

Medición cuantitativa de riesgo de mercado en instituciones no financieras

Mario Germán Angulo Martínez

**UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA – MAF
Medellín
2019**

Medición cuantitativa de riesgo de mercado en instituciones no financieras

Mario Germán Angulo Martínez

mangulo3@eafit.edu.co

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGÍSTER EN
ADMINISTRACIÓN FINANCIERA

Asesora: Ximena Correa Agudelo

xcorreaa@eafit.edu.co

**UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA – MAF
Medellín
2019**

Medición cuantitativa de riesgo de mercado en instituciones no financieras¹

Mario Germán Angulo Martínez
mangulo3@eafit.edu.co

Asesora: Ximena Correa Agudelo
xcorreaa@eafit.edu.co

Resumen

En el presente artículo se realizó una medición cuantitativa de riesgo financiero de mercado de cuatro instituciones no financieras que cotizan en la bolsa de valores de Colombia. En un principio se definen el riesgo y los diferentes tipos de riesgo, y se hace énfasis en el riesgo de mercado. Posteriormente se aplican metodologías reconocidas, estudiadas para medir el riesgo financiero de mercado y determinar la rentabilidad esperada, la volatilidad, el valor en riesgo (VaR), el valor en riesgo condicional (CVaR) de cada institución. Finalmente, a partir de los resultados obtenidos de la muestra se concluye que el Grupo Ecopetrol es la institución que más riesgo presenta.

Palabras clave: riesgo financiero, análisis de riesgos, rentabilidad del riesgo, valor en riesgo

Abstract

In this article, a quantitative measurement of financial market risk of four non-financial institutions listed on the Colombian stock exchange was carried out. Initially, the risk and different types of risk are defined, and then the article emphasizes in the risk market. Subsequently, recognized and studied methodologies are applied to measure the financial market risk and determine the expected return, volatility, value at risk (VaR), the conditional value at risk (CVaR) of each institution. Finally, from the results obtained is concluded that the Ecopetrol group is the institution that presents the most risk.

Keywords: financial risk, risk analysis, risk return, value at risk

¹ Modalidad de trabajo de grado: Curso de Verano *Applied Financial Risk Management*.

1. Introducción

En el presente trabajo de investigación se realizó una medición de riesgo cuantitativo para organizaciones no financieras pertenecientes al sector real en Colombia que están listadas en el mercado de valores. La medición efectuada se enfocó en el riesgo financiero de mercado, dado que las últimas crisis globales han ocasionado fuertes cambios en los precios de las acciones no solamente de bancos, fondos de cobertura, fondos de pensiones e instituciones financieras, sino también de organizaciones pertenecientes al sector real, tales y como empresas petroleras, mineras, de alimentos, *retail*, construcción y energía, entre otros.

El objetivo de esta investigación era medir el riesgo financiero de mercado de diferentes activos que cotizan en la Bolsa de Valores de Colombia y que pertenecen al sector real. Para ello se determinó la volatilidad diaria y anualizada, la rentabilidad media, el valor el riesgo y el *expected shortfall (ES)* de las siguientes cuatro organizaciones: Grupo Energía Bogotá, Grupo Argos, Grupo Ecopetrol y grupo empresarial Interconexión Eléctrica S.A. (ISA). Estas medidas se determinaron a partir de los datos del precio de las acciones durante 252 días transables, en el período comprendido entre el 19 de enero del 2018 y el 31 de enero del 2019. Los valores del precio de las acciones para las cuatro organizaciones se obtuvieron a partir del portal *investing.com*.

Al final de la investigación se concluye que, de las cuatro instituciones no financieras analizadas, el Grupo Ecopetrol es la organización que presenta más riesgo, y tiene numerosas oportunidades de generar rentabilidades positivas; sin embargo, durante el tiempo de la medición es el grupo empresarial que mayores pérdidas esperadas hubiera podido presentar. Además, en esta institución no financiera, son considerables y significantes los valores extremos en la distribución de probabilidad de los rendimientos.

2. Contenido

2.1 Marco conceptual

En la sociedad globalizada en la que actualmente convivimos, las instituciones financieras, gubernamentales y no financieras presentan exposiciones a diferentes riesgos, por lo cual siempre buscan la manera de identificarlos, medirlos, analizarlos, cuantificarlos, reducirlos, mitigarlos, controlarlos o, en caso de que sea conveniente, sacar el mejor provecho y beneficio de ellos. Córdoba y Agredo (2018) consideran importante mencionar que el término 'riesgo' se refiere a la probabilidad de que un evento ocurra, y se debe diferenciar de la 'incertidumbre' debido a que la incertidumbre se refiere a la imposibilidad de saber con certeza qué podrá ocurrir en el futuro. De acuerdo con L. C. Franco y L. E. Franco (2005), en el ámbito de las finanzas se puede decir que el término 'riesgo' se refiere a la posibilidad de pérdida o ganancia debido a cambios sobre los factores que afectan el valor de un activo. Por esta razón, es importante identificar, medir, analizar y cuantificar los riesgos a los que está expuesto un activo; es decir, una institución financiera o no financiera en el mercado, ya que esto permite tomar decisiones más acertadas y oportunas en condiciones de incertidumbre, puesto que nadie sabe con certeza qué sucederá el día de mañana en el mercado. Sin embargo, al gestionar los riesgos se pueden tener escenarios aproximados o una mejor idea de lo que puede suceder en el mañana.

Otra manera de definir el término 'riesgo financiero' es, según Gaytán (2018), decir que este hace referencia a la pérdida potencial, a la falta de rentabilidad o a la privación de la posibilidad de ingresos adicionales que puede sufrir un portafolio de inversión. Si bien dentro de una organización esto puede ocurrir por diversos factores, generalmente se debe a los siguientes siete riesgos, los cuales conllevan una relación con variables financieras:

1. Riesgo operacional: de acuerdo con Feria (2005), este riesgo se deriva la existencia de anomalías en la infraestructura tecnológica (riesgo tecnológico), de fallos de procesamiento cometidos por errores humanos

(riesgo de ejecución) o de información fraudulenta (riesgo de fraude) respecto a una operación financiera.

2. Riesgo de liquidez: para Gaytán (2018), se puede definir como la pérdida potencial por la imposibilidad de renovar pasivos o de contratar otros en condiciones normales, o por la venta anticipada y forzosa de activos a descuentos inusuales para hacer frente a las obligaciones. En otras palabras, se puede decir que este riesgo es, en realidad, la venta de activos baratos o la obtención de capital a un alto costo.
3. Riesgo legal: Zorrilla (2005) lo define como aquel que proviene fundamentalmente de las carencias legislativas debido a la continua innovación financiera, pero también a la falta de rigor al analizar las posibles limitaciones legales de la actuación de las distintas contrapartidas. De acuerdo con Pacheco (2009), el *Financial Stability Institute (FSI)* define el riesgo legal como el riesgo por contratos impracticables (total o parcialmente), juicios o sentencias adversas, o por procedimientos legales que interrumpan o afecten adversamente a las operaciones o condiciones de las instituciones.
4. Riesgo de lavado de activos y financiación del terrorismo: según Bernal y Enciso (2017), es la posibilidad de que la entidad incurra en pérdidas o daño por ser utilizada directamente o a través de sus operaciones como instrumentos para el lavado de dinero y(o) la canalización de recursos destinados a actividades terroristas.
5. Riesgo reputacional: Vizcaíno (2010) lo define como una acción, evento o circunstancia que pueda afectar a la reputación corporativa de modo adverso o beneficioso. Puede ser considerado como el rango de potenciales pérdidas o ganancias relacionadas con el capital de reputación de una empresa.
6. Riesgo de crédito: de acuerdo con De Lara (2004), es la pérdida potencial que se genera como producto del incumplimiento de las obligaciones de la contraparte o deudor en una operación que incluya un compromiso de pago, ocasionando una disminución el valor de los activos.

7. Riesgo de mercado: según Feria (2005), este riesgo refleja la incidencia de un cambio adverso en las variables de precio de las acciones y en el precio de los *commodities*, los derivados, la tasa de interés y la tasa de cambio, ocasionando una disminución en el valor del portafolio. Franco y Franco (2005), por su parte, han definido el riesgo de mercado como la medida de la relación existente entre los movimientos de los retornos de una compañía y los retornos y comportamientos del mercado al cual esta pertenece, midiendo las fortalezas y capacidades de las empresas para adaptarse a cambios en las variables del mercado.

Cabe decir que este conjunto de riesgos pueden estar enlazados, conectados o relacionados, por lo cual la materialización de uno de ellos puede en ciertas circunstancias ocasionar la materialización de otros; por ejemplo, una organización que cotice en bolsa que tenga problemas con lavados de activos y financiación del terrorismo, obviamente tendrá problemas legales, y su reputación se verá afectada, teniendo como consecuencia que su operación se detenga, ya sea de forma temporal o definitiva, lo que ocasionará que le sea difícil generar ingresos y, por ende, cubrir o cumplir con sus obligaciones; es decir, tendría riesgo de liquidez, y posiblemente incurría en riesgo crediticio, factores todos que afectarían su cotización de precio por acción, lo cual se vería reflejado en el mercado.

Cabe destacar que la historia ha mostrado que este conjunto de siete riesgos, o de algunos de ellos cuando se materializan, han afectado fuertemente y, de hecho, causado la bancarrota de diferentes instituciones financieras y no financieras en todo el mundo. Algunos ejemplos son: Enron, Merck, Lehman Brothers, Odebrecht y, en Colombia, el Grupo Interbolsa, entre otros.

El mercado puede ser un grupo de empresas, un país, una región o un grupo de países, pero en finanzas muchas veces el mercado es una bolsa de valores o un índice bursátil. Un índice bursátil es una canasta donde se agrupan varias empresas o grupos empresariales que cotizan en él.

En Colombia el Icolcap, es el índice principal y está conformado por las 20 acciones más transadas de la Bolsa de Valores de Colombia. En el mundo, de acuerdo con el Instituto Superior de Empresas y Finanzas (2015), entre los índices bursátiles más importantes y representativos se incluyen:

- Nasdaq, el cual está compuesto por más de las 5000 empresas más importantes de tecnología, telecomunicaciones y biotecnología de todo el mundo.
- S&P 500, que está compuesto por las 500 compañías más importantes de Estados Unidos.
- Ibex 35, que contiene las 35 empresas más transadas de España.
- Frankfurt Stock Exchange, la bolsa de valores más importante de Alemania.
- Nikkei 225, que contiene a las 225 empresas más transadas y con más volumen de Japón.
- Bovespa, que es la bolsa de valores de Sao Paulo y la más grande de Latinoamérica.
- DJ Euro Stock 50, que es un índice conformado por los 50 valores más importantes de la zona euro.

Otros conceptos muy importantes de mencionar son la volatilidad y el rendimiento. Para Doporto y Michelena (2011), cuando se habla de volatilidad generalmente esta se la asocia, relaciona y, en algunas ocasiones, se la confunde con riesgo, ya que en finanzas generalmente cuando un activo es muy volátil, es un activo muy riesgoso; pero la volatilidad en finanzas puede apreciarse como la velocidad con la que cambian los precios de un activo. De una manera técnica, se puede definir la volatilidad como los cambios en las tasas de variación de precios en períodos sucesivos de tiempo. Mora, Zamudio y Fuentes (2014) señalan que existe gran volatilidad cuando los precios están aumentando y disminuyendo constantemente. El rendimiento o retorno de un activo se entiende como el cambio de valor que registra el activo en un período determinado, con respecto a un valor inicial.

Existen algunas medidas de riesgo de mercado que vale la pena resaltar, y estas son el valor en riesgo (VaR) y el *expected shortfall* (ES), también conocido como valor en riesgo condicional (CVaR), o pérdida esperada en la cola o exceptiva

condicional de la cola. Kristjanpoller y Barahona (2014) indican que, si bien estas medidas son muy usadas para medir el riesgo de mercado, el valor en riesgo (VaR) también se ha utilizado en la evaluación de proyectos, inversiones, operaciones bancarias, opciones y manejo de portafolios, entre otros. Según Salinas (2009), el valor en riesgo (VaR) permite estimar la máxima pérdida en que podría incurrir una institución financiera o del sector real en el desarrollo de su actividad económica, con un nivel de confianza predeterminado.

Pero, de acuerdo con Franco y Franco (2005), a pesar de que el valor en riesgo es una de las medidas más reconocidas y utilizadas, también ha sido criticada por no cumplir con el principio de subaditividad, también conocido como principio de diversificación, el cual dice que en un portafolio compuesto por diferentes activos que se mueven en diferentes direcciones con respecto al mercado la suma de los riesgos individuales debe ser menor o igual que la del portafolio. Al no cumplir con este principio, el valor en riesgo puede llevar a entender mal o a cometer errores en algunas ocasiones; sin embargo, esta medida es muy importante porque es aplicable a portafolios con instrumentos no lineales, es holística, es probabilística, es simple y es fácil de entender en el contexto financiero, ya que da información útil sobre las probabilidades asociadas a un monto específico de pérdidas en dinero.

Para Franco y Franco (2005), otra gran vulnerabilidad del valor en riesgo VaR es que, a pesar de que este determina la probabilidad de eventos extremos, ignora la severidad de ellos, ya que no proporciona ninguna información sobre el monto de pérdidas que exceden al valor en riesgo VaR, lo cual puede conllevar a resultados en conflicto para diferentes niveles de confianza. En otras palabras, el valor en riesgo no brinda suficiente información sobre los eventos extremos o las colas de la distribución del activo o del portafolio. Es importante resaltar el efecto de las colas, ya que en estas se pueden presentar las pérdidas más severas, y no todas las distribuciones tienen el mismo comportamiento en la cola; algunas colas pueden ser livianas, pero otras pueden ser gruesas o pesadas, por lo cual existe la posibilidad de que los valores que exceden al valor en riesgo puedan conllevar a eventos catastróficos en el caso de materializarse.

Para tratar de corregir este efecto en las colas de las distribuciones y tener un poco más de información sobre ellas y tratar de evitar que se subestime el verdadero valor en riesgo, Franco y Franco (2005) señalan que se ha utilizado la medida del *expected shortfall (ES)*, o valor en riesgo condicional (CVaR). Esta medida proporciona información sobre la magnitud de las pérdidas cuando ellas exceden el VaR. Generalmente, el valor en riesgo condicional se entiende como el promedio ponderado del VaR y las pérdidas esperadas que exceden estrictamente el VaR. Además, es de resaltar que esta medida cumple con el principio de subaditividad, o principio de diversificación.

2.2 Método de solución

Para realizar la medición del riesgo financiero de mercado en instituciones no financieras que cotizan en la Bolsa de Valores de Colombia, primero se seleccionaron cuatro organizaciones: el Grupo Energía Bogotá, el Grupo Argos, el Grupo Ecopetrol y el grupo empresarial Interconexión Eléctrica S.A. (ISA). El Grupo Energía Bogotá (2019) es una multilatina del sector de energía eléctrica y gas natural, que centra su operación en la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, así como en el transporte y distribución de gas natural. El Grupo Argos (2019) es una matriz de inversiones sostenibles en infraestructura, que centra sus negocios en el sector cementero, el sector inmobiliario y el sector de energía, y en concesiones viales y aeroportuarias. (Grupo Argos, 2019) El Grupo Ecopetrol (2019) es la principal compañía petrolera en Colombia, y se dedica a la exploración, producción, transporte, refinamiento y comercio de hidrocarburos, pero también inversiones en energía, gas natural, innovación, ciencia y tecnología. (Grupo Ecopetrol, 2019) El grupo empresarial Interconexión Eléctrica (ISA, 2019) es una multilatina relevante y reconocida en los ecosistemas del sector de energía eléctrica, vías y telecomunicaciones, que se caracteriza por desarrollar negocios basados en la creación de valor sostenible. (Grupo empresarial interconexión eléctrica ISA, 2019)

Se seleccionaron estos grupos empresariales no financieros porque centran sus negocios en sectores de interés nacional tales y como el energético, el de

infraestructura, el de hidrocarburos y el cementero, entre otros; además, se encuentran listados en la Bolsa de Valores de Colombia, donde sus respectivas acciones están entre las más líquidas, las más transadas diariamente y las más representativas del índice Colcap, teniendo en cuenta su ponderación. Así, estos grupos empresariales se encuentran claramente afectados por los movimientos del mercado y las políticas gubernamentales, y por las afectaciones de las tasas de interés, entre otros.

El período en el que realizó la medición está comprendido entre el 19 de enero del 2018 y el 31 de enero del 2019; es decir, 252 días transables. Para estas fechas se tomó del portal *investing.com* el precio que cotizaban las acciones de los grupos empresariales no financieros.

A continuación, en la ilustración 1 se muestran los datos tomados durante el período de medición.

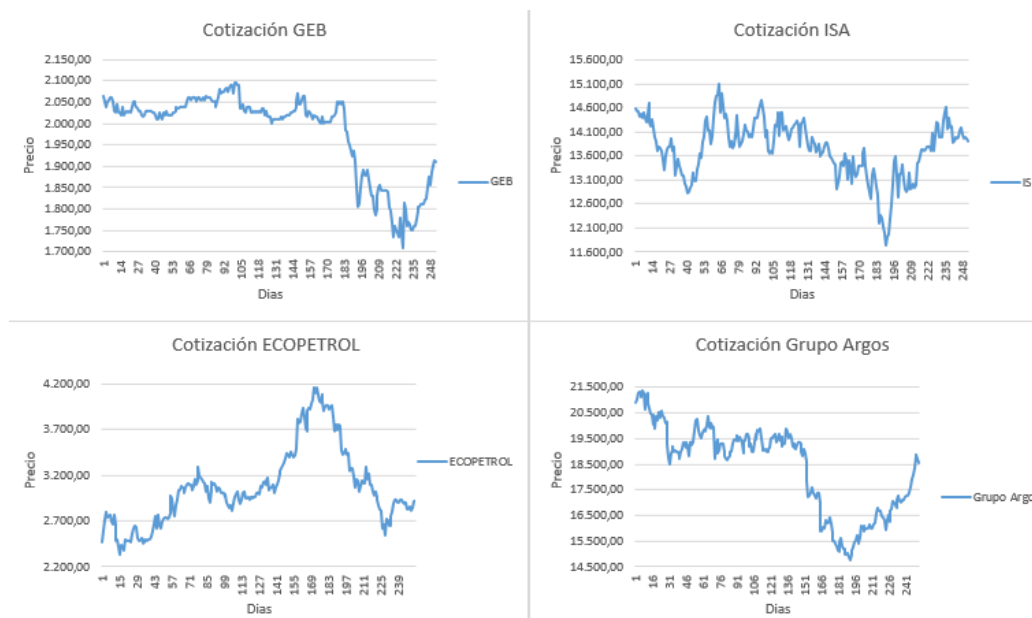


Ilustración 1. Precio de cotización de las diferentes acciones
Fuente: elaboración propia, basada en los datos de *investing.com*

A partir de los precios de cotización se calcularon los retornos o rentabilidades de los grupos empresariales mediante la diferencia logarítmica, como se muestra a continuación en la ecuación 1.

$$\text{Rentabilidad} = \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \quad (1)$$

donde P_2 es el precio de cotización del activo en el segundo día, y P_1 es el precio de cotización del activo en el primer día del período en el cual se realizó la medición, y de la misma manera se realiza para todos los días del período de medición.

Posteriormente, utilizando las rentabilidades de diferentes grupos empresariales se pueden calcular la volatilidad de estas acciones, ya que en finanzas la volatilidad está dada a partir de la desviación estándar de las rentabilidades; esta volatilidad que se determina es diaria, y a continuación se muestra en la ecuación 2.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(r_i - \mu)^2}{N}} \quad (2)$$

donde σ es la desviación estándar, $r_i - \mu$ es la desviación de cada rentabilidad de la media y N es el número de días durante los cuales se tomó la muestra; es decir, 252.

Dado que la volatilidad encontrada anteriormente es diaria, es necesario convertirla en una volatilidad anual. Para ello, se utiliza la regla de la raíz, como se aprecia a continuación en la ecuación 3.

$$\text{Volatilidad anual} = \text{volatilidad diaria} \times \sqrt{N} \quad (3)$$

Para determinar el valor en riesgo VaR y el *expected shortfall* (ES), o valor en riesgo condicional CVaR, se utilizó el método de simulación de Montecarlo, a través de la herramienta Risk Simulator. Risk Simulator es una aplicación que funciona como un complemento de Microsoft Excel, el cual permite realizar en la hoja de Excel simulaciones, optimización, predicciones y análisis estadístico de series de tiempo. En esta herramienta, primero se crea un perfil que permita realizar 10.000

simulaciones teniendo en cuenta el teorema del límite central, que dice que cuando la muestra es muy grande, la distribución de las medias tiende a la distribución normal; luego toma un valor semilla 123456. Es importante decir que este valor semilla es un valor inicial, que garantiza que cuando alguien quiera comprobar los resultados de la simulación, siempre se obtengan los mismos valores. De acuerdo con Salinas (2009), para determinar el VaR se deben crear escenarios de rendimientos o precios de un activo mediante la generación de números aleatorios, suponiendo que el cambio en los precios sigue un comportamiento estocástico acorde con la ecuación 4, que representa el modelo de Wiener.

$$\frac{dr_t}{r_t} = \mu dt + \sigma \varepsilon_t \sqrt{dt} \quad (4)$$

Según Salinas (2009), es bueno resaltar que en el modelo de Wiener se indica que los rendimientos de un activo $\frac{dr}{r}$ están determinados por un componente determinístico μdt y un componente estocástico $\sigma \varepsilon_t \sqrt{dt}$, siendo ε_t una variable aleatoria. Cabe resaltar que, de acuerdo con Rustom (2012), un componente es determinístico porque se tiene certeza de los valores que pueden tener los parámetros; es decir, el resultado de este parámetro está determinado por las condiciones iniciales, y es componente estocástico porque los parámetros son variables aleatorias; es decir, que conllevan a incertidumbre, ya que las condiciones experimentales determinan solamente el comportamiento probabilístico de los resultados posibles. A partir de los diferentes escenarios, se grafica y se obtiene como resultado la distribución de probabilidades del rendimiento de cada activo. La herramienta Risk Simulator ajusta esta distribución de probabilidades de los rendimientos de los activos de acuerdo con la distribución estadística que se aproxime al simular los rendimientos en el período de la medición, utilizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov, porque se tienen 10.000 datos,

A partir de las gráficas de la distribución de probabilidad de los rendimientos de los diferentes activos generadas en Risk Simulator se puede encontrar el valor en riesgo VaR y el valor en riesgo condicional CVaR, estableciendo un nivel de confianza y tomando la cola izquierda en el gráfico generado de las distribuciones

de probabilidad de los rendimientos. Cabe recordar que, según Jiménez y Melo (2014), el valor en riesgo VaR es la máxima pérdida posible en el $\alpha \times 100\%$ de los mejores escenarios o, de manera equivalente, a la mínima pérdida en el $(1 - \alpha) \times 100\%$ de los peores casos, para el período t , siendo α el nivel de confianza.

Como la medición se realizó en instituciones no financieras colombianas, se tuvieron en cuenta las recomendaciones de la Superintendencia Financiera de Colombia (2007), que para calcular el valor en riesgo sugiere utilizar un intervalo o nivel de confianza del 99% de un extremo de la distribución. Así mismo, de acuerdo con Jiménez y Melo (2014), el valor en riesgo condicional CVaR se define como el valor esperado de las pérdidas que exceden el VaR. El CVaR se entiende como el promedio de los retornos en $(1 - \alpha) \times 100\%$ en los peores casos.

En las siguientes ecuaciones (5 a la 8) se muestran las expresiones matemáticas para el valor en riesgo VaR y el valor en riesgo condicional CVaR, con un horizonte de pronóstico de 1 respectivamente.

$$P[r_{t+1} \geq VaR_{t+1|t}^\alpha] = 1 - \alpha \quad (5)$$

$$VaR_{t+1|t}^\alpha = F_r^{-1}(\alpha) \quad (6)$$

$$F_r^{-1}(\alpha) = \inf\{r \in \mathbb{R} : F_r(r) \geq \alpha\} \quad (7)$$

$$CVaR_{t+1|t}^\alpha = E(r_{t+1} | r_{t+1} > VaR_{t+1|t}^\alpha) \quad (8)$$

2.3 Presentación y análisis de resultados

Al aplicar la ecuación 1 a las diferentes series de tiempo de precios de cotización de los grupos empresariales, se determinaron sus respectivas rentabilidades, y se observó que, durante los 252 días del período de la medición, para el Grupo Energía Bogotá la máxima rentabilidad fue 5,959%, la rentabilidad mínima fue de -3,183% y la rentabilidad media fue de -0,031%. Esto indica que, a pesar de que en algunos días el grupo puede obtener rentabilidades positivas, dichas rentabilidades no son suficientes para compensar los días en que tiene rentabilidades negativas, por lo cual la rentabilidad media de este grupo es negativa. Lo anterior sugiere que durante

dicho período este grupo no solo no tendría los beneficios esperados, sino una pérdida del -0,031%.

Para el grupo empresarial Interconexión Eléctrica (ISA), la rentabilidad máxima, la mínima y la media fue de 4,358%, -4,801% y -0,018% respectivamente. Esto indica que ISA durante el período de medición también tuvo en promedio una pérdida esperada de -0,018%, que es menor a la pérdida esperada en promedio del Grupo Energía Bogotá.

El Grupo Ecopetrol presentó una rentabilidad máxima, una mínima y una media de 9,322%, -7,637% y 0,067% respectivamente. Se puede decir que el Grupo Ecopetrol es el único grupo empresarial que tiene un beneficio esperado durante el período de evaluación. Para el Grupo Argos, las rentabilidad máxima, la mínima y la media fue de 3,061%, -6,689% y -0,048% respectivamente. Se puede decir que el Grupo Argos es la organización que obtendría la mayor pérdida esperada media con base en la rentabilidad. En la tabla 1 se muestra el resumen de estos resultados.

Tabla 1. Rentabilidad media, máxima y mínima de los grupos GEB, ISA, Ecopetrol y Argos

Grupo empresarial	GEB	ISA	Ecopetrol	Argos
Rentabilidad media	-0,031%	-0,018%	0,067%	-0,048%
Rentabilidad máxima	5,959%	4,358%	9,322%	3,061%
Rentabilidad mínima	-3,183%	-4,801%	-7,637%	-6,689%

Fuente: elaboración propia.

Después de graficar la rentabilidad de los activos durante los 252 días que se realizó la medición, en la gráfica del Grupo Energía Bogotá se observó que en esta las rentabilidades oscilaban entre valores cercanos; es decir, los cambios de rentabilidad eran leves, independiente de si un día se obtenía una rentabilidad positiva y al día siguiente una rentabilidad negativa. Claramente estos cambios, o la velocidad con la que la rentabilidad cambia de un día para otro, se puede asociar con la volatilidad de este Grupo empresarial. Utilizando la ecuación 2, se determinó

que la volatilidad diaria durante el período de medición fue de 0,830%; aplicando la ecuación 3, se obtuvo que esta volatilidad diaria era equivalente a una volatilidad anual de 13,18%. De la misma manera, se determinó que la volatilidad diaria para el Grupo Argos y el Grupo empresarial Interconexión Eléctrica era de 1,403% y 1,583% respectivamente. El grupo empresarial que presentó los cambios más bruscos en sus rentabilidades de un día a otro fue el Grupo Ecopetrol, lo que da claros indicios de que presenta una mayor volatilidad si se compara de manera relativa con los grupos empresariales mencionados anteriormente. Para el Grupo Ecopetrol la volatilidad diaria fue 2,368%, lo que es equivalente a una volatilidad anual de 37,60%. A continuación, en la ilustración 2 se muestran los gráficos correspondientes a las rentabilidades de los de diferentes instituciones no financieras, y en la tabla 2 se presenta el resumen de volatilidades diarias y anuales de estas instituciones no financieras.



Ilustración 2. Rentabilidades de los grupos GEB, ISA, Ecopetrol y Argos

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Volatilidades de los grupos empresariales GEB, ISA, Ecopetrol y Argos

GEB	ISA	Ecopetrol	Argos	Medida
0,830%	1,583%	2,368%	1,403%	Diaria
13,18%	25,13%	37,60%	22,27%	Anual

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, al realizar las simulaciones de Montecarlo para los diferentes grupos empresariales se observó que en los ajustes de las distribuciones para los grupos Energía Bogotá, Interconexión eléctrica, Ecopetrol y Argos la prueba de Kolmogorov-Smirnov mostró que estas distribuciones no son normales, pero que la distribución que mejor se ajusta a cada una de ellas es Laplace, logística, Laplace y doble logaritmo, respectivamente. Luego con la distribución se determinó que el valor en riesgo VaR para el Grupo Energía Bogotá era del -2,28%. Esto quiere decir que, con un nivel de confianza del 99%, la máxima pérdida esperada para este grupo empresarial es del -2,28% en un día; pero, teniendo en cuenta el número de acciones del grupo empresarial y el precio de cotización del 31 de enero del 2019, se puede decir que es equivalente, en pesos colombianos, a una máxima pérdida esperada de -\$399.821.896.736.

De manera similar, y con el mismo nivel de confianza, se determinó que el valor en riesgo esperado en un día para el grupo empresarial interconexión eléctrica, Grupo Ecopetrol y el Grupo Argos era -4,200%, -7,020% y -3,340% respectivamente. De la misma forma, teniendo el número de acciones de cada grupo empresarial y el precio de cotización del 31 de enero del 2019, estos valores en riesgo esperado para un día con un nivel de confianza del 99%, para los grupos empresariales Interconexión Eléctrica, Ecopetrol y Argos, las pérdidas esperadas, en pesos colombianos, son de -\$647.592.803.948, -\$8.428.264.544.335 y -\$531.398.557.791 respectivamente. Se observa con claridad que el Grupo Ecopetrol es el activo que tiene la máxima pérdida esperada en un día.

En la ilustración 3 se muestra el valor en riesgo para los diferentes grupos empresariales de manera gráfica, obtenido de los gráficos de las distribuciones de probabilidad de las rentabilidades de cada institución no financiera.

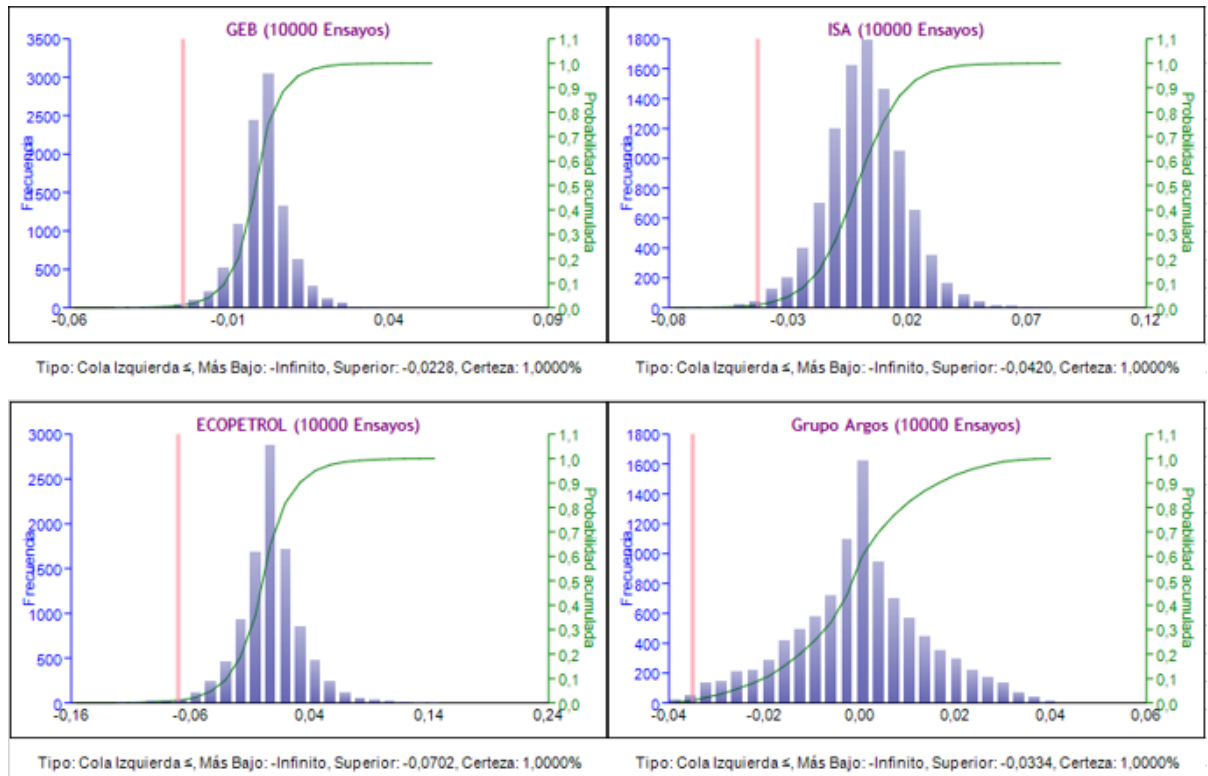


Ilustración 3. Valor en riesgo VaR de grupos empresariales GEB, ISA, Ecopetrol y Argos
Fuente: elaboración propia utilizando Risk Simulator.

Después se determinó el valor de riesgo condicional CVaR, para observar el efecto de las colas de las distribuciones de probabilidad del rendimiento de los diferentes grupos empresariales. Como resultado se encontró que el CVaR para el Grupo Energía Bogotá era una pérdida esperada del -2,84%. Haciendo un procedimiento similar al que se había realizado cuando se encontró el VaR para este grupo, se determinó que el CVaR equivalente era de -\$498.023.766.110,148 en pesos colombianos. Se puede ver que la diferencias entre el CVaR y el VaR en pesos colombianos es de -\$98.201.869.373,832. En otras palabras, el CVaR para el Grupo Energía Bogotá es 1,246 veces mayor que VaR, lo que quiere decir que la pérdidas que exceden el VaR son 1,246 veces mayores. Al determinar el CVaR se está mitigando el riesgo de subvalorar las pérdidas esperadas en un día.

Así mismo, se determinó que el CVaR para los grupos Interconexión Eléctrica (ISA), Ecopetrol y Argos era de -5,150%, -9,100% y -3,560% respectivamente. En pesos colombianos, estos porcentajes equivalen a -\$794.072.128.650,720, -\$10.925.528.113.026,800 y -\$566.400.858.004,480 respectivamente. Si se compara también para estos grupos empresariales cuántas veces el CVaR es mayor que el VaR, se encuentra que es 1,226 veces para Interconexión Eléctrica (ISA), 1,296 veces para Ecopetrol y 1,066 veces para Argos. Claramente se observa que el Grupo Ecopetrol tiene la cola más pesada; es decir, donde los valores extremos de la distribución de probabilidades de las rentabilidades tienen más efecto y, por ende, no deben subestimarse; el Grupo Argos, por el contrario, es la institución en la que sus valores más extremos, o colas, son los que menos se alejan del valor en riesgo; sin embargo, esta diferencia de 1,066 veces es equivalente en pesos colombianos a -\$35.002.300.213,760, la cual es realmente una cifra considerable.

En las ilustraciones 4 a la 7 se muestran los valores en riesgo condicionales para las instituciones no financieras.



Ilustración 4. Valor en riesgo condicional CVaR y estadísticas del GEB

Fuente: elaboración propia utilizando Risk Simulator.



Tipo: Cola Izquierda \leq , Más Bajo: -Infinito, Superior: -0.0420, Certeza: 1.0000%

Ilustración 5. Valor en riesgo condicional CVaR y estadísticas de ISA

Fuente: elaboración propia utilizando Risk Simulator.



Tipo: Cola Izquierda \leq , Más Bajo: -Infinito, Superior: -0.0702, Certeza: 1.0000%

Ilustración 6. Valor en riesgo condicional CVaR y estadísticas de Ecopetrol

Fuente: elaboración propia utilizando Risk Simulator.



Tipo: Cola Izquierda \leq , Más Bajo: -Infinito, Superior: -0.0334, Certeza: 1.0000%

Ilustración 7. Valor en riesgo condicional CVaR y estadísticas del Grupo Argos

Fuente: elaboración propia utilizando Risk Simulator.

De manera holística, luego de determinar qué tan expuestos al riesgo de mercado están los diferentes grupos empresariales, se puede ver que el Grupo Ecopetrol es

el activo que genera más rentabilidad media diaria, pero tiene la mayor volatilidad, el mayor valor en riesgo y la cola más pesada; es decir, sus valores extremos son importantes y considerables y, por ende, es el activo más riesgoso. El Grupo Argos es el que menor rentabilidad media tiene, y las colas de la distribución de probabilidad de rentabilidades no son tan pesadas. El Grupo Energía Bogotá es el activo con menos volatilidad y con el menor valor en riesgo. A pesar de que la teoría dice que a mayor volatilidad de un activo se genera una mayor rentabilidad esperada, en algunas ocasiones también puede implicar un poco de más de riesgo. Aquí es bueno resaltar que esta teoría en el mercado no siempre corresponde a la realidad, y una muestra de ello es que se puede ver que, aunque el Grupo Argos tiene una mayor volatilidad que el Grupo Energía Bogotá, el Grupo Energía Bogotá presenta una mejor rentabilidad media esperada diaria, por lo cual no siempre el riesgo de un activo se puede medir solamente en términos de volatilidad. A veces es necesario utilizar otras medidas, ya que existen muchos factores que puedan afectar a un grupo empresarial en el mercado. Es bueno mencionar que el Grupo Energía Bogotá es el que presenta menos vulnerabilidad al riesgo de mercado, que es el activo que tiene menor volatilidad, y el que presenta el menor valor en riesgo o menor pérdida esperada. A continuación en la tabla 3 se muestra el resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 3. Resumen de los resultados obtenidos por cada grupo empresarial

Grupo empresarial	GEB	ISA	Ecopetrol	Argos
Rentabilidad media	-0,031%	-0,018%	0,067%	-0,048%
Volatilidad diaria	0,830%	1,583%	2,368%	1,403%
VaR	-2,280%	-4,200%	-7,020%	-3,340%
CVaR	-2,840%	-5,150%	-9,100%	-3,560%
Variación CVaR-VaR	-0,560%	-0,950%	-2,080%	-0,220%
Vulnerabilidad al riesgo de mercado*	1	3	4	2
*El 1 se refiere al grupo empresarial que presenta la menor vulnerabilidad, y el 4 al que presenta la mayor vulnerabilidad.				

Fuente: elaboración propia.

3. Conclusiones

Al determinar las medidas de riesgo financiero de mercado se concluye que la acción que presenta mayor volatilidad la tiene el Grupo Ecopetrol, seguida del Grupo empresarial Interconexión Eléctrica (ISA), del Grupo Argos y del Grupo Energía Bogotá (GEB), en el respectivo orden. En cuanto a la rentabilidad media, la única organización que presenta una rentabilidad positiva es el Grupo Ecopetrol. Las otras tres organizaciones presentan rentabilidades medias negativas, siendo el Grupo Argos el de la acción con menor rentabilidad media durante el período de evaluación. En cuanto al valor en riesgo con un nivel de confianza del 99%, se puede decir que la organización que presenta una mayor pérdida esperada porcentual con respecto a su posición en el mercado es el Grupo Ecopetrol, con un VaR del -7,02%, y a su vez es la organización en la cual se observó un mayor efecto en su cola, ya que su *expected shortfall (ES)* es del -9,1% con respecto a su posición. En esta medición se verifica que, a partir de todas las medidas anteriores, el Grupo Ecopetrol es el activo más riesgoso, el que presenta mayor volatilidad y un valor en riesgo porcentual que genera una mayor pérdida esperada, y es un activo en donde las colas hacen mucho más efecto; sin embargo, es el activo que más rentabilidad media presenta.

A pesar de que generalmente se espera que a mayor volatilidad de un activo este genere una mayor rentabilidad esperada, esto no corresponde siempre a la realidad, por lo cual a la hora de hablar de riesgo es mejor efectuar varias medidas de riesgo con diferentes modelos, con el fin de observar el comportamiento de una institución de una manera más detallada, ya que hay numerosos factores que pueden afectar el comportamiento de una institución en el mercado, y una sola medida no bastaría ni sería tan eficaz para modelar el riesgo.

4. Referencias bibliográficas

Bernal, B., y Enciso, A. (2017). *Gestión del riesgo y competitividad de las cooperativas financieras en Colombia* [tesis de grado]. Universidad de la Salle,

- Bogotá. Recuperado de <http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/29060>
- Córdoba, L., y Agredo, L. (2018). Análisis del riesgo financiero de impago en las pymes del sector manufacturero de Colombia, subsector elaboración de alimentos. *Science of Human Action*, 3(1), 34-64. <https://doi.org/10.21501/issn.2500-669X>
- De Lara, A. (2004). *Medición y control de riesgos financieros* (3ª ed.). México: Limusa.
- Doporto, I., y Michelena, G. (2011). La volatilidad de los precios de los *commodities*: el caso de los productos agrícolas. *Revista del CEI. Comercio Exterior e Integración*, 19, 35-53. Disponible en <http://www.cei.gov.ar/userfiles/revista19.pdf>
- Feria, J. (2005). *El riesgo de mercado: su medición y control*. Madrid: Delta. Recuperado de https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=tTh7jxbSxVUC&oi=fnd&pg=PR5&dq=feria+dominguez&ots=EvRIyO4Bfr&sig=Z83knFdWpynA1EtydTqhftcjtjk&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Franco, L. C., y Franco, L. E. (2005). El valor en riesgo condicional CVaR como medida coherente de riesgo. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 4(6), 43-54. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/750/75040604.pdf>
- Gaytán, J. (2018). *Mercados y Negocios*, 1(38), 123-136. Recuperado de <http://www.revistascientificas.udg.mx/index.php/MYN/article/viewFile/7274/pdf>
- Grupo Argos (2019). *Quiénes somos*. Recuperado de <https://www.grupoargos.com/es-es/Quienes-Somos>
- Grupo Ecopetrol (2019). *Lo que Hacemos Información*. Recuperado de <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/nuestra-empresa/quienes-somos/lo-que-hacemos/lo-que-hacemos-informacion>
- Grupo empresarial Interconexión Eléctrica - ISA (2019). Nuestra Compañía.

Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P. -ISA-. Recuperado de <http://www.isa.co/es/nuestra-compania/Paginas/default.aspx>

Grupo Energía Bogotá - GEB (2019). ¿Quiénes somos? Recuperado de <https://www.grupoenergiabogota.com/informacion-corporativa/quienes-somos2>

Instituto Superior de Empresas y Finanzas - ISEFi (28 de mayo, 2015). *¿Cuáles son los principales índices bursátiles del mundo?* Recuperado de <https://isefi.es/cuales-son-los-principales-indices-bursatiles-del-mundo/>

Jiménez, A., y Melo, L. (25 de julio, 2014). Modelación de la asimetría y curtosis condicionales: una aplicación VaR a series colombianas. *Borradores de Economía*, 834. Disponible en <http://www.banrep.gov.co/es/borrador-834>

Kristjanpoller, W., y Barahona, A. (2014). Backtesting del valor en riesgo para los mercados bursátiles y de divisas latinoamericanas. *Investigacion Económica*, 73(287), 37-60. [https://doi.org/10.1016/S0185-1667\(14\)72606-2](https://doi.org/10.1016/S0185-1667(14)72606-2)

Mora, J., Zamudio, A., y Fuentes, H. (2014). Volatilidad e interdependencia en los precios agrícolas a partir de un modelo GARCH multivariado. *Análisis Económico*, 72(29), 35-56. Disponible en www.analisiseconomico.azc.uam.mx/index.php/rae/article/download/101/97

Pacheco, D. (2009). Riesgo Operacional: Conceptos y Mediciones. *Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras Chile - SBIF*. Recuperado de http://sbif.cl/sbifweb/internet/archivos/publicacion_8511.pdf

Rustom, A. (2012). *Estadística descriptiva, probabilidad e inferencia. Una visión conceptual y aplicada*. Departamento de Economía Agraria, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago de Chile. Disponible en http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120284/Rustom_Antonio_Estadistica_descriptiva.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Salinas, J. (2009). Metodologías de medición del riesgo de mercado. *Innovar*, 19(34), 187-199. Disponible en

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/innovar/article/view/21641>

Superintendencia Financiera de Colombia (2007). Capítulo XXI. Reglas relativas al sistema de administración de mercado. Circular externa 051 del 2007. *Circular Básica Contable y Financiera (Circular Externa 100 de 1995)*. Disponible en <https://www.superfinanciera.gov.co/jsp/Publicaciones/publicaciones/loadContenidoPublicacion/id/15466/reAncha/1/c/00>

Vizcaíno, M. (2010). Riesgo de reputación: Revisión teórica y aproximación a su valoración. *Revista Galega de Economía*, 19(1), 1-18. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39113124010>

Zorrilla, J. (2005). Globalización, incertidumbre y riesgo. *Intagible Capital*, 9(1), 1-17. Disponible en <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/2916/Globalizaci%C3%B3n,%20incertidumbre%20y%20riesgo.pdf>