Markowitz se basa en el análisis histórico de los precios de las acciones para obtener resultados estadísticos que permitan establecer el comportamiento futuro de dichas acciones; por tanto, es necesario identificar bajo qué parámetros se desarrolla la teoría.

Para aplicar la teoría de Markowitz se deben tener en cuenta los siguientes supuestos:

- La rentabilidad de los títulos es una variable aleatoria cuya distribución de probabilidad es normal en el periodo de referencia, y la media es el valor esperado de la inversión.
- La medida de riesgo es la dispersión y se mide con la varianza o desviación estándar de los rendimientos del activo.
- El inversionista busca los portafolios con mayor rentabilidad para un riesgo dado, o un menor riesgo para un rendimiento conocido. Esto es lo que se conoce como la conducta racional del inversionista.
- Los inversionistas seleccionan carteras eficientes, no hay otra cartera con mejor rendimiento y menor o igual riesgo
- La existencia en el mercado de suficientes activos para formar los portafolios
- Los activos se encuentran en el mercado pueden fraccionar, es decir,
 - son perfectamente divisibles.
 - No existen costos de transacción.

Al utilizar la media y la desviación como unos de los factores fundamentales en la combinación de acciones que pueden conformar el portafolio, asume que la distribución probabilidad de los rendimientos es paramétrica, como la normal. Un primer problema, debido a que no todas las series cumplen este requisito, es posible que algunas se acerquen más a la normal que otras, pero por lo general las series de rentabilidades presentan kurtosis alta, es decir, datos atípicos que aumentan la densidad de las colas de la distribución. Además, basado en un estudio histórico de rentabilidades se establecen expectativas de rentabilidad y riesgos esperados en el futuro, se asume que el comportamiento que ha tenido en el pasado sucederá en el futuro, y esto sería como si el mercado fuera estático.

Otro de los supuestos que es base teórica importante para el desarrollo de la teoría de carteras de Harry Markowitz es la conducta racional del inversionista. Para López (1999), esta conducta racional que propone Markowitz es comparable con la elección racional del consumidor propia del enfoque microeconómico neoclásico, porque en la elección racional del inversionista están los supuestos de preferencia

como la función de utilidad, la dotación de riqueza y el plan de consumo; entonces la situación está en pensar que para el inversionista, al tener que elegir entre diferentes posibilidades, la decisión racional se da porque prefiere aquella que le maximice su función de utilidad, con restricciones de recursos disponibles y el plan de consumo en el futuro. Sin embargo, en este enfoque neoclásico no se hace referencia al tema del riesgo que es un factor importante, por tanto se diría que el inversionista deja de consumir hoy porque espera maximizar su riqueza en el futuro, pero para que el portafolio sea el eficiente, según Markowitz debe tener en cuenta el riesgo asociado; y el inversionista racional entre diferentes portafolios con rentabilidades iguales escoge aquel que tenga un nivel de riesgo menor.

Mendizabal, Miera & Zubia (2002), refieren que el modelo de carteras propuesto por Markowitz ha tenido gran éxito a nivel teórico, tanto, que ha permitido desarrollar investigaciones derivadas de la teoría, incluso ha sido la base teórica para proponer modelos de equilibrio de los mercados. Por ejemplo, James Tobin (1958) incluye un activo libre de riesgo para determinar la cartera óptima de la línea de frontera eficiente de Markowitz. Por su parte William Sharpe (1964), a partir de la teoría de Markowitz desarrolla el modelo CAPM, Modelo de fijación de Precios de activos de capital, una teoría del equilibrio del mercado en condiciones de riesgo. Sin embargo, la aplicación del modelo de Markowitz en el mercado real por los analistas de inversiones, estructuradores y administradores de portafolios ha sido muy baja; esta contradicción se da por una parte debido a la complejidad matemática del método, por la cantidad de activos necesarios para desarrollar el modelo; y por los supuestos que realmente no se cumplen en los mercados como lo relacionado con los costos de transacción, la divisibilidad de los activos y la disponibilidad de los mismos.

Otra crítica a la teoría de Markowitz realizada por Michaud (1989), sostiene que al utilizar series históricas de los rendimientos producen sesgos en la selección de los títulos, debido a que se basa en la estimación de los parámetros de rendimiento esperado y riesgo. La objeción al

modelo se da porque al tener en cuenta estos parámetros, los portafolios eficientes estarían sesgados a los de alta rentabilidad, reducida varianza y correlación baja; por tanto, los portafolios podrían estar concentrados en solo unos títulos lo que no permitiría una diversificación adecuada. Para evitar esta situación se propone establecer restricciones en los montos de inversión para cada título.

A pesar del no cumplimiento en su totalidad de los supuestos del modelo de Markowitz, se ratifica la importancia que ha tenido en el campo de las finanzas desde su aparición, especialmente para los académicos, e investigadores en el desarrollo de otras teorías alternativas para estructurar portafolios, y que de alguna forma permite al analista de carteras tener a la mano un dato de referencia sobre el comportamiento de los activos vistos en su conjunto como portafolios de inversión, incorporando un elemento clave en las inversiones como la diversificación.

Para la estructuración de portafolios eficientes es fundamental hablar de la diversificación que implica la inclusión de diferentes activos de inversión en el portafolio, de tal forma que haya una compensación de riesgos. Este es otro de los aportes importantes de la teoría de Markowitz, y utiliza como medida estadística la correlación entre los rendimientos de los activos. La correlación determina la relación entre los activos y el grado en que el uno mueve al otro, este dato estadístico toma valores entre -1 y 1. Entonces si la correlación entre los activos A y B es 0.8 indica que existe una relación directa entre los dos activos, y si un activo sube un 10% el otro sube 8%, pero si uno baja 10% el otro baja 8%, entre más se acerque a 1 la relación positiva es más perfecta, que no es favorable al hablar de diversificación. En el caso de presentar correlación de -0.8, se diría que la relación entre los activos es inversa, es decir, si uno disminuye 10%, se compensa con la subida del otro en un 8%, esto permite inferir que entre más se acerque a -1, el efecto de diversificación es más perfecta. Pero también se puede presentar una correlación cercana a cero, lo que significa que los activos se mueven en forma independiente.

Lo anterior se puede ilustrar en el siguiente gráfico 2:

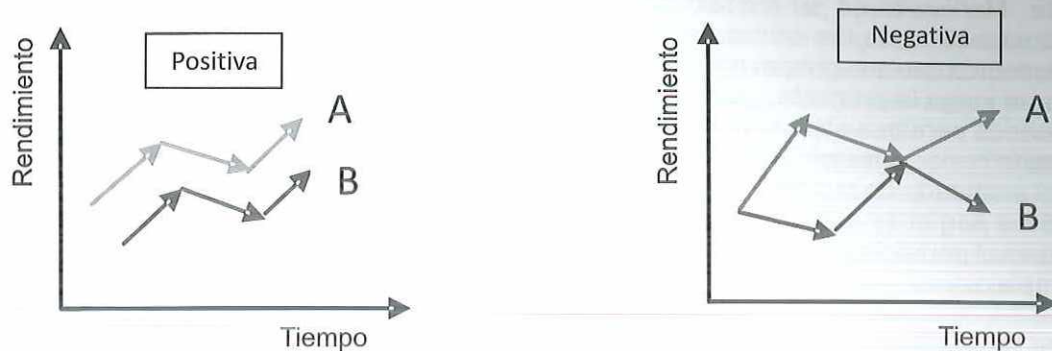


Gráfico 2. La correlación entre activos

Gitman & Joehnk (2009), cuando analizan la diversificación a través de la correlación afirman que si el portafolio está formado con dos activos con correlación perfectamente positiva, en las distintas combinaciones que salen de las participaciones de cada uno, no puede reducir su riesgo por debajo del riesgo del activo menos riesgoso. Mientras que si la correlación no es perfectamente positiva, es posible reducir el riesgo total del portafolio por debajo del riesgo del activo menos riesgoso. Lo anterior sugiere que al estructurar el portafolio con solo dos activos se debe buscar una relación lo menos positiva posible para tener la posibilidad de reducir el riesgo total del portafolio a niveles más deseados, porque la cantidad en que se reduzca el riesgo depende del grado de correlación entre los activos.

Al tener en cuenta la relación entre los activos de un portafolio se puede esperar que el riesgo total

del portafolio disminuya en la medida en que haya correlación negativa. El efecto de la diversificación está en buscar una combinación adecuada en el portafolio de tal forma que logre reducir el riesgo sin disminuir necesariamente el rendimiento esperado. No obstante, Markowitz en la teoría propone que la forma de diversificar el portafolio es aumentando el número de activos en los cuales invertir. Significa que entre más activos tenga el portafolio el riesgo disminuye, pero no se reduce a cero; según Bodie, Kane & Marcus (2004), el riesgo que se puede eliminar con la diversificación se llama riesgo único, riesgo específico de las empresas, riesgo no sistemático o riesgo diversificable; mientras que el riesgo que permanece después de la diversificación se denomina riesgo de mercado, riesgo sistemático o riesgo no diversificable, es decir, los factores de riesgo que son comunes a toda la economía. Estos dos riesgos se pueden observar en la gráfica 3.

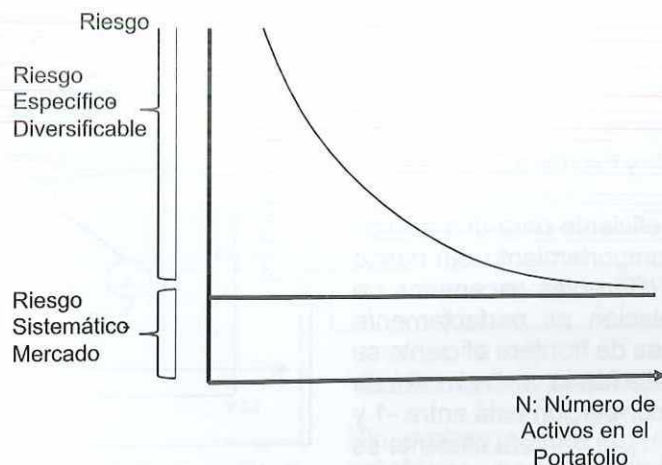


Gráfico 3. Riesgo de la cartera en función del número de activos

Por consiguiente, Markowitz en su modelo se enfoca al riesgo específico de las empresas, el que se elimina a medida que se agregan títulos al portafolio. Entra en juego la pregunta, ¿cuántos títulos son necesarios para que el portafolio esté bien diversificado? Al agregar títulos se incrementa la cantidad de combinaciones posibles de activos según la participación que tenga cada título en el portafolio, luego el modelo se hace más complejo.

Con las múltiples combinaciones que se pueden obtener según la cantidad de títulos en el portafolio y la participación de cada uno, se forma una región de factibilidad o conjunto de carteras factibles, pero sólo las que maximizan la rentabilidad esperada a partir de la cartera de la mínima varianza, son las que pertenecen a la frontera eficiente. En el caso de contar con dos activos para la cartera, el conjunto de carteras factibles estarían ubicadas solo en la línea externa superior de la región factible; en cambio si el portafolio incluye más de dos activos se forma una nube de posibles oportunidades de inversión que es un área con múltiples carteras que dependen de la participación de cada activo, como se puede representar en el gráfico 4.

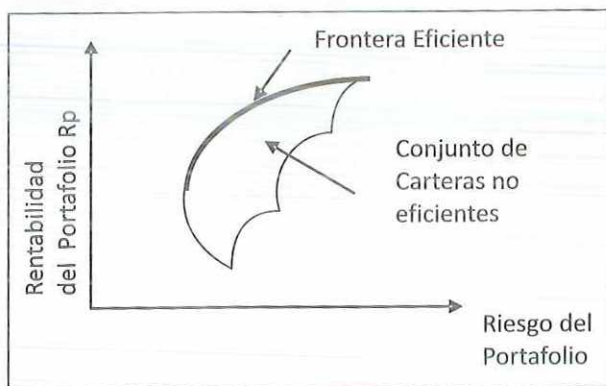


Gráfico 4. Región factible y Frontera Eficiente.

Con la línea de frontera eficiente para dos activos se puede observar el comportamiento del riesgo total del portafolio para diferentes escenarios de correlación. Si la correlación es perfectamente positiva, es decir 1, la línea de frontera eficiente se convierte en una recta de la forma $y = mx + b$ con pendiente positiva, si la correlación está entre -1 y 1 (mayor que -1 y menor 1), la frontera eficiente es una curva de forma parabólica y la ecuación que la representa es $y = ax^2 + bx + c$ pero si la correlación

es perfectamente negativa, es decir -1, la línea de frontera eficiente toca al eje "y" en el punto de la mínima varianza y este es el intercepto de las dos rectas que se forman. El gráfico 5 muestra este comportamiento.

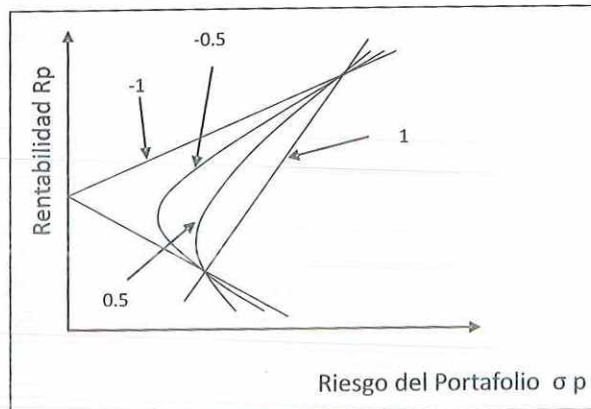


Gráfico 5. Riesgo del Portafolio para distintos valores de Correlación.

Una vez definida la línea de frontera eficiente, el inversionista tendrá infinidad de portafolios con combinaciones de riesgo y rentabilidad diferentes. La selección del portafolio estará determinada por su perfil de riesgo. Es posible que un inversionista conservador prefiera escoger el portafolio A que corresponde a la mínima varianza, obtiene una rentabilidad baja pero al menor riesgo. El portafolio B es más moderado, con mayor riesgo y mayor rentabilidad, pero no tan riesgoso como el C. El portafolio C busca maximizar su rentabilidad aunque tenga que asumir un mayor riesgo, es posible que tenga que sacar prestado para invertir en este tipo de portafolios. Los tres perfiles se observan en la gráfica 6.

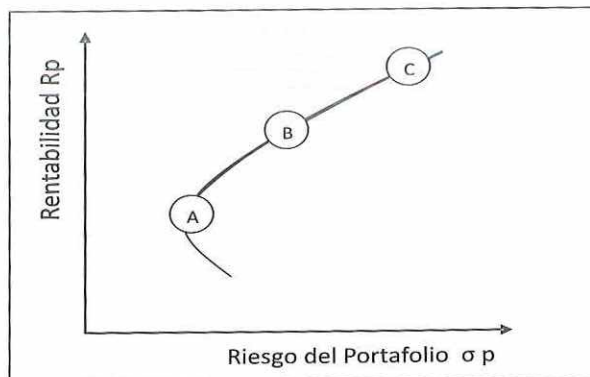


Gráfico 6. Selección del portafolio para tres perfiles de riesgo.

Ahora bien, teniendo en cuenta que los inversionistas son adversos al riesgo, y que la elección del portafolio depende de su preferencia en cuanto a riesgo y rentabilidad; según Gordon, Sharpe & Bailey (2003), "Cada inversionista tiene una función de utilidad de la riqueza única", (pág. 122). Es decir, su incremento de utilidad es único y la utilidad marginal puede ser diferente para cada uno y depende del nivel de riqueza que tenga antes de incrementarla, lo que define la utilidad marginal; no es lo mismo el incremento de una unidad monetaria para un rico que para un pobre, por ejemplo, por el efecto que produce en el incremento de su riqueza inicial.

Sin embargo, la utilidad marginal toma diferentes comportamientos de acuerdo con la actitud que tenga el inversionista frente al riesgo; para López (s.f), un inversionista adverso al riesgo tiene una utilidad marginal decreciente, porque un mismo valor de incremento de riqueza le produce cada vez menor nivel de utilidad; en cambio si el inversionista es propenso al riesgo, la función de utilidad marginal es creciente, para igual aumento de riqueza produce un incremento cada vez mayor de utilidad; Pero, si el inversionista es neutral al riesgo, es decir le es indiferente lo incierto y lo seguro, en este caso la función de utilidad marginal es constante, porque para cada incremento de riqueza le produce el mismo incremento en su utilidad. Se presenta en el gráfico 7.

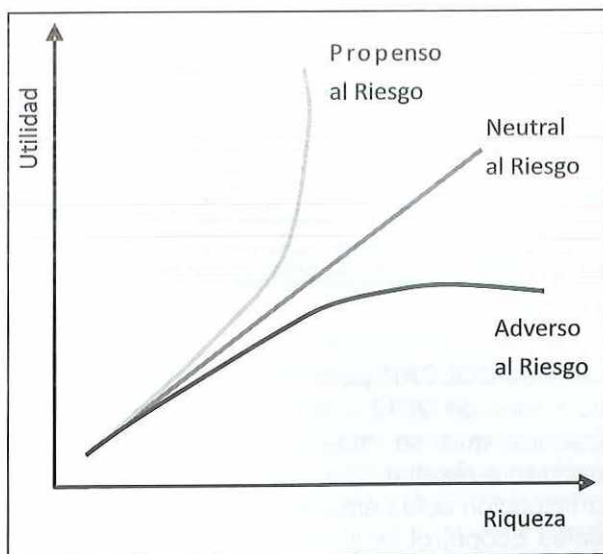


Gráfico 7. Comportamiento de la utilidad Marginal según la actitud al riesgo.

Por lo anterior, la elección del inversionista va a depender de su grado de aversión al riesgo, y cada inversionista al enfrentarse a las múltiples combinaciones entre riesgo y retorno, hace su razonamiento teniendo en cuenta la utilidad que le genera. Entonces, aparece otro aspecto que analiza Markowitz, y es que si la frontera eficiente la determina el mercado y es la misma para todos los que actúan en él, un inversionista racional ante un conjunto de combinaciones de riesgo y rentabilidad que le proporcionen la misma utilidad, le va a ser indiferente cualquiera de los portafolios que están en esta línea llamada "curva de indiferencia", porque todas son igualmente atractivas. En el gráfico 8 se muestran curvas de indiferencia para un perfil de riesgo, luego, si se da a escoger entre el portafolio M y N, que están en la misma curva, al inversionista le es indiferente escoger cualquiera, pero si le dan a escoger portafolios de dos curvas distintas como M y P, en su elección racional selecciona P, porque le ofrece mayor rentabilidad al mismo nivel de riesgo que M.

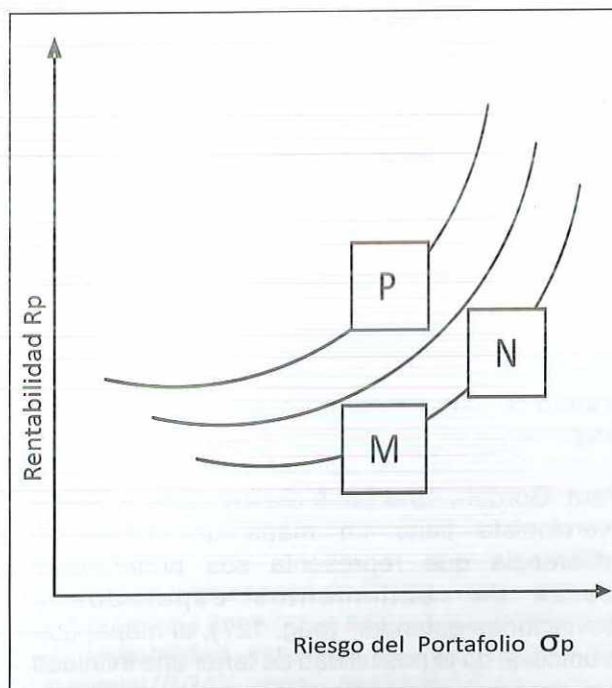


Gráfico 8. Curvas de indiferencia

Sin embargo, las curvas de indiferencia las establece cada inversionista, y estará en función de su perfil de riesgo. En el gráfico 9, se

observan tres situaciones de elección del inversionista para los portafolios ubicados en la frontera eficiente por perfil del riesgo y curvas de indiferencia en cada uno de los perfiles.

Los inversionistas muy adversos al riesgo seleccionan portafolios cuyas curvas de indiferencia forman pendientes más positivas, mientras los amantes al riesgo presentan curvas con pendientes más cercanas a cero.

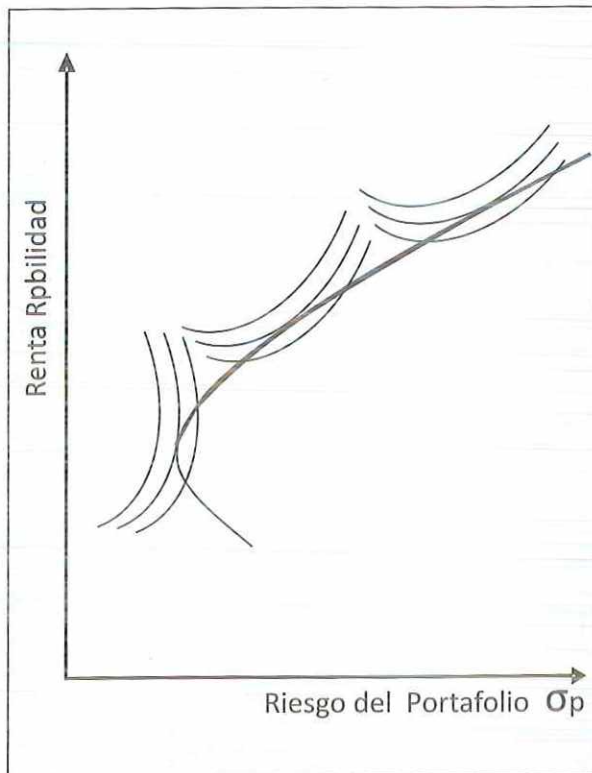


Gráfico 9. Curvas de indiferencia por perfil de riesgo

Para Gordon, Sharpe & Bailey (2003), "cada inversionista tiene un mapa de curvas de indiferencia que representa sus preferencias acerca de rendimientos esperados y desviaciones estándar" (pág. 127), el mapa, que es único, le da la posibilidad de tener una infinidad de curvas de indiferencia para que el inversionista pueda elegir el portafolio más atractivo según el conocimiento del mercado y el grado de aversión al riesgo, y de ahí determinar cuál podría ser el rendimiento esperado y la desviación de su portafolio.

Así mismo, es importante resaltar que según la insaciabilidad y aversión al riesgo, se genera un mapa de curvas de indiferencia para cada inversionista con diferentes combinaciones entre rendimiento y riesgo, y que van a estar ubicadas en diferentes puntos de la línea de frontera eficiente.

La pregunta es ¿cómo determinar cuál es el mejor portafolio o portafolio que optimiza la selección del inversionista para un perfil de riesgo dado? Según Pérez (sf), "La frontera eficiente será igual para todos los inversores, en cambio la cartera óptima será distinta para cada inversor", (pág. 13); esto se da porque el portafolio o la cartera óptima va a depender de la función de utilidad del inversionista que es el resultado de la elección racional por su grado de aversión al riesgo.

Según Collatti (2002), al tener varias curvas de indiferencia para un mismo perfil de riesgo, la mejor elección del inversionista debe estar dada en buscar el portafolio que corresponda al punto de tangencia entre la curva de indiferencia y la frontera eficiente.

Conocida la teoría de Harry Markowitz, ahora se intenta realizar una aplicación al mercado colombiano para obtener la línea de frontera eficiente, y de esta forma generar un conjunto de posibilidades de inversión, cuya selección va a depender del perfil de riesgo del inversionista.

Las acciones corresponden a la canasta del índice COLCAP, este índice se obtiene con el valor de la capitalización bursátil ajustada, de cada una de las empresas que lo conforman, y de ahí se determina su nivel de ponderación en el indicador.

El índice COLCAP para el trimestre octubre a Diciembre de 2012, está compuesto por las acciones que se muestran en la tabla 1; es importante resaltar que algo más del 50% de la participación está centrada en 4 acciones, de las cuales Ecopetrol se lleva el 20%. Esta empresa es de economía mixta y pertenece al sector energético.

Canasta - COLCAP Vigente para el Trimestre Octubre-Diciembre 2012

NEMOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN	PONDERADOR	PRECIO HOY	PARTICIPACION
ECOPETROL	ECOPETROL S.A.	0.0640182059	5,360.00	20.141%
PFGRUPSURA	GRUPO INVERSIONES SURAMERICANA	0.0064305187	33,240.00	12.546%
PFBCOLOM	BANCOLOMBIA S.A.	0.0076914604	26,920.00	12.153%
INVERARGOS	INVERSIONES ARGOS S.A.	0.0085310463	19,840.00	9.935%
PREC	PACIFIC RUBIALES ENERGY CORP	0.0027022335	44,460.00	7.052%
EXITO	ALMACENES EXITO S.A.	0.0038916075	30,020.00	6.857%
NUTRESA	GRUPO NUTRESA S.A	0.0052106105	21,700.00	6.637%
ISA	INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P.	0.0086605233	9,530.00	4.844%
CEMARGOS	CEMENTOS ARGOS S.A.	0.0083137952	8,150.00	3.977%
PFAVAL	GRUPO AVAL ACCIONES Y VALORES S.A.	0.0532264921	1,220.00	3.811%
CORFICOLCF	CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA S.A.	0.0016386719	34,800.00	3.347%
ISAGEN	ISAGEN S.A. E.S.P.	0.0182169985	2,545.00	2.721%
PFDVVNDA	BANCO DAVIVIENDA S.A	0.0019716841	21,820.00	2.525%
PFAVTA	AVIANCATACA HOLDING S.A	0.0027002090	4,310.00	0.683%
PMGC	PETROMINERALES LTD	0.0007448735	14,600.00	0.638%
FABRICATO	FABRICATO S.A.	0.1026881602	93.00	0.561%
BVC	BOLSA DE VALORES DE COLOMBIA S.A.	0.2614957803	31.10	0.477%
CNEC	CANACOL ENERGY LTD	0.0095680111	830.00	0.466%
TABLEMAC	TABLEMAC S.A.	0.4256694243	10.00	0.250%
ETB	EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES DE BOGOTA S.A. E.S.P.	0.0090033730	400.00	0.211%
PFCARPAK	CARVAJAL EMPAQUES S.A	0.0005654509	5,000.00	0.166%

Fuente: Bolsa de valores de Colombia

Tabla 1. Canasta vigente índice COLCAP Octubre – Diciembre de 2012.

En la metodología por desarrollar se inicia con el cálculo de la rentabilidad promedio y desviación estándar de cada una de las acciones para el periodo 2007 a octubre de 2012, y datos mensuales. Se excluye la acción de Carvajal Empaques S.A; porque solo tiene 5 meses de cotización, se dejan las que tengan por lo menos un año en la bolsa.

El análisis se inicia con un gráfico de dominancia, relacionando riesgo y rentabilidad de cada una de las acciones, como se puede ver en el gráfico 10, de las 20 acciones, 5 presentaron un promedio de rentabilidad mensual negativa durante el periodo de estudio, son ellas Avianca, Canacol Energy, Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá ETB, Grupo Aval acciones y valores, y Petrominerales; por tanto son excluidas en primera instancia de la

muestra para la estructuración del portafolio. Ahora bien, un segundo criterio para la selección del grupo de acciones se da por el grado de dominancia que presenten en la combinación, riesgo y rentabilidad, se podría decir que las acciones dominantes son las que se encuentran en la línea de puntos superior exterior.

La acción preferencial de Grupo Sura a pesar de estar en esta línea no se selecciona debido a que su rentabilidad esperada es muy baja, 0.02% mensual (0.24% anual), muy por debajo de lo que genera un activo de renta fija; por ejemplo un CDT puede estar rentando un entre un 5% y 6% efectivo anual, y bonos del gobierno como los Tes de 2024 que rentan aproximadamente un 6.15% efectivo anual, por tanto no se toma en la muestra para el portafolio.

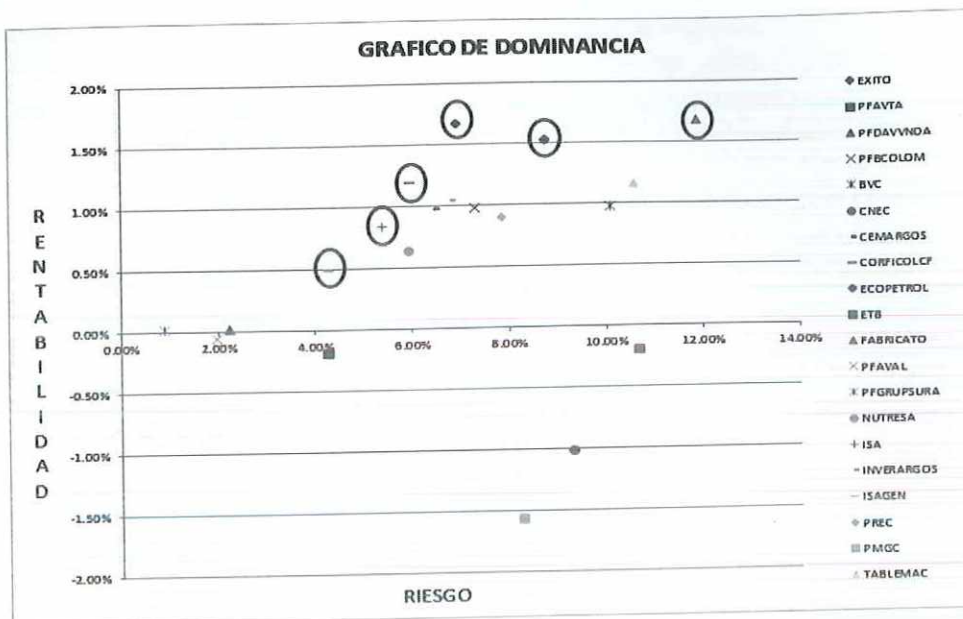


Gráfico 10. Acciones dominantes por rentabilidad y riesgo

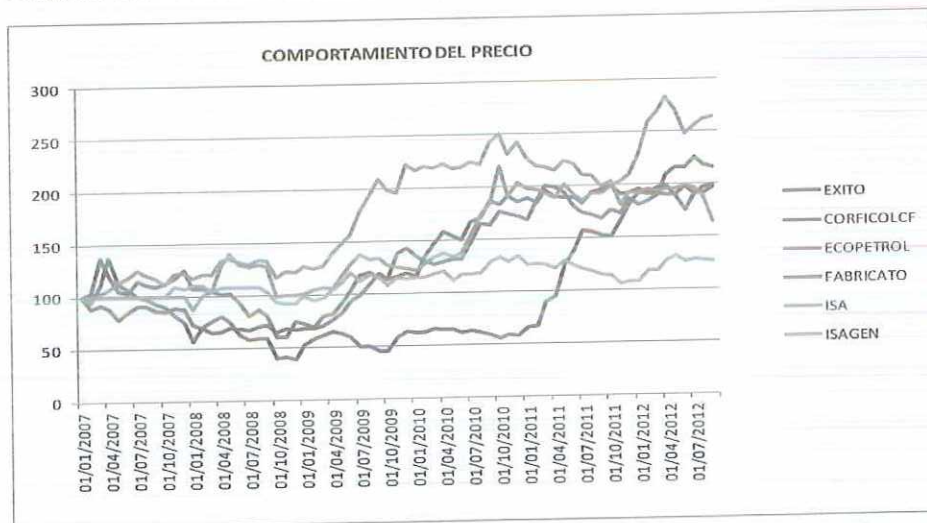


Gráfico 11. Comportamiento del precio de las acciones seleccionadas

Con las acciones seleccionadas, se puede apreciar que la mitad corresponden al sector energético (Ecopetrol, Isa, Isagén), las otras tres son, Éxito, del sector comercial (almacenes de cadena), Corficolombiana, del sector financiero, y Fabricato, del sector textil. Se realiza un análisis de comportamiento de precio, pero para observar mejor la tendencia de las seis acciones en un mismo gráfico, se toma como base 100 para el primer mes (enero 2007) y luego se determinan los cambios de precio periodo a periodo. En el gráfico 11 se puede apreciar la tendencia; en general todas las acciones han presentado una tendencia primaria alcista, sin embargo, la acción

de Ecopetrol muestra un comportamiento más alcista comparada con las demás, a diferencia de la acción de Isagén que presenta para este periodo de análisis una tendencia muy estable.

En cuanto al análisis estadístico, en la tabla 2 se presentan la rentabilidad esperada, el riesgo como medida de dispersión a través de la desviación estándar, el valor máximo y mínimo de rentabilidad presentado en el periodo, el rango como intervalo de movimiento de las rentabilidades y dos medidas de forma de la distribución, la curtosis y el coeficiente de asimetría o sesgo.

	EXITO	CORFICOLCF	ECOPETROL	FABRICATO	ISA	ISAGEN
Media	1.53%	1.20%	1.67%	1.68%	0.84%	0.49%
Desviación estándar	8.74%	5.95%	6.92%	11.87%	5.39%	4.27%
Varianza	0.78%	0.36%	0.49%	1.43%	0.29%	0.19%
Curtosis	2.599	0.773	3.149	1.900	0.486	-0.018
Coefficiente de asimetría	0.518	-0.304	0.083	0.579	0.016	0.064
Rango	57.66%	33.27%	47.21%	66.29%	27.05%	20.04%
Mínimo	-25.18%	-17.41%	-22.81%	-32.00%	-13.14%	-10.45%
Máximo	32.48%	15.86%	24.40%	34.29%	13.91%	9.59%

Tabla 2. Datos estadísticos de las rentabilidades mensuales

Se puede evidenciar que la acción más riesgosa es la de Fabricato con un 11.87% mensual de volatilidad y tiene la rentabilidad más alta; sin embargo, comparada con el riesgo de Ecopetrol del 6.92% mensual, el incremento no se compensa con la rentabilidad respecto a la de Ecopetrol pues la diferencia es solo 0.01%.

La acción de menor riesgo es Isagén con un 4.27% mensual, pero también la que ofrece menor rentabilidad. La acción que presentó mayor intervalo de movimiento de sus rentabilidades es Fabricato con un 66.29%, significa que sus rentabilidades son más dispersas, y esto corresponde con el mayor riesgo que tiene esta acción, caso contrario ocurre con Isagén cuyo intervalo de movimiento es de 20.04%.

Respecto a la forma de la distribución, los datos de curtosis y coeficiente de asimetría. El sesgo o coeficiente de asimetría es un indicador que mide la simetría de la curva, para una curva normal perfecta el sesgo será de cero, si este es distinto de cero y es positivo estará sesgada hacia la derecha o si es negativo será sesgada a la izquierda. Para las seis acciones la que presentan un coeficiente más cercano a la normal es la acción de Isa con un 0.016, muy cercano a cero; y la menos simétrica es Fabricato con 0.57, está sesgada a la derecha. La curtosis es el indicador que mide el nivel de elevamiento de la curva respecto de la horizontal.

Ahora, la curtosis de una distribución normal perfecta es igual a 0 (para Excel). Con la curtosis se puede identificar la existencia de una

concentración de valores es decir leptocúrtica, una concentración normal o mesocúrtica y una baja concentración o platocúrtica. Para la muestra seleccionada, la acción más empinada o leptocúrtica es Ecopetrol con un 3.149, significa que presenta en la distribución algunos datos atípicos y hace que la curva se recoja en el centro; se podría decir que las acciones que tienen curtosis más cercanas a cero son Isagén e Isa, ambas del sector energético.

Entonces, por la forma de la distribución, las más parecidas a la normal son Isa e Isagén, que en relación con la teoría de Markowitz, el supuesto que los rendimientos del activo presentan una distribución aleatoria paramétrica, realmente no se cumple en todos los casos.

A partir de la información del desempeño de las acciones en el mercado, y después de tener conocimiento de retornos esperados con la media de los rendimientos mensuales y el riesgo asociado a cada inversión con la dispersión promedio mensual de los rendimientos a través de la desviación estándar, es claro que según Markowitz estos dos elementos calculados para cada acción, son el insumo principal para la teoría moderna de carteras.

La rentabilidad del portafolio se determina como un promedio ponderado de los rendimientos individuales y la participación de cada acción en el portafolio; mientras que el riesgo del portafolio se obtiene con tres aspectos, los riesgos individuales, la participación de cada una en el portafolio y la relación que existe entre ellas, es decir la correlación. Por tanto, se utilizan las

siguientes fórmulas,

$$Rp = \sum_{i=1}^6 W_i * \bar{R}_i$$

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^6 W_i * \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 W_i * W_j * \sigma_i * \sigma_j * p_{ij}$$

Donde,

σ_p^2 = Varianza del portafolio

\bar{R}_i = Rendimiento promedio de cada acción

W_i = Participación de cada acción en el portafolio

σ_i = Desviación de la acción i

σ_j = Desviación de la acción j

p_{ij} = Correlación entre la acción i y la acción j

Como se puede apreciar en las fórmulas, en el cálculo de la varianza del portafolio es importante determinar la relación que existe entre las acciones, se busca combinarlas de tal manera que se compensen los riesgos, este es el efecto de la diversificación y se obtiene calculando el coeficiente de correlación. Entre menos positiva sea este valor mayor será el efecto de la diversificación.

La tabla 3 muestra los resultados del coeficiente de correlación en una matriz, no hay correlaciones negativas, pero tampoco hay relaciones perfectamente positivas entre acciones diferentes, la más alta es 0.45 entre Isagen e Isa, porque son acciones del mismo subsector (energía eléctrica), y la menos positiva está entre Isa y Fabricato con 0.07, que son sectores distintos energético y textil.

	EXITO	CORFICOLCF	ECOPETROL	FABRICATO	ISA	ISAGEN
EXITO	1.00	0.39	0.34	0.23	0.31	0.28
CORFICOLCF	0.39	1.00	0.35	0.14	0.40	0.26
ECOPETROL	0.34	0.35	1.00	0.21	0.44	0.40
FABRICATO	0.23	0.14	0.21	1.00	0.07	0.09
ISA	0.31	0.40	0.44	0.07	1.00	0.45
ISAGEN	0.28	0.26	0.40	0.09	0.45	1.00

Tabla 2. Matriz de Correlaciones

Utilizando las 6 acciones en el portafolio, se inicia por el cálculo del rendimiento esperado con una participación igual en cada una de las acciones, es decir, 1/6. Para el caso de la varianza del portafolio se hace uso de las matrices para facilitar los cálculos. Primero se define el vector fila de las participaciones de cada título, lo llamamos W_i . Este vector se multiplica por la matriz de varianza-covarianza y por el transpuesto de W_i (vector columna), así:

$$\sigma_p^2 = [W_{1i}][Matriz Varianza Covarianza][W_{1j}]$$

Ahora, la matriz Varianza – Covarianza se obtiene multiplicando la matriz de desviaciones por la matriz de correlaciones y finalmente por la matriz de desviaciones transpuesta. El resultado es una matriz cuadrada cuya diagonal principal es la Varianza de los diferentes títulos.

En la tabla 3 se puede observar que para el caso de éxito por ejemplo, 0.76% corresponde a su desviación al cuadrado.

$$Matriz. Varianza-Covarianza = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & p_{12}\sigma_1\sigma_2 & \dots & p_{1n}\sigma_1\sigma_n \\ p_{21}\sigma_2\sigma_1 & \sigma_2^2 & \dots & p_{2n}\sigma_2\sigma_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{n1}\sigma_n\sigma_1 & \dots & \dots & \sigma_n^2 \end{bmatrix}$$

Donde,

σ_i = Desviación del título..i

p_{ij} = Correlación del título..i con..j

σ_i^2 = Varianza del título..i

	EXITO	CORFICOLCF	ECOPETROL	FABRICATO	ISA	ISAGEN
EXITO	0.76%	0.20%	0.21%	0.24%	0.15%	0.10%
CORFICOLCF	0.20%	0.35%	0.14%	0.10%	0.13%	0.07%
ECOPETROL	0.21%	0.14%	0.48%	0.17%	0.16%	0.12%
FABRICATO	0.24%	0.10%	0.17%	1.41%	0.05%	0.05%
ISA	0.15%	0.13%	0.16%	0.05%	0.29%	0.10%
ISAGEN	0.10%	0.07%	0.12%	0.05%	0.10%	0.18%

Tabla 3. Matriz Varianza Covarianza

A partir de la matriz varianza covarianza, se determina la varianza, y la desviación del portafolio que inicialmente se determina con participación igual para todos los títulos, y se dieron los resultados que se presentan en la tabla 4, junto con el rendimiento del portafolio. Teniendo en cuenta que la acción de menor riesgo individual es Isagen con 4.27%, le sigue Isa con 5.39%, y la de mayor riesgo es Fabricato con 11.87%, lo que evidencia el efecto de la diversificación de Markowitz, con un riesgo del portafolio de 4.55% mensual, más cercano al riesgo menor, y rentabilidad más alta que Corficocolombiana.

VARIANZA DEL PORTAFOLIO σ_p^2	0.207%	Mensual
DESVIACIÓN DEL PORTAFOLIO σ_p	4.551%	Mensual
RENDIMIENTO DEL PORTAFOLIO R_p	1.234%	Mensual

Tabla 4. Rendimiento y Riesgo del portafolio con W_i iguales

Asimismo, se busca el portafolio de la mínima varianza utilizando la función solver, donde se maximiza la rentabilidad para un riesgo dado de cero, y las siguientes restricciones:

$$W_i \geq 0$$

$$\sum_{i=1}^6 W_i = 1$$

$$\sigma_p = \sigma_p \text{ Dado}$$

El portafolio de la mínima varianza es:

R_p	D_p	W_i					
		EXITO	CORFICOLCF	ECOPETROL	FABRICATO	ISA	ISAGEN
0.7716%	3.704%	0.00%	20.05%	0.95%	5.74%	17.08%	56.18%

Tabla 5. Portafolio de la mínima varianza 6 acciones

La mayor participación la tiene Isagén con más del 50%, y esto es debido a que es la acción de menor riesgo. Sin embargo, el portafolio de la mínima varianza presenta un riesgo inferior a Isagén y su rentabilidad es más alta que esta acción.

Para este caso no hay participación sugerida para la acción de Éxito, porque si se observa en el gráfico de dominancia (Gráfico 10) realmente esta acción no presenta una rentabilidad mayor a Ecopetrol teniendo mayor riesgo.

En cuanto a la línea de frontera eficiente, es decir, encontrar los conjuntos de portafolios que maximicen la rentabilidad para un nivel de riesgo dado se utiliza nuevamente el solver de Excel. Para el número de portafolios se calcula el intervalo entre la desviación de la acción de mayor riesgo y el riesgo del portafolio de la mínima varianza, y se divide entre la cantidad de portafolios que se quieran en la frontera eficiente. Se determinan las combinaciones adecuadas de las acciones en los diferentes portafolios de acuerdo al nivel de riesgo deseado, es decir proporciona los W_i . En la tabla 5 se puede ver la participación de cada acción para 25 portafolios.

El comportamiento del rendimiento a medida que se incrementa el riesgo es al alza, sin embargo, mientras se aumenta el riesgo y se acerca más al riesgo de la acción que tiene el mayor valor de desviación estándar, la participación de esta acción va aumentando hasta llegar al 100%. Es por esto que el componente de diversificación propuesto por Markowitz se refleja en los conjuntos de portafolios que tengan por lo menos dos acciones. En la tabla 5 se observa que a partir

PORTAFOLIOS EFICIENTES 25

AMPLITUD DESVIACIÓN 0.327%

PORTAFOLIO	Wi							
	Rp	Dp	EXITO	CORFICOLCF	ECOPETROL	FABRICATO	ISA	ISAGEN
0	0.772%	3.704%	0.00%	20.05%	0.95%	5.74%	17.08%	56.18%
1	1.090%	4.031%	4.65%	24.98%	19.18%	8.54%	13.40%	29.25%
2	1.2317%	4.358%	6.97%	27.06%	27.23%	9.75%	11.72%	17.27%
3	1.3469%	4.684%	8.81%	28.64%	33.94%	10.68%	10.25%	7.67%
4	1.4489%	5.011%	10.62%	29.93%	40.00%	11.63%	7.81%	0.00%
5	1.5334%	5.338%	13.02%	25.10%	48.87%	13.01%	0.00%	0.00%
6	1.5908%	5.664%	15.31%	12.36%	57.52%	14.82%	0.00%	0.00%
7	1.6361%	5.991%	17.03%	2.34%	64.43%	16.21%	0.00%	0.00%
8	1.6650%	6.318%	4.84%	0.00%	75.29%	19.87%	0.00%	0.00%
9	1.6735%	6.644%	0.00%	0.00%	67.40%	32.60%	0.00%	0.00%
10	1.6746%	6.971%	0.00%	0.00%	58.89%	41.11%	0.00%	0.00%
11	1.6754%	7.298%	0.00%	0.00%	52.68%	47.32%	0.00%	0.00%
12	1.6760%	7.625%	0.00%	0.00%	47.43%	52.57%	0.00%	0.00%
13	1.6766%	7.951%	0.00%	0.00%	42.73%	57.27%	0.00%	0.00%
14	1.6772%	8.278%	0.00%	0.00%	38.40%	61.60%	0.00%	0.00%
15	1.6777%	8.605%	0.00%	0.00%	34.32%	65.68%	0.00%	0.00%
16	1.6782%	8.931%	0.00%	0.00%	30.44%	69.56%	0.00%	0.00%
17	1.6787%	9.258%	0.00%	0.00%	26.72%	73.28%	0.00%	0.00%
18	1.6791%	9.585%	0.00%	0.00%	23.11%	76.89%	0.00%	0.00%
19	1.6796%	9.911%	0.00%	0.00%	19.61%	80.39%	0.00%	0.00%
20	1.6800%	10.238%	0.00%	0.00%	16.19%	83.81%	0.00%	0.00%
21	1.6804%	10.565%	0.00%	0.00%	12.85%	87.15%	0.00%	0.00%
22	1.6808%	10.891%	0.00%	0.00%	9.56%	90.44%	0.00%	0.00%
23	1.6813%	11.218%	0.00%	0.00%	6.33%	93.67%	0.00%	0.00%
24	1.6817%	11.545%	0.00%	0.00%	3.14%	96.86%	0.00%	0.00%
25	1.6821%	11.872%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%

Tabla 6. Conjunto de Portafolios Eficientes 6 acciones

del portafolio 8 solo quedan dos acciones para línea de frontera eficiente, Ecopetrol y Fabricato, esta es una de las críticas de Michaud (1989), y sugiere restringir la participación de cada acción

En la línea de frontera eficiente obtenida, a partir del portafolio 9, el incremento en la rentabilidad no presenta una proporción acorde con el incremento en el riesgo que siempre va a ser de 0.327%; por lo tanto, es posible que el inversionista quiera ubicarse en los primeros portafolios para seleccionar el que se adapte a su nivel de riesgo.

Por ejemplo, para un inversionista conservador, el portafolio de la mínima varianza es una buena opción.

Sin embargo, según Markowitz la selección racional del inversionista, y su aversión al riesgo, lo lleva a buscar diferentes posibilidades de portafolio orientado por el que genere una buena rentabilidad a un nivel de riesgo dado, y se forman las llamadas curvas de indiferencia en toda la línea de frontera eficiente representada en el gráfico 11.



Gráfico 11. Línea de Frontera Eficiente 6 acciones

Debido a que en el conjunto de portafolios eficientes de 6 acciones se observa una rentabilidad muy estable a partir del portafolio 9, como lo muestra el gráfico 11, se realiza una segunda revisión de las acciones y se seleccionan las que presentan mayor dominancia en cuanto al rendimiento y riesgo esperado. Estas acciones son Corficolombiana, Ecopetrol, Isa e Isagén, y en el gráfico 12 se pueden ver.

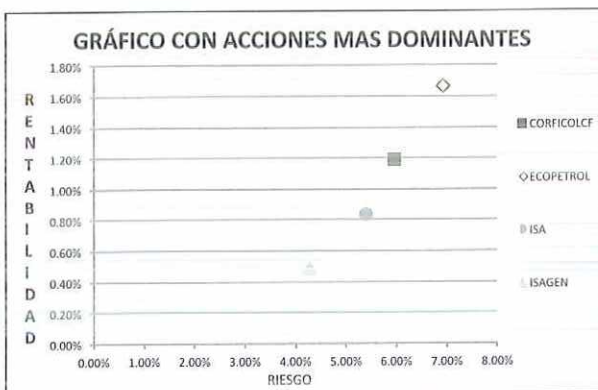


Gráfico 12. Acciones más dominantes por riesgo y rentabilidad

PORTAFOLIOS EFICIENTES 20

AMPLITUD DESVIACIÓN 0.158%

Se realiza el mismo procedimiento para determinar la rentabilidad y riesgo inicial con participaciones iguales de las 4 acciones,

VARIANZA DEL PORTAFOLIO σ_p^2	0.172%	
DESVIACIÓN DEL PORTAFOLIO σ_p	4.145%	Mensual
RENDIMIENTO DEL PORTAFOLIO R_p	1.049%	Mensual

Tabla 7. Rendimiento y Riesgo del portafolio con W_i iguales

Para este caso el portafolio de la mínima varianza se obtiene con participación de todas las 4 acciones, la mayor participación continúa siendo la de Isagén con 58%, y la menor participación Ecopetrol con 2.9%. La rentabilidad está entre la rentabilidad individual de Isa y Corficolombiana, y el riesgo es inferior al riesgo que presentaban las acciones individuales,

R_p	D_p	W_i			
		CORFICOLCF	ECOPETROL	ISA	ISAGEN
0.7383%	3.765%	21.85%	2.91%	16.88%	58.36%

Tabla 8. Portafolio de la mínima varianza 4 acciones

El conjunto de portafolios eficientes que maximizan la rentabilidad para un nivel de riesgo dado se determina nuevamente el solver de Excel, para 20 portafolios y se presentan en la tabla 9, evidenciando un comportamiento más compensado entre riesgo y rentabilidad.

PORTAFOLIO	R_p	D_p	W_i			
			CORFICOLCF	ECOPETROL	ISA	ISAGEN
0	0.7383%	3.765%	21.85%	2.91%	16.88%	58.36%
1	0.9461%	3.923%	27.54%	17.84%	14.57%	40.05%
2	1.0351%	4.081%	29.77%	24.44%	13.31%	32.48%
3	1.1055%	4.238%	31.91%	29.29%	12.80%	26.01%
4	1.1663%	4.396%	33.75%	33.92%	10.87%	21.46%
5	1.2216%	4.554%	34.85%	37.78%	11.47%	15.90%
6	1.2727%	4.712%	36.46%	41.41%	10.59%	11.53%
7	1.3209%	4.870%	37.83%	44.74%	10.40%	7.03%

PORTAFOLIO	Rp	Dp	Wi			
			CORFICOLCF	ECOPETROL	ISA	ISAGEN
8	1.3668%	5.027%	39.06%	48.11%	9.69%	3.14%
9	1.4107%	5.185%	40.18%	51.62%	8.20%	0.00%
10	1.4512%	5.343%	40.78%	56.23%	2.99%	0.00%
11	1.4877%	5.501%	38.32%	61.68%	0.00%	0.00%
12	1.5169%	5.658%	32.15%	67.85%	0.00%	0.00%
13	1.5417%	5.816%	26.93%	73.07%	0.00%	0.00%
14	1.5637%	5.974%	22.29%	77.71%	0.00%	0.00%
15	1.5838%	6.132%	18.04%	81.96%	0.00%	0.00%
16	1.6026%	6.290%	14.07%	85.93%	0.00%	0.00%
17	1.6204%	6.447%	10.32%	89.68%	0.00%	0.00%
18	1.6374%	6.605%	6.75%	93.25%	0.00%	0.00%
19	1.6536%	6.763%	3.32%	96.68%	0.00%	0.00%
20	1.6694%	6.921%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%

Tabla 9. Conjunto de Portafolios Eficientes 4 acciones

La línea de frontera eficiente para este conjunto de portafolios se representa en el gráfico 13, mostrando una curvatura más levantada, o con mayor pendiente. En esta situación el inversionista selecciona el portafolio de acuerdo a su nivel de tolerancia al riesgo, que puede estar entre el de mínima varianza, con la participación de las 4 acciones, o portafolios de riesgo moderado con participación de 4 y 3 acciones, o portafolios más arriesgados con 2 y 1 acción, pero con rentabilidades más altas.

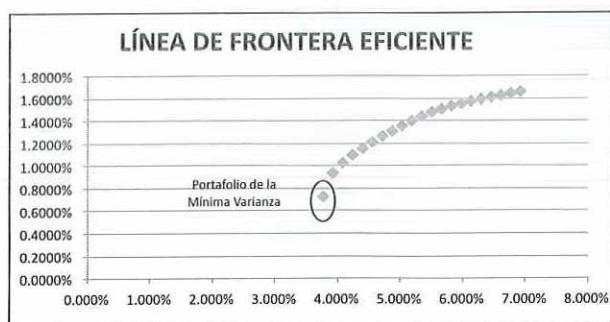


Gráfico 13. Línea de Frontera Eficiente 4 acciones

En síntesis, con el proceso propuesto por Markowitz y aplicado al mercado colombiano, se desarrolló la etapa que inicia con las creencias de los resultados futuros y termina con la elección de la cartera. Estas creencias de resultados futuros

hacen referencia a los análisis de la distribución de probabilidad de las rentabilidades de cada una de las acciones a través de la media y la desviación estándar según el periodo de referencia, y generar expectativas sobre el comportamiento futuro del rendimiento y riesgo de estos títulos. A partir de esta información, se realizan combinaciones entre las diferentes acciones y se aplica la teoría de la diversificación para determinar el rendimiento y riesgo de cada portafolio, para luego formar un conjunto de portafolios eficientes de los cuales el inversionista selecciona el que mejor se adapte a su nivel de riesgo.

Una vez el inversionista realiza una selección racional según su aversión al riesgo, el paso a seguir es hacer la administración del portafolio, y un primer aspecto a decidir es si su participación en el mercado va a ser activa o pasiva, de ello depende la entrada y salida del mercado, y en lo relacionado con la estructuración del portafolio, puede ser un factor para seleccionar el horizonte de análisis de las alternativas de inversión. La administración está determinada por la evaluación del desempeño del portafolio, para revisar cuáles acciones vender y cuáles comprar para reemplazarlas. Según Gitman (2000), la administración consiste en seguirle el paso al portafolio para reestructurarlo en caso de que así lo exija el comportamiento real de las inversiones.

Para concluir se resaltan las siguientes ideas,

- La principal aportación de Markowitz se da en la forma como caracteriza en su teoría los rasgos fundamentales de lo que él llama conducta racional del inversor, que consiste en buscar aquella combinación de portafolio que maximice la rentabilidad para un nivel de riesgo dado, o un mínimo el riesgo para una rentabilidad determinada.
- La teoría propuesta por Harry Markowitz se basa en supuestos que no siempre se cumplen en los mercados, sin embargo, el uso de la metodología es buen referente para tomar decisiones de inversión en las estructuración de portafolios, basados en medidas estadísticas básicas como la media y la desviación estándar.
- La línea de frontera eficiente le da la posibilidad al inversionista de contar con un conjunto de portafolios para diferentes niveles de riesgo, lo que le permite evaluar sus curvas de indiferencia y seleccionar el portafolio que más se ajuste a su perfil.
- Uno de los aportes muy reconocidos de la teoría de Markowitz, es la diversificación, el efecto que produce en el riesgo del portafolio incluir diferentes activos. A medida que se agregan activos al portafolio el riesgo tiende a disminuir, pero no elimina el riesgo total, el que se disminuye es el riesgo no sistemático o individual que tiene que ver con las empresas a las cuales pertenecen las acciones. Sin embargo, queda un riesgo que corresponde a las condiciones del mercado, el riesgo sistemático, por tanto, el inversionista debe ser consciente de las acciones para controlarlo.
- Como un complemento, y apoyo en la decisión del inversionista, James Tobin (1958) realiza un aporte a la teoría de Harry Markowitz cuando pretende incluir un activo libre de riesgo, para el cálculo del portafolio óptimo, es decir realiza una extensión al modelo propuesto por Markowitz aportando la teoría del equilibrio en el mercado de capitales, y crea la Línea de Mercado de Capitales. La propuesta de Tobin, le da la posibilidad al inversionista de buscar la

combinación entre renta fija y renta variable para estructurar su inversión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bodie, Z., Kane, A., & Marcus, A.J., (2004). *Principios de Inversiones*. Quinta Edición. Mc Graw Hill.
- Collatti, M.B., (2002). *Teoría de Carteras*. Investigación & Desarrollo. Bolsa del Comercio del Rosario. Recuperado de http://www.bcr.com.ar/Programa de Formacion Adjuntos Inscripciones/carteras_collatti.pdf
- Gitman, L., (2000). *Fundamentos de Inversión*. Quinta Edición. Pearson.
- Gitman, L.J., Joehnk, M., (2009). *Fundamentos de Inversiones*. Décima Edición. Pearson.
- Gordon J, A., Sharpe, W.F. & Bailey Jeffery V. (2003). *Fundamentos de Inversiones*. Teoría y Práctica. Tercera Edición. Prentice Hall.
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, Vol. 7, 77-91.
- Mendizábal Zubeldia, A., Miera Zabalza, L.M., & Zubia Zubiaurre, M., (2002). *El modelo de Markowitz en la Gestión de Carteras*. Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea. Cuadernos de Gestión. Vol.2. N°1.
- Michaud, R., (1989); The Markowitz optimization enigma: is optimized optimal?. *Financial Analysts Journal*. 45(1), 31-42.
- López Herrera, F., (1999). *Aplicación del enfoque de Markowitz al cálculo del Valor en Riesgo (VaR) a un portafolio de divisas*. Revista Contaduría y Administración. N° 193.
- Pérez Hernández, F., (sf). *Introducción a la Teoría de Carteras: Modelo de Markowitz*. Departamento de Financiación e Investigación Comercial. Universidad Autónoma de Madrid UAM. Recuperado de http://www.uam.es/personal_pdi/economicas/fphernan/FET.TIX.A.pdf

López, C.. (s.f). Mercado de Capitales y Gestión de Cartera. Universidad Argentina de la Empresa (UADE). Consultor financiero. Recuperado de http://marcelodelfino.net/files/Teora_de_la_Cartera.pdf

Sharpe, William F. (1964). Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk. *The Journal of Finance*. Vol. XIX. No. 3.

Tobin, James (1958). Liquidity preference as behavior towards risk, *The Review of Economic Studies*, 25, 65-86.

Due diligence: Una forma diferente para diagnosticar una opción de compra

Angélica Vanessa Sierra Martínez

Cristian Felipe Ortiz Méndez

Estudiantes de Ingeniería Financiera Nivel VII

Semillero Risk Net

Universidad Autónoma de Bucaramanga UNAB.

Doris Rueda Correa

Al tener en cuenta un proceso de compra y venta de una empresa objetivo, una etapa determinante para la evolución de la operación, es denominado como *Due Diligence*.

El punto a exponer en este artículo es la importancia de este proceso, que tiene el objetivo de minimizar el riesgo ante una operación transaccional.

Se hará énfasis en el concepto de *Due Diligence*, aclarando las diferentes fases que la integran, al igual que las principales diferencias respecto a la auditoría financiera, las diferentes clases de *Due Diligence* que normalmente se hacen en este tipo de proceso, los principales agentes que intervienen y los riesgos que deben tenerse en cuenta para asegurar el éxito de este.



CONCEPTO Y OBJETIVO DE LA *DUE DILIGENCE*

Este proceso de *Due Diligence* se basa en profundizar en la información que se conoce hasta la actualidad de la empresa objetivo, una vez el comprador muestre un interés real, normalmente manifestado mediante una "Carta de intenciones", documento que recopila la intención de compra total o parcial de la empresa en determinadas condiciones.

Para la mayoría de los compradores esta es la primera oportunidad de conocer el negocio en detalle.

Esta fase es coordinada por los especialistas contratados por el comprador. Hay algunos casos en particular donde el vendedor es el que realiza el proceso, dándosele el nombre de *Vendor Due Diligence*. El interesado debe confiar en los asesores especializados en este tipo de procesos, que analizaron de forma independiente la compañía, inspeccionando posibles anomalías en los rubros financieros.

El alcance, contenido y duración de la *Due Diligence* acordado de antemano, debe establecerse en la Carta de Intenciones.

Todo esto sin perturbar la actividad normativa de la empresa, por lo cual, se les prohíbe a los asesores acceder a las instalaciones de la compañía, llevando a cabo un *data room* (Punto de información), donde se puede tener acceso a la información previamente solicitada.

La *Due Diligence* consiste en la valoración de los siguientes puntos:

- El ámbito financiero y contable.
- Posición en el mercado y aspectos comerciales.
- La calidad y efectividad de la dirección.
- Aspectos tecnológicos.
- Asuntos fiscales.
- Asuntos laborales.
- Asuntos legales.
- Asuntos medioambientales.

El escrutinio financiero radica en llevar a cabo la auditoría de los estados financieros a la última

fecha. El objetivo es obtener una opinión imparcial sobre el aspecto financiero y patrimonial de la empresa objetivo.

PROFESIONALES DE LA *DUE DILIGENCE*

Los profesionales que siempre están inmersos en este proceso son: los legales, financieros y operativos.

- **Profesionales legales:** Es convocado este profesional debido a que es necesario conocer y valorar riesgos de la empresa de su pasado judicial para determinar si se tendrán repercusiones en el futuro.
- **Profesionales financieros:** Es solicitado este profesional ya que es necesario analizar los estados financieros para recomendar decisiones de inversión o de apalancamiento.
- **Profesionales operativos:** Se contrata este profesional porque se debe analizar y proponer una estrategia operacional adecuada para el funcionamiento de la empresa.

TIPOS DE *DUE DILIGENCE*

- ***Due Diligence Legal:*** Este tipo de *Due Diligence* se basa en la investigación, análisis e interpretación de la situación legal de la empresa.

Su objetivo es validar las afirmaciones e informaciones de la entidad con respecto a las constituciones de licencias, préstamos, litigios, situación con los trabajadores, arreglos contractuales, situación tributaria, titularización de activos, inmuebles y propiedades intelectuales.

El *Due Diligence* legal pretende valorar estos riesgos como pasivo contingente.

- ***Due Diligence Financiero:*** Tanto compradores como vendedores deben asegurarse de que la información financiera sea lo más precisa posible para asegurar que sus objetivos de gobernabilidad y administración del riesgo sean cumplidos.

Su objetivo es señalar y revisar los aspectos de la información financiera y comercial de la empresa. El punto más importante a evaluar es la determinación del precio, para lo cual se deben tener en cuenta los resultados de las operaciones actuales y proyectadas de la empresa objetivo. Estos resultados se encuentran en los estados financieros (Estado de Resultados, Balance General, Estado de Flujos de Efectivo), en las declaraciones de impuestos y otros documentos.

Es de gran importancia revisar el financiamiento y estructura de capital de la empresa objetivo y evaluar los diferentes regímenes contables y fiscales.

- **Due Diligence Operativo:** Este tipo de *Due Diligence* varía de una a otra empresa objetivo, pero generalmente evalúa la creación de nuevos productos o servicios, el comportamiento de los mercados en los que opera, la competencia, las ventas, el recurso humano y el impacto ambiental.

Además de estos tipos de *Due Diligence* se encuentran otros dos, mencionados en el artículo escrito por Iván Darío Restrepo Londoño: *Due Diligence Financiera, una forma para garantizar la toma eficiente de decisiones en la adquisición de empresas:*

- **Due Diligence Circunstancial:** El objetivo de éste es identificar el riesgo real de asumir pasivos debido a los frecuentes y violentos cambios de las leyes.
- **Due Diligence Tributario:** Este tipo de *Due Diligence* tiene por objetivo estar alerta ante la posibilidad de alguna deuda tributaria no expuesta por la empresa y a propuestas de ayuda en casos de problemas tributarios.

ETAPAS DE LA DUE DILIGENCE

Para que la *Due Diligence* tenga el resultado esperado se debe recopilar información completa acerca del negocio, y para esto existen diferentes etapas.

- **Etapas Preliminar:** El comprador es el que se encargará de hacer la mayor parte de esta

etapa, escogiendo los perfiles de los profesionales encargados a realizar la *Due Diligence*, acompañados además con equipo de apoyo propio de la empresa objetivo. Esta etapa consiste en la revisión de los recursos disponibles y los riesgos existentes en la transacción. Además, se fijan los plazos de realización, se define el contrato cuando las dos partes llegan a un mutuo acuerdo y, en consecuencia, aceptan la propuesta, al igual que las limitaciones de trabajo a realizar.

- **Etapas de Investigación:** En esta etapa, como su nombre lo indica, se inicia la búsqueda e investigación de la información interna de la empresa. Este proceso puede anticiparse a la etapa preliminar, adelantando trabajo antes de aceptar el contrato. Luego de recopilada la información, se analiza y se desarrolla cada uno de los pasos acordados.
- **Etapas de Revisión de la Información Financiera, Legal y Fiscal:** Esta tercera etapa consiste en la revisión de los estados financieros, en la información recopilada en el tema legal y fiscal, analizando las repercusiones por las cuales la empresa se podría ver afectada negativamente. Esto incluye la revisión de acuerdos, escrituras, negociaciones históricas y en proceso, y demás aspectos relacionados con la parte legislativa.
- **Etapas de Revisión de las Operaciones:** Esta etapa se enfoca en cubrir los objetivos principales del negocio de la empresa, adicionando el desempeño y la capacidad de generar un valor agregado. Al analizar los resultados básicos no se puede contemplar el valor y el riesgo real al cual se van a enfrentar; por eso hay que escudriñar más a fondo los procesos actuales.
- **Fase de Revisión del cumplimiento de Aspectos Legales:** Al concluir las anteriores etapas, se puede tomar un diagnóstico certero, delimitando los diferentes riesgos en los cuales se encuentra la empresa y en esto se puede crear un seguro con documentos y contratos que garanticen que la información proporcionada por la empresa es veraz.

- **Fase de emisión de informes:** Esta etapa consiste en resaltar las diferentes conclusiones de cada etapa de la *Due Diligence*.

Este informe se divide en las áreas de importancia establecidas en la etapa de planificación.

Cada área contiene las principales falencias halladas, sus posibles consecuencias y, si es un área importante, sus posibles soluciones antes del comienzo de la operación.

DIFERENCIA RESPECTO A LA AUDITORÍA FINANCIERA

Existe un concepto errado de la *Due Diligence*, en la que se le reconoce como un conjunto de auditorías de carácter financiero, fiscal, legal y comercial, según el tipo de operación. Sin embargo el verdadero objetivo es el análisis de una empresa y no simplemente una sucesión de auditorías.

La *Due Diligence* no se enfoca solo en los estados financieros actuales, sino en los históricos, de los cuales se establecen las bases de los estados financieros del presente y el futuro.

Además, la *Due Diligence* genera un informe completo de los análisis realizados, al igual que conclusiones.

Mientras que las auditorías financieras poseen un carácter disciplinar, la *Due Diligence* se diseña para encontrar los riesgos del negocio y de la operación.

En las *Due Diligences* el acceso al informe final es restringido. Por otro lado en las auditorías financieras se publica junto con las cuentas anuales de la compañía auditada.

Con estas diferencias se puede concluir que el objetivo de los procedimientos es diferente, pero si se puede resaltar que en algunos casos el análisis es complementario.

CONCLUSIÓN

Este proceso de la *Due Diligence* es totalmente necesario para la toma de decisiones al comprar o al interesarse en una empresa.

Esto reducirá notoriamente toda probabilidad de riesgo con respecto a todos los diversos temas explicados anteriormente. Al mismo tiempo, disminuirán gastos futuros ya que el costo de la *Due Diligence* ahorrará problemas legales, jurídicos, financieros, estratégicos y operacionales.

Además, ayudará al comprador a conocer más a fondo la empresa que desea comprar o de la que desea formar parte.

Con todo, el estudio realizado permite formular y plantear nuevas inversiones para maximizar el valor de la empresa.

Este proceso también garantiza que la parte vendedora otorgue la información completa y veraz, ya que se tiene un respaldo legal.

Los profesionales que se contratan en este proceso deben ser imparciales y tener un gran conocimiento del sector en el que opera el negocio para poder determinar las mejores opciones y las posibles falencias.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Rosembloom, Arthur H. *Due Diligence: La guía perfecta para fusiones y adquisiciones, asociaciones en participación, alianzas estratégicas*. México: Limusa, 2007.

Plana Paluzie, Álex. "Due Diligence Legal". 9 de mayo 2012. Entre leyes y jurisprudencia. 20 de octubre 2012.

<<http://aplanapaluzie.blogspot.com/2012/05/due-diligence-legal.html>>

Gallardo, Luis. *Proceso de Due Diligence Financiera. Operaciones Corporativas: Todo lo*