



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

*La Universidad Católica de Loja*

## **ÁREA ADMINISTRATIVA**

### **TITULO DE INGENIERO EN ADMINISTRACIÓN EN BANCA Y FINANZAS**

**Valor en Riesgo de una cartera de inversión de 15 empresas del sector  
servicios - subsector camionaje en el periodo 2005-2015.**

TRABAJO DE TITULACIÓN

**AUTORA:** Burguan Pullaguari, Diana Elizabeth

**DIRECTOR:** Cueva Cueva, Diego Fernando, Mgtr.

LOJA - ECUADOR

2018



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

2018

## **APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Magister

Diego Fernando Cueva Cueva

### **DOCENTE DE LA TITULACIÓN**

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: Valor en Riesgo de una cartera de inversión de 15 empresas del sector servicios- subsector camionaje en el periodo 2005-2015, realizado por Burguan Pullaguari Diana Elizabeth ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presente del mismo.

Loja, septiembre de 2018

f).....

## DECLARACIÓN DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo Burguan Pullaguari Diana Elizabeth declaro ser autor (a) del presente trabajo de titulación Valor en Riesgo de una cartera de inversión de 15 empresas del sector servicios- subsector camionaje en el periodo 2005-2015, de la titulación de Administración en Banca y Finanzas, siendo Cueva Cueva Diego Fernando director (a) del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimiento y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estado Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de los investigadores, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad.

f).....

Autora: Burguan Pullaguari Diana Elizabeth

Cédula: 1104320286

## **DEDICATORIA**

Agradezco primeramente a Dios por darme vida, salud y guiar mis pasos para cumplir uno más de mis propósitos. A mi maravillosa madre Nanci Burguan que con su amor, apoyo, comprensión incondicional y ayuda ha sido posible alcanzar este éxito. A mis tíos y primos por ser fuente de motivación constante y confiar siempre en mí. A mis abuelitos quienes son la mejor parte de mi vida por brindarme todo su amor y permitirme ser parte de su orgullo.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi madre de manera muy especial por proporcionarme todo para alcanzar mis metas, a mi familia por creer en mí y gracias a Dios por permitirme vivir y disfrutar de cada día. A mi director de tesis por cada detalle y momento dedicado durante este proyecto. Así mismo agradezco a todas las personas que fueron participes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta. Finalmente gracias a mi Universidad por haberme permitido formarme en ella y llegar a ser una profesional al servicio de la sociedad.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
INDICE DE CONTENIDO.....	vi
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I.....	5
1.1 Mercados financieros.....	6
1.1.1 Características.....	6
1.1.2 Clasificación.....	6
1.1.3 Riesgo y rendimiento.....	7
1.2 Teoría de carteras.....	8
1.2.1 Teoría de Selección de carteras de Markowitz.....	8
1.2.1.1 <i>Hipótesis básicas del modelo</i> .....	9
1.2.1.2 <i>Modelo matemático</i> .....	9
1.2.2 Modelo de Sharpe.....	12
1.2.2.1 <i>Planteamiento</i> .....	12
1.2.3 Modelo de Valoración de Activos de Capital “CAPM”.....	13
1.2.3.1 <i>Planteamiento del modelo</i> .....	14

1.2.3.2	<i>Modelo matemático.</i>	14
1.2.3.3	<i>Hipótesis del modelo.</i>	15
1.2.4	Línea de Mercado de capitales, CML.	15
1.2.4.1	<i>Hipótesis del modelo.</i>	16
1.2.4.2	<i>Modelo matemático.</i>	16
1.2.5	Línea de mercado de títulos, SML,	17
1.2.6	Teoría de valoración por arbitraje, APT.	18
1.2.6.1	<i>Planteamiento del modelo.</i>	18
1.2.6.2	<i>Hipótesis del Modelo de Valoración por Arbitraje, APT.</i>	19
CAPÍTULO II.....		20
2.1	Valor en riesgo (VaR	21
2.1.1	Metodología de medición VaR.....	22
2.1.1.1	<i>Método Histórico.</i>	23
2.1.1.2	<i>Varianza- Covarianza</i>	24
2.1.1.3	<i>Modelo Montecarlo.</i>	25
2.2	Estudios previos respecto de VaR.....	25
2.2.1	Desarrollo de estudios previos	26
CAPÍTULO III.....		32
3.1	Tipo y diseño de investigación	33
3.2	Unidad de análisis	33
3.3	Tratamiento de los datos	33

CAPÍTULO IV .....	36
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	36
BIBLIOGRAFÍA.....	44
ANEXOS.....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estudios de carteras de inversión .....	29
Tabla 2 Empresas que componen carteras de inversión.....	33
Tabla 3 Cálculo de los pesos mediante los tres métodos de estimación .....	38
Tabla 4 Estimación de las carteras de inversión en sus tres determinaciones .....	39
Tabla 5 Matriz de varianza poblacional.....	49
Tabla 6 Matriz de varianza muestral .....	49

## RESUMEN

El trabajo se centra en la implementación del modelo utilizando la metodología de Varianza- Covarianza para 15 activos del sector de camionaje, cuyo horizonte temporal es de diez años, 2005- 2015. Para el desarrollo del trabajo se empleó los rendimientos diarios de los activos a los que se aplicó la maximización de la rentabilidad, minimización del riesgo y maximización del ratio Sharpe.

Los principales resultados destacaron que el incremento de activos en la cartera no modifican sustancialmente el riesgo ni el rendimiento. Por ende, se determinó que la cartera de 5 activos es la que presenta mejores estimaciones al evaluar el riesgo y rendimiento.

Además los resultados reflejaron que las estimaciones del VaR de Varianza-Covarianza son mayores a las dadas por el VaR Histórico. A pesar de ello, cuando se minimiza el riesgo las carteras de 10 y 15 arrojan un nivel más bajo de pérdida. Para la cartera de 5 activos, se logra disminuir las pérdidas, pero con la maximización del ratio Sharpe.

**PALABRAS CLAVE:** Valor en riesgo, Varianza-Covarianza, cartera de inversión, activo financiero.

## **ABSTRACT**

The work focuses on the implementation of the model using the variance-covariance methodology for 15 assets of the trucking sector, whose time horizon is ten years, 2005-2015. For the development of the work, the asset surrenders were used, which were applied to maximizing profitability, minimizing risk and maximizing the Sharpe ratio.

The main results that increase the assets in the portfolio do not modify the risk or performance. Therefore, it was determined that the portfolio of 5 assets is the one that improved the risk and yield evaluation.

In addition, the results reflect that the VaR estimates of Variance - Covariance are higher than those given by the Historical VaR. Although, when the risk is minimized, the portfolios of 10 and 15 show a lower level of loss. For the portfolio of 5 assets, the decrease will be reached, but with the maximization of the Sharpe ratio.

**KEYWORDS:** Value at risk, Variance-covariance, investment portfolio, financial asset.

## INTRODUCCIÓN

Los mercados de valores como los mercados bursátiles tienen comportamientos impredecibles debido a que están expuestos a factores externos que causan impacto en las bolsas y son más drásticos por el efecto de la globalización en la que están inmersos. La complejidad de estos mercados debe solventarse mediante el desarrollo y aplicación de modelos que, a través de diferentes escenarios, estimen las pérdidas de las inversiones.

El Valor en Riesgo nace como medida de estimación del riesgo, centrando su interés en el riesgo de mercado por los cambios en los precios del mercado financiero que reduce el valor de una cartera.

Hasta el momento se han propuesto diversas metodologías para la medición del riesgo de mercado siendo el Valor en Riesgo (VaR) el modelo más aceptado, ya que las metodologías previas son variantes de estudios paramétricos y no paramétricos (Gómez, Giraldo, & Prins, 2015).

Para el presente estudio se ha considerado desarrollar la metodología de Valor en Riesgo (VaR) a través de la Varianza- Covarianza de un portafolio de inversión.

El propósito del mismo es determinar la rentabilidad y riesgo de una cartera de inversión. Para ello, se parte de un portafolio de inversión cuyo horizonte temporal es 2005-2015 y que está conformado por acciones de 15 empresas que cotizan en bolsas de Valores mundiales para aplicar el método VaR. Así mismo se midió el desempeño de las 3 carteras de inversión con la maximización de la rentabilidad, minimización del riesgo y la maximización del ratio Sharpe para la obtención de los resultados.

El trabajo está estructurado en cuatro capítulos, articulados de la siguiente manera: el primer capítulo contiene las bases teóricas sobre las que se sienta el modelo como las teorías de carteras y los mercados financieros. El siguiente capítulo se centra en el fundamento teórico del Valor en Riesgo, la metodología de medición y estudios previos que han aplicado el modelo. Después de la explicación teórica se procede a realizar una descripción detallada de la metodología utilizada y el tratamiento de los datos.

En el capítulo cuarto se describen los principales resultados de la investigación analizados a partir de dos tablas, en adición dentro del capítulo se halla la discusión de

los resultados. Una vez culminado el análisis y discusión de resultados se sintetizan las principales conclusiones y recomendaciones ajustadas a los objetivos propuestos para la investigación.

**CAPÍTULO I**  
**TEORÍA DE CARTERAS**

La importancia del desarrollo del capítulo radica en el conocimiento de las ideas principales y generales que permiten una mejor comprensión y posterior análisis del tema expuesto. Por ello, en este primer capítulo se exponen los conceptos y teorías fundamentales que han sentado las bases para estudios contemporáneos, como el presente trabajo de fin de titulación.

## **1.1 Mercados financieros**

La importancia de los mercados financieros radica en la significancia que tiene en la asignación de recursos entre los agentes económicos; así pues Mascareñas (2013), lo define como aquellos lugares físicos o virtuales dónde se intercambian productos, entendidos como bienes o servicios, y factores como capital o trabajo que se canalizan a los distintos sectores productivos.

Autores como Calvo, Parejo, Rodriguez, & Cuervo (2014), Mishkin (2014) y Martínez & Martínez (2016) entre otros, señalan que los mercados financieros poseen ciertas características y una estructura sobre la que se desarrollan los mercados financieros.

### **1.1.1 Características.**

- Transparencia puesto que ofrecen información accesible para todos.
- Libertad en la negociación entre oferentes y demandantes y sin barreras de entrada o salida del mercado.
- Profundidad ya que se incrementa con el número de participantes en el mercado.
- Amplitud según el número de operaciones que se realicen esto disminuye las oscilaciones al incrementarse el número de activos y;
- Flexibilidad que por los constantes cambios en la economía requieren continuas reacciones del mercado en busca del precio de equilibrio de un activo.

### **1.1.2 Clasificación.**

La clasificación de los mercados que Martínez & Martínez (2016) propone se da de acuerdo a dos aspectos:

- Según la función de los activos distingue tres categorías:

- Mercado monetario: conjunto de mercados donde se intercambian activos financieros a corto plazo, con bajo riesgo y alta liquidez y rentabilidad (...).
- Mercado de capitales: conjunto de mercados de los activos financieros negociables y de amortización a medio y largo plazo, incluyéndose generalmente aquí los de plazo superior a un año. También se distinguen los mercados de renta fija (...) y mercado de renta variable (...).
- Mercado de crédito: crédito y préstamos de diferente plazo, garantía, objetivo y tipos de interés (fijo o variable) concedidos por instituciones financieras bancarias o entidades de crédito.
- Según la actividad o funcionamiento se distinguen cuatro categorías:
  - Mercados de búsqueda directa: oferentes y demandantes de activos financieros realizan las transacciones sin la intervención de los intermediarios.
  - Mercado de comisionistas: las operaciones se realizan a través de los brokers o agentes especializados que cobran por comisión.
  - Mercados de mediadores: las transacciones se realizan a través de mediadores que independientemente compran y venden activos financieros.
  - Mercados de subasta: aquel en el que se realiza una oferta y demanda competitiva al ser realizadas al mismo tiempo, se dice que funciona como mercado primario y secundario. (p. 310)

Por su parte Mishkin (2014) concreta que en el mercado financiero los fondos convergen de los prestamistas-ahorradores a los prestatarios-gastadores mediante mecanismos de financiamiento directo e indirecto. En adición, estos mercados ofrecen a los inversores amplias posibilidades para realizar transacciones de deudas como de capital, teniendo en cuenta el riesgo soportado y rendimiento esperado Block, Hirt, & Danielsen (2013).

### **1.1.3 Riesgo y rendimiento.**

Desde el punto de vista de Sequeda (2014) el riesgo es la incertidumbre sobre la inversión realizada. Esta variable se ve fuertemente influenciada por factores exógenos a la empresa, de modo que se puede identificar dos tipos de riesgo. El riesgo sistemático es aquel desencadenado por las condiciones económicas en general y que influirá en el desempeño de todos los activos sin distinción. Por otra

parte, el riesgo no sistemático afecta únicamente a un activo en concreto y éste podrá ser mitigado por los rendimientos de otros activos dentro de la cartera de inversión.

Sobre el rendimiento Buenaventura (2016) postula que es entendido como la ganancia o pérdida sobre la inversión. Entonces, la rentabilidad de un activo en un periodo determinado es el beneficio generado durante dicho periodo dividido entre la inversión realizada.

De acuerdo con la afirmación de López (2013) el riesgo estará presente en la negociación de cualquier activo, según sea de renta fija o renta variable. Sin embargo, los inversionistas frecuentemente buscan un equilibrio entre el riesgo y rendimiento, motivándolos a buscar fuentes de información histórica o modelos para evaluar el nivel de riesgo al que se exponen y estructurar un mecanismo para mitigarlo.

## **1.2 Teoría de carteras**

Teniendo en cuenta a Pérez (2013) destaca que la teoría de carteras es el pilar fundamental en la gestión de carteras eficientes y cuyos aportes elementales se basan principalmente en las teorías de Markowitz y Sharpe. El planteamiento de la teoría se basa en la correcta relación entre el riesgo y rendimiento en la estructura de una cartera eficiente que determine la mejor inversión.

### **1.2.1 Teoría de Selección de carteras de Markowitz.**

La teoría desarrollada por Markowitz (1952) sentó las bases como referente teórico de la teoría moderna de selección de carteras y derivaciones que posteriormente se hicieron de ésta. Antes de su aparición, el comportamiento racional de los inversores los guiaba a seleccionar activos que maximicen la rentabilidad de la inversión seleccionando solo aquellos cuyo retorno sea el mayor.

Sin embargo, después se concreta que a pesar del éxito teórico no tuvo la misma acogida a nivel práctico; gran parte de este desmarque se debe a la complejidad del modelo, las hipótesis sobre las que se sienta y que los datos históricos utilizados derivan en portafolios concentrados en pocos títulos compuestos por una alta rentabilidad, baja correlación y mínima varianza (Hernández, 2017).

### **1.2.1.1 Hipótesis básicas del modelo.**

De entre los supuestos fundamentales bajo los cuales Markowitz (1952) desarrolla su teoría se identifican los siguientes:

- El inversor debe maximizar los rendimientos esperados y considerar la varianza como algo no deseable.
- En la elección de la cartera el inversor debe maximizar la capitalización de los rendimientos futuros.
- La volatilidad será considerada mediante la varianza y covarianza.
- Los mercados son perfectos
- El inversionista debe diversificar sus fondos para construir un portafolio óptimo.
- La cartera eficiente será aquella que entre las demás brinde el máximo rendimiento esperado y mínima varianza (77-79).

De la misma manera, autores como Bejarano, Mario, & Díaz (2013) entre otros, hacen referencia a estos supuestos como base fundamental en la construcción de portafolios eficientes, teniendo en cuenta la complejidad del modelo en la práctica.

Por otro lado, Markowitz (1952) en la búsqueda de una cartera eficiente plantea el concepto de frontera eficiente, a través de la cual busca todas las posibles combinaciones de diferentes activos para conformar carteras con el mínimo riesgo y varianza.

### **1.2.1.2 Modelo matemático.**

Con base en los supuestos establecidos previamente, Markowitz (1952) desarrolla su modelo en cuatro etapas:

- Definir las posibilidades de inversión mediante el análisis de los activos con riesgo y los rendimientos esperados de las carteras.
- Calcular la frontera eficiente como medio para la selección de la cartera más eficiente.
- Concretar las preferencias del inversor de acuerdo al grado de aversión al riesgo.
- Determinar la cartera óptima de acuerdo al grado de aversión al riesgo y la frontera eficiente.



$$G = (E_g, \sigma_g); J = (E_j, \sigma_j); E_j = \text{Máximo } (E_1, E_2, E_3, \dots, E_n) \quad (1)$$

Por ello, para cualquier cartera eficiente se demuestra que:

$$\begin{aligned} E_G &\leq E_P \leq E_j \\ \sigma_G &\leq \sigma_P \leq \sigma_j \end{aligned} \quad (2)$$

Así, todas las carteras que se hallen fuera de la frontera eficiente serán ineficientes.

García (2013) plantea que el cálculo de las carteras eficientes se puede dar por medio de dos procedimientos:

a) Minimizando el riesgo para distintos niveles de rentabilidad:

$$\begin{aligned} \text{Minimizar } \sigma_p^2 &= X'SX \\ E_p &= E^*_p; \sum_i^n x_i = 1; x_i \geq 0 \end{aligned} \quad (3)$$

b) Maximizando la rentabilidad para distintos niveles de riesgos:

$$\begin{aligned} \text{Maximizar } E_p &= X'E \\ \sigma_p &= \sigma^*_p; \sum_i^n x_i = 1; x_i \geq 0 \end{aligned} \quad (4)$$

De acuerdo con lo expuesto, el nivel de riesgo,  $\sigma^*_p$  ha de verificar:  $\sigma_G \leq \sigma^*_p \leq \sigma_j$  (p. 199)

Además, García (2013) incide en que para el caso de un portafolio de inversión el riesgo está medido por medio de la desviación estándar del rendimiento. De modo que si la inversión obtiene una varianza menor, de la misma manera se presentará el riesgo. Por tanto, si en una determinada cartera algunos títulos se sustituyen por otros de igual rentabilidad y riesgo pero con una menor covarianza el rendimiento esperado no se modificará y el riesgo total de la cartera disminuirá y; que a medida que la

covarianza de los activos sea negativa la disminución será aún mayor (Martínez, 2016).

### **1.2.2 Modelo de Sharpe.**

El modelo creado por Sharpe (1966) parte de la teoría de Selección de Portafolios de Markowitz, aplicando el concepto de Beta de mercado cuyo comportamiento es más eficiente en entornos de alta correlación.

Sostiene Sharpe (1966) que mediante su modelo se realiza un contraste entre el excedente del rendimiento a un tipo de interés libre de riesgo con el escogido para formar el fondo de inversión. Al mismo tiempo, los inversionistas obtienen una clasificación de las carteras en función del resultado de la gestión del riesgo.

Sin embargo, aunque por su sencillez el modelo se haya posicionado como uno de los más empleados en la evaluación el desempeño de inversiones y fondos de inversión al permitir comparar los resultados con otros tipos de estrategias de inversión; también tiene debilidades, ya que no toma en consideración la distribución de los excesos de retornos y las características de su volatilidad, es decir, si un inversionista tiene una alta volatilidad no supone algo malo pero el modelo de Sharpe no lo diferencia y castiga la volatilidad en su fórmula ( Contreras, Stein, & Arenas, 2015).

#### **1.2.2.1 Planteamiento.**

Para el cálculo del ratio de Sharpe desde la posición de Gomero (2014) refiere que se debe realizar una ponderación de los activos en función de la rentabilidad que nos ofrece cada uno de ellos a un nivel de riesgo. Dicho de otro modo, con el modelo de Sharpe si el inversionista desea un índice elevado deberá estructurar una cartera poco riesgosa a través de activos de nula correlación, ya que alcanzará una desviación típica menor e incrementará la rentabilidad del mismo.

Sin embargo, si el inversor estructura su portafolio con activos cuya prima de riesgo es alta y baja desviación típica obtendrá una rentabilidad que aseguraría la ganancia esperada por el inversionista.

Así mismo, el ratio indica que cuanto mayor sea, mayores serán las ganancias con respecto al riesgo asumido en la inversión. Si al añadir un activo libre de riesgo a la cartera el ratio es negativo indicará que la rentabilidad es menor a la esperada en una

inversión sin riesgo y, finalmente si la desviación es mayor el inversor asumirá un mayor riesgo, traduciéndose los resultados de estos indicadores en un componente esencial (Ruben, 2017).

En adición, Gomero (2014) sugiere que esta herramienta además de guiar al inversor, permite comparar de entre varias carteras la que mejor se ajusta al riesgo-rendimiento, debido a que presentará un mayor ratio Sharpe. Cuando el ratio Sharpe muestra al inversor hasta qué punto el retorno de la inversión compensa el riesgo éste podrá evaluar la calidad de su cartera, relacionando la rentabilidad y el riesgo.

En este punto el ratio Sharpe viene dado por:

$$RS = \frac{R_p - R_f}{\sigma(R_p - r_f)} \quad (5)$$

Donde:

RS: es el ratio de Sharpe que equivale al rendimiento del portafolio.

R: es el rendimiento

r: es la rentabilidad sin riesgo

$\sigma$ : es la desviación de los retornos

### 1.2.3 Modelo de Valoración de Activos de Capital “CAPM”.

El modelo de Valoración de Activos de Capital fue desarrollado en la década de 1960 por William Sharpe, tomando también como apoyo el modelo de Markowitz (1952). De ahí que se considere al CAPM simple en sus principios y de fácil aplicación, haciéndolo un modelo ampliamente utilizado en el ámbito financiero (Izar, 2013).

Por otro lado, desde la postura de Mascareñas (2012) afirma que los problemas prácticos que presenta el CAPM es resultado de los fallos teóricos que nacen de los supuestos en los que se basa. Al mismo tiempo expone las debilidades de la beta para vaticinar el rendimiento de un activo o cartera que lleva a señalar al modelo como poco fiable y no sólo por los supuestos alejados de la realidad si no por proporcionar una tasa de rendimiento inexacta. Sin embargo, llega a determinar que a pesar de no ser un método preciso en sus estimaciones es la mejor opción que hay al momento de jerarquizar proyectos puesto que hasta el momento no hay una mejor alternativa al CAPM.

### **1.2.3.1 Planteamiento del modelo.**

La teoría expuesta por Sharpe (1966) considera que el rendimiento del activo está determinado por dos factores, la tasa de interés libre de riesgo y el rendimiento del portafolio teórico, de acuerdo a la correlación de la volatilidad entre el rendimiento del activo y del portafolio.

Para el desarrollo del modelo Sharpe (1966) se apoya en datos históricos y vincula los rendimientos esperados con el riesgo no diversificable medido a través del coeficiente beta, entendido como la sensibilidad que tienen los movimientos del rendimiento del mercado frente al cambio del rendimiento de un activo. De modo que los rendimientos requeridos, especificados por el modelo, se tomarán como aproximaciones y cuanto mayor sea este coeficiente mayor será la prima de riesgo exigida por los inversores (Gitman & Zutter, 2016).

Como postula Sequeda (2014) el objetivo del modelo es obtener la cartera más eficiente optimizando y determinando el porcentaje de inversión de cada uno de los activos que la conforman. Por ello, establece la fórmula precisa agregando el parámetro beta como índice del riesgo de mercado, puesto que mide la sensibilidad del activo. En este sentido, es importante hacer énfasis en la importancia del beta como protagonista del modelo al considerar el riesgo no diversificable.

En complemento, el modelo CAPM es útil para determinar el rendimiento de un activo sumándole una prima de riesgo al activo sin riesgo. Es decir, que por la exposición al riesgo el rendimiento del mercado es mayor al rendimiento libre de riesgo (Mascareñas, 2012).

### **1.2.3.2 Modelo matemático.**

Así mismo, Fernández (2013) menciona dos postulados básicos que se derivan del modelo primero, la relación directa entre la beta y la prima de riesgo del activo, es decir, que a medida que la beta va aumentando del mismo modo se incrementará la prima de riesgo y; segundo la pendiente es igual a la prima de riesgo y la ordenada al origen nula.

Por tanto, Sequeda (2014) expresa que el cálculo de modelo de valoración de activos viene dado por la siguiente fórmula:

$$R = R_f + \beta * (R_m - R_f) \quad (6)$$

Donde:

R : es el rendimiento esperado de la cartera

$R_f$ : es la tasa libre de riesgo

$\beta$ : es la beta del instrumento ( grado de sensibilidad)

$(R_m - R_f)$ : es la diferencia entre el riesgo esperado y la tasa libre de riesgo

### **1.2.3.3 Hipótesis del modelo.**

En consecuencia, para el desarrollo del modelo Fernández (2013) plantea los supuestos bajo los cuales opera:

- Los inversores diversifican para obtener carteras eficientes
- Los inversores tiene aversión al riesgo
- El riesgo es medido por la desviación estándar de los rendimientos
- Los activos están sujetos a variables macroeconómicas
- Los inversionistas no pagan impuestos sobre la transacción de los activos.
- Los inversores tienen expectativas homogéneas
- No hay inflación

### **1.2.4 Línea de Mercado de capitales, CML.**

La línea de mercado de capitales, CML, desarrollada por Sharpe en 1966, expone que el mercado solo remunera el riesgo sistemático basándose en la nulidad del riesgo específico en la relación de una cartera eficiente y su riesgo sistemático.

A juicio de Pérez (2014) se trata de la línea en la cual se ubican todas las carteras eficientes, con la misma pendiente, mientras que las que no lo sean se ubican por debajo de ella. Se trata pues de encontrar la combinación óptima medida a través de la desviación estándar, entre activos libres de riesgo y la cartera de mercado, de modo que la frontera eficiente se moverá a través de la línea de mercado de capitales.

#### **1.2.4.1 Hipótesis del modelo.**

Mascareñas (2012) destaca que los supuestos bajo los cuales la línea de mercado de capitales se desarrolla además de los expuestos en el modelo CAPM son:

- Los inversores toman sus decisiones con base en información que les da unas expectativas son homogéneas en relación al riesgo y rendimiento.
- El inversor distribuye su presupuesto entre activos libres de riesgo y cartera de mercado arriesgada para el endeudamiento o préstamo.
- El precio del tiempo es el tipo de interés nominal sin riesgo dado por esperar o retrasar su consumo.
- Todos los inversores tienen la misma tasa libre de riesgo.
- El precio del riesgo es la asociación entre el riesgo y rendimiento.

#### **1.2.4.2 Modelo matemático.**

Citando a García (2013) “La ecuación de la línea de mercado de capitales expresa la relación entre la rentabilidad de las carteras eficientes y su riesgo sistemático, por lo que, en equilibrio todos los inversores escogerán un punto situado en dicha línea” (p. 349).

$$E(R_x) = R_f + (E(R_m) - R_f)\sigma_x \quad (7)$$

Donde:

$E(R_x)$ : es la combinación del mercado sin riesgo con la cartera eficiente M.

$R_f$ : es la tasa libre de riesgo

$E(R_m)$ : es el rendimiento de la cartera eficiente

$\sigma_x$ : es el desvío estándar de la cartera C.

Por tanto, Martínez (2013) sugiere que la rentabilidad esperada de una cartera eficiente es comparable a la suma del rendimiento obtenido mediante de un activo libre de riesgo más una prima por el riesgo asumido en la transacción.

### 1.2.5 Línea de mercado de títulos, SML,

La línea de mercado de títulos o SML desarrollada por Sharpe en 1966 representa en una situación de equilibrio el tipo de rendimiento de un activo, sin excepción del riesgo que tenga.

Desde la posición de Mascareñas (2012) éste afirma que el SML es la base del modelo de valoración de activos financieros o CAPM y lo describe como una herramienta útil para calcular el rendimiento esperado de un título individual o cartera de valores en función de su riesgo sistemático por medio de la beta. Éste coeficiente revela al inversor la volatilidad de la rentabilidad de cada título según las variaciones de la rentabilidad del mercado, por tanto aquella beta por encima de 1 se denomina riesgo agresivo, puesto que el riesgo es superior al de la cartera de mercado mientras que, por debajo de 1 se denomina riesgo defensivo en el cual el riesgo es menor que el de la cartera de mercado.

En adición Pérez (2014) relaciona la siguiente ecuación para su cálculo:

$$E(R_x) = R_f + \beta(R_m - R_f) \quad (8)$$

Donde:

$E(R_x)$ : es el rendimiento de un activo

$R_f$ : es la tasa libre de riesgo

$B(R_m)$ : es el rendimiento de la cartera eficiente

$\beta$ : es el coeficiente que mide el riesgo sistemático del activo.

Si bien la diferencia entre el CML y la SML viene dada por su aplicación; el CML se orienta a portafolios que combinan acciones y títulos libres de riesgo mientras que el SML es aplicable a portafolios integrados por cualquier tipo de activo. También se distingue el modo en el que se relaciona el rendimiento esperado y el riesgo, el CML se plantea a través de desviación estándar, mientras que la SML se ejecuta a mediante la beta (Perez, 2014).

## **1.2.6 Teoría de valoración por arbitraje, APT.**

La teoría de valoración por arbitraje propuesto por Ross (1976) y desarrollado por otros autores, expone la idea de que los precios de los activos se establecen según la estructura de la cartera que haya hecho cada inversor, con el propósito de obtener el máximo rendimiento a través del arbitraje. Es decir, el modelo basa los rendimientos de los activos en la sensibilidad que tienen cada uno al cambio de varios factores macroeconómicos y los específicos de cada empresa en particular, ajustándose a la suposición de que los títulos sin riesgo proporcionan el mismo rendimiento esperado gracias al arbitraje.

Por otro lado, como sugiere Vallejo & Solórzano (2013) el modelo no se halla exento de limitaciones, puesto que el modelo no considera ninguna teoría sobre el comportamiento del precio o rentabilidad de los activos. Del mismo modo, Pachón (2013) plantea que en comparación con el CAPM, cuya aplicación se realiza a la totalidad de los activos, la APT ofrece la posibilidad de aplicar solo a un subconjunto de acciones. En palabras de Pachón, (2013):

“El APT encierra dos mentiras en su propio nombre, puesto que no es un modelo (...) ya que no tiene una hipótesis que lo sustente, y no tiene nada que ver con el arbitraje financiero.”

### **1.2.6.1 Planteamiento del modelo.**

De acuerdo con Sequeda (2014) el modelo es una ampliación del CAPM, desarrollado con anterioridad, ya que lo formula teniendo en cuenta una prima de riesgo más amplia que contempla el riesgo macroeconómico a la vez que indica cómo se van determinando los precios de los activos. Además la teoría sostiene que al igual que el CAPM éste mantiene el retorno esperado libre de riesgo pero modifica la prima de riesgo de mercado a un número indefinido de factores de riesgo macroeconómicos.

Teniendo en cuenta a Mascareñas (2012) agrega que los activos se enfrentan a dos fuentes de riesgo. El primero son todos aquellos que provienen de efectos macroeconómicos cuyo riesgo no puede eliminarse mediante la diversificación. Y la segunda fuente de riesgo son los que se derivan de los sucesos de cada empresa o entidad y por ende ese riesgo puede eliminarse con la diversificación del fondo. Aunque si bien es cierto a pesar de que el modelo hace esta clasificación no define

qué factores independientes y no correlacionales son económicamente relevantes. En virtud de ellos los tipos de riesgo más comunes son el tipo de interés, PIB y nivel de inflación, en los cuales la distribución de probabilidad y varianza es conocido por el inversor.

A juicio de Simón (2014) concreta que un inversor podrá negociar dos activos o portafolios, uno con un precio incorrecto y otro con uno correcto. Dando inicio al arbitraje, vendiendo en corto el portafolio más caro y utilizar los recursos para comprar el que tiene el precio correcto o viceversa. Finalmente al terminar el periodo si todo sale bien el inversor se queda con la diferencia.

Entonces, Ross (1976) estableció que si la valoración de los activos por arbitraje se cumple deberá satisfacer la siguiente fórmula:

$$E(r_j) = r_f + b_1 x (\text{factor } 1) + b_2 x (\text{factor } 2) \dots b_n x (\text{factor } n) \quad (9)$$

Donde:

$E(r_f)$ : Tasa de retorno esperada

$r_f$ : Retorno esperado del activo libre de riesgo

$b_1 x (\text{factor } 1)$ : Sensibilidad del activo al factor macroeconómico

#### **1.2.6.2 Hipótesis del Modelo de Valoración por Arbitraje, APT.**

Teniendo en cuenta a Vallejo & Solórzano (2013) los supuestos bajo los cuales se sienta el modelo son:

- Los rendimientos de los activos se generan por medio de un procedimiento estocástico.
- En un mercado en equilibrio la rentabilidad de la cartera de arbitraje será nula, puesto que no habrá oportunidades de inversión que no se hayan explotado.
- En un mercado en equilibrio todas las carteras están bien diversificadas.
- Presume que gracias al arbitraje los títulos están correctamente valorados.

Finalmente, Pachon (2013) de acuerdo con las afirmaciones anteriores resuelve que el riesgo sistemático disminuye conforme el número de factores crece a pesar de que no especifica cuales arrojan un resultado más realista.

**CAPÍTULO II**  
**VALOR EN RIESGO**

En este apartado se exponen los principales elementos en los que se fundamenta la metodología VaR. Se compone del desarrollo de los tres modelos para su cálculo y estudios previos que han llegado a conclusiones relevantes mediante su aplicación.

## **2.1 Valor en riesgo (VaR).**

El Valor en Riesgo (VaR) fue una propuesta de Morgan (1996) que nace a raíz de los constantes cambios que experimentan los mercados y el riesgo asociado a ellos por las pérdidas en las inversiones realizadas. Comienza con el desarrollo de operaciones comerciales puras y que fue ganando seguidores crecientes en la industria financiera.

El VaR como medida de riesgo proporciona a los gerentes la capacidad de evaluar la inversión de acuerdo a las necesidades de sus perfiles. Su amplitud va desde proporcionar matrices de covarianza personalizadas, imprescindible para el cálculo del VaR hasta facilitar datos para simulación histórica y pruebas con posibles escenarios (Morgan, 1996).

Concretando, desde la posición de Isaza et al., (2014) el VaR se define como la pérdida máxima de una cartera de inversión durante un periodo de tiempo y un nivel de confianza dado. De modo que a través del VaR el inversor podrá determinar la volatilidad de la liquidez de la cartera y definir estrategias para mejorar las fuentes de fondeo.

Como destaca Morgan (1996) la acogida del modelo en las instituciones financieras se debe a ventajas que presenta, entre las cuales destaca las siguientes:

- Integra el enfoque de mark-to-market sistemáticamente.
- Integra el riesgo de mercado en un solo valor.
- La estandarización hace posible la comparación con otras metodologías por ser ampliamente calculada.
- Resultados fáciles de interpretar y entender.
- El horizonte de las variables de mercado cortos mejora la estimación del riesgo, puesto que tienden a ser más precisos que los pronósticos horizontales largos.

Sin embargo, Isaza Cuervo et al., (2014) consideran que la herramienta también tiene desventajas que limitan la aplicación:

- No tiene en cuenta el tamaño ni liquidez de los mercados.
- En método Montecarlo es costoso y de difícil aplicación.
- No considera todos los posibles escenarios.
- La aplicación de los diferentes métodos arroja resultados distintos.

En complemento, para la medición del VaR se destacan dos pasos, ya sea marcando al mercado las posiciones o estimando la variabilidad futura del valor de mercado (Isaza et al., 2014). Además que para el cálculo del VaR es necesario identificar el tipo de cartera que se va a medir, ya sea muy líquida y profunda, tal como el trading, para el que recomienda un VaR diario; mientras que, si la cartera es menos líquida es posible utilizar horizontes mayores a un día (Martínez, 2014).

### **2.1.1 Metodología de medición VaR.**

Para el cálculo del Valor en Riesgo (VaR) existen dos metodologías: métodos paramétricos (la Simulación de Montecarlo y de Varianza-Covarianza) y métodos no paramétricos (Método histórico). La metodología Montecarlo parte de los rendimientos actuales y la simulación de los rendimientos esperados en un periodo de tiempo, generando así distintos escenarios y alternativas. El método de Varianza-Covarianza realiza suposiciones sobre las distribuciones de los rendimientos, y las varianzas y covarianzas entre las variables. Por último, de entre los métodos no paramétricos, el método histórico utiliza datos históricos sobre los cuales genera una distribución de los rendimientos (Jiménez, Restrepo, & Acevedo, 2015).

Isaza Cuervo et al., (2014) corroboran la existencia de un organismo externo como un ente regulador que con frecuencia establece el nivel de significancia  $\alpha$ . Bajo el acuerdo de Basilea III, los bancos que utilicen modelos internos de VaR para evaluar su riesgo de mercado y calcular el requerimiento de capital lo deben hacer con un nivel de confianza del 1%, es decir, el nivel de confianza del 99%.

Para modelos internos en términos de administración y/o gestión del riesgo, se pueden usar niveles diferentes; que con frecuencia depende del perfil de riesgo de la entidad.

Si la entidad es muy conservadora, el valor de  $\alpha$ , es menor; esto implica un mayor nivel de confianza aplicado (p. 45).

Ahora bien, la puesta en práctica de estos dictámenes se puede realizar por medio de la aplicación de cualquiera de las tres metodologías, método Histórico, Paramétrico/Analítico y Montecarlo que se desarrollan en los siguientes apartados.

#### **2.1.1.1 Método Histórico.**

El Método Histórico es un modelo de cálculo del VaR, que a través de datos históricos de los factores que influyen en la volatilidad de la cartera genera posibles escenarios, partiendo de la presunción de que la variación futura se distribuirá de la misma manera que en el pasado (Coccia, Milanesi, & Pesce, 2013).

Para el proceso del cálculo del VaR histórico autores como Mascareñas (2015) mencionan los siguientes pasos:

- Reunir los datos del mercado para cada uno de los activos a lo largo del periodo histórico considerado.
- Medir los cambios porcentuales en los precios día a día: los rendimientos.
- Calcular el valor que obtendría la cartera si se repitiera la historia, es decir, obtener los diversos valores de la cartera correspondientes a las variaciones en los rendimientos calculados en el segundo paso.
- Restando el valor actual de la cartera de los diversos valores de la misma, calculados en el paso anterior, podemos obtener cuales serían las pérdidas debidas al riesgo de mercado si se repitieran las condiciones.
- Repetir este análisis para cada día de negociación en el periodo considerado, creando una distribución de posibles resultados de la cartera.
- Cuando la distribución esté completa, jerarquice todos los resultados y elija un nivel de confianza (...). (p. 5)

### 2.1.1.2 Varianza- Covarianza.

Con referencia en Coccia et al., (2013) el modelo Varianza-Covarianza también llamado Delta Normal parte de las premisas de: la independencia de las series de tiempo, ausencia de posiciones no lineales y que los rendimientos de la cartera siguen una distribución normal. Al ser el retorno de la cartera una combinación lineal de los mismos, permite que los rendimientos del portafolio también tengan esta distribución, debido a que están expuestos a los factores de riesgo.

Así mismo, el supuesto de independencia denota que la estimación del VaR en un día no tendrá impacto en la estimación del VaR para un horizonte temporal más largo. Su importancia radica en que el riesgo para un largo horizonte de tiempo se puede obtener multiplicando el VaR de un día por la raíz cuadrada del número de días en el horizonte deseado (Jiménez et al., 2015).

Por tanto, con base en Urbina (2014) el método de Varianza-Covarianza se define como una aproximación que asume la distribución normal de los rendimientos en el valor del portafolio con media y con varianza. Los datos históricos sobre los que parte para el cálculo permiten estimar la correlación de los precios entre los activos que conforman el portafolio.

Como manifiesta Jiménez et al., (2015) cuando existe una alta correlación el VaR del portafolio puede estimarse sumando los VaRs de los activos individuales, de no ser así, el VaR del portafolio es menor que la suma de los VaRs de los activos individuales. Además si los retornos de los activos individuales de los factores de riesgo no siguen una distribución normal, se espera que los rendimientos del portafolio sí tengan este tipo de distribución.

En concreto, Jiménez et al., (2015) ratifican que la expresión para el cálculo del Valor en riesgo en un momento del tiempo es:

$$\text{VaR} = \emptyset \cdot \sqrt{\tau} \cdot \sigma_{pt} \quad (10)$$

Donde:

$\emptyset$  : es un parámetro que depende del nivel de confianza

$\sigma_{pt}$ : es la desviación típica de la variación en el valor de la cartera para un periodo de tenencia

$t$ : es el periodo de tenencia relevante en la situación concreta

Autores como Jiménez et al., (2015) afirman que el método está basado en la teoría de Harry Markowitz, puesto que en este modelo también se asume que en periodos cortos los cambios esperados en el precio de una variable de mercado son considerados cero cuando se compara con la desviación estándar de los cambios.

### **2.1.1.3 Modelo Montecarlo.**

Con base en Urbina (2014) el método Montecarlo, es una herramienta matemática capaz de estimar el valor de un parámetro y obtener su intervalo de confianza, es decir, busca simular diferentes escenarios a los que estará expuesto. Se centra principalmente en generar diversos escenarios sobre un escenario real cuyo comportamiento es aleatorio y presenta la evolución de los precios de los activos con base en los componentes aleatorios que intervienen en el tiempo.

Para la ejecución del mismo requiere la distribución de probabilidades asignadas a las variables inciertas del modelo en cuestión y se generan números aleatorios de acuerdo a esas distribuciones calculando diferentes combinaciones de escenarios y almacenando sus resultados para su análisis posterior.

A continuación se valora el portafolio para cada escenario generado y se presentan los resultados como distribución de probabilidades de los rendimientos del portafolio como una medida del Valor en Riesgo (VaR) (Machain, 2014).

## **2.2 Estudios previos respecto de VaR.**

El VaR como herramienta que proporciona los lineamientos a seguir para obtener el mejor desempeño de una inversión ha dado lugar a la aplicación en numerosos estudios a nivel internacional.

Por ello se ha realizado una recopilación de estudios desarrollados entre los años 2012 a 2017, cuyos resultados han sido reveladores al momento de la aplicación del VaR, debido a que demuestran la eficacia y limitaciones de los métodos aplicados.

### **2.2.1 Desarrollo de estudios previos**

En general, de las investigaciones previas revisadas se denota el empleo de diversas metodologías para el cálculo del Valor en Riesgo. Además determinaron que no hay de entre todo un mejor método, sino más bien que, cada uno se ajusta a las necesidades que tiene el inversor y de acuerdo a la composición de la cartera.

A continuación, se procede a desarrollar los estudios antes citados de acuerdo al método utilizado, empezando por el método Histórico, continuando con el método Montecarlo y finalizando con el de Varianza-Covarianza.

Sobre el estudio de Escanciano & Pei (2012) en una cartera con 3 acciones que cotizan en la bolsa de Nueva York la simulación confirmó sus hallazgos teóricos. Una aplicación a las carteras de algunas acciones de los Estados Unidos destacó la importancia práctica de los resultados teóricos en la gestión del riesgo financiero.

En la práctica, el uso de la prueba K para backtesting modelos HS o FHS podría resultar en la aceptación errónea de un modelo no óptimo, y en la subestimación de los factores de multiplicación derivados del marco regulatorio actual.

Del mismo modo Chen & Chen (2013) emplea el VaR a través del método Histórico y Montecarlo revelando que el enfoque de Simulación Histórica es intuitivo, fácil de calcular, sin embargo, depende mucho de los datos de la muestra. La simulación de Monte Carlo tiene resultados precisos, pero este método presta atención a la elección de los precios de los activos al azar de los procesos que tanto obedecen. Como resultado, la investigación sugiere que el modelo Montecarlo es el mejor método para el cálculo del Valor en Riesgo.

Utilizando el método Delta Normal y la Simulación Montecarlo el caso de estudio desarrollado por Coccia et al., (2013) sobre las acciones de Tenaris determinan que, aun cuando la cartera de inversión está compuesta por una sola acción el uso de distintas metodologías puede conducir a múltiples resultados. También admite que los valores que ayudan a establecer un mejor pronóstico ajustado a la realidad son los proporcionados por modelos que utilizan mayor información y un adecuado ajuste estadístico a pesar de que su construcción sea más compleja.

Así mismo, indica que al utilizar distintos supuestos para la distribución de probabilidades de las variables no hay diferencias significativas entre la Simulación Montecarlo y el método Delta Normal.

En adición, el trabajo de investigación presentado por Sampieri, Trejo, & Gonzalez (2014) muestra la aplicación del modelo para un portafolio constituido por 30 acciones del IPC Mexicano. El modelo Montecarlo permite omitir supuestos, al incorporar métodos no paramétricos para la estimación de las distribuciones de probabilidad y las correlaciones entre los rendimientos de los activos. A partir de los percentiles obtenidos mediante las simulaciones se demuestra que son muy cercanos a los observados empíricamente.

Sobre el estudio de Rojas & Pérez (2013) encuentran grandes similitudes a pesar del uso de un método paramétrico y no paramétrico. A través de los resultados con un nivel de confianza del 95% afirman que ambos métodos tienen una gran aproximación que sirve como referencia al momento de invertir en el mercado accionario colombiano. Con respecto al método Montecarlo éste permite la introducción de juicios subjetivos, que requiere un fuerte software computacional y mayor flexibilidad con respecto a los supuestos de distribución.

En síntesis, los dos métodos arrojan resultados similares siempre que los datos empleados tengan la misma consistencia y varianzas parecidas. En definitiva, el estudio concluye que el mejor procedimiento que se ajusta al caso en particular de las acciones de Tenaris S.A es el método Montecarlo puesto que pronostica eficientemente las peores pérdidas realizadas.

Así mismo, Wang, Xie, Jiang, Wu, & He (2017), empleando la metodología Delta Gama- Montecarlo sobre una acción cotizada en la bolsa de Nueva York, proporcionan nuevos métodos de simulación para la valoración del VaR al tomar en cuenta el riesgo de la renta variable y el riesgo de la tasa de interés. Al comparar los resultados con los obtenidos con la Simulación Histórica, concluyen que la Simulación de Montecarlo con formularios analíticos es un enfoque preciso y fácil de aplicar porque no se requieren especificaciones para los retornos de riesgo.

Jiménez et al., (2015) en su investigación a 14 acciones cotizadas en la bolsa de valores de Colombia, obtienen que en el cálculo del VaR paramétrico por el método de

Varianza-Covarianza, la mejor proporción a la que se debe invertir en un índice bursátil es 15% del total del portafolio.

En la investigación de cinco acciones de cinco empresas realizada por Urbina, Nuñez, & Saavedra (2016) donde analiza tres métodos estadísticos para estimar el VaR, establece una comparación de metodologías de valor en riesgo sobre un portafolio de activos financieros determinando que las pérdidas excesivas tienen probabilidades más grandes que si se asumiera un modelo con distribución Normal. Dada esta situación concluyen que el método de Varianza-Covarianza subestima el riesgo del portafolio sobre el que se aplicó.

En estudios como el de Obadović, Petrović, Vunjak, & Mirjana (2016) sobre la evaluación del método Varianza-Covarianza en una cartera de bonos del gobierno Serbio, demostraron que el método subestimó el riesgo para los niveles de confianza de 99,5% y 99%. También que sobreestimó el riesgo para el nivel de confianza del 90%, concluyendo que se podrá aceptar el método para el nivel de confianza del 95%.

Finalmente, el análisis que hace Alonso & Chaves (2013) en su aplicación de 20 metodologías en un portafolio representativo para cinco países latinoamericano en el cálculo del VaR encontraron la existencia de aproximaciones que no tiene excepciones para la muestra escogida, lo cual implica que una estimación del VaR conservadora. De este modo se estarían haciendo provisiones mayores a las necesarias.

Tabla 1. Estudios de carteras de inversión

Autor	Método	Año	Muestra	Resultados
Juan Carlos Escanciano, Pei Pei	Simulación Histórica, enfoque filtrado de Simulación Histórica.	2012	Tres acciones representativas que cotizan en la Bolsa de Nueva York (NYSE).	Demuestran que el tradicional backtesting incondicional es inconsistente al probar la optimalidad de los modelos HS o FHS.
Qi Chen, Rongda Chen	Montecarlo, simulación Histórica	2013	Una cartera con 20 de la Bolsa de Shanghai.	La diferencia del método Montecarlo frente a la Simulación histórica para el cálculo del VaR radica en que para un mayor nivel de confianza la diferencia de los diferentes métodos es relativamente grande.
Julio César Alonso, Juan Manuel Chaves	20 métodos paramétricos, no paramétricos y semiparamétricos.	2013	Un portafolio representativo para 5 países latinoamericanos.	Las estimaciones del VaR que proveen los 20 métodos son relativamente diferentes para la misma muestra, es decir, no hay consistencia en su estimación.
Sebastián Coccia; Gastón S. Milanesi; Gabriela Pesce	Delta Normal/ Simulación Montecarlo	2013	Acciones de Tenaris y valores relacionados hipotéticamente.	Los diversos resultados de los métodos empleados no logran pronosticar perfectamente el peor escenario, se puede observar que la simulación Montecarlo estuvo muy cerca de hacerlo.

Ricardo Alfredo Rojas Medina, Laura Victoria Pérez Chica	Varianza-covarianza / Simulación Montecarlo	2013	Nueve acciones más bursátiles de la Bolsa de Valores de Colombia.	La aplicación de métodos paramétricos y no paramétricos arroja grandes similitudes en el VaR, tanto en la consistencia como en la varianza del VaR, sirviendo ambos de referencia de inversión en el mercado accionario colombiano.
Juan Espinoza, Ruth Trejo, Luis Manuel González de Salceda Ruiz	Simulación Montecarlo	2014	Portafolio constituido por 30 acciones de IPC Mexicano.	Las simulaciones advierten que los percentiles obtenidos son muy cercanos a los observados empíricamente, lo cual demuestra la eficacia de la Simulación Montecarlo.
Jaime Urbina Rugerio; Antonio Nuñez; Patricia Saavedra	Varianza- Covarianza Método Histórico Método de picos	2015	Cinco acciones de cinco empresas en el periodo 2009- 2013.	El método de varianza-covarianza subestima en demasía el riesgo al asumir la distribución normal para las pérdidas, a excepción del método POT
Milica Obadović , Evica Petrović, Nenad Vunjak & Mirjana Ilić	Delta-normal	2016	Cartera compuesta por 4 bonos. Periodo 2008-2012.	El método subestimó el riesgo para los niveles de confianza de 99,5% y 99%; y que lo sobreestimó para el nivel de confianza del 90%, concluyendo que se podrá aceptar el método para el nivel de confianza del 95%.

---

Luis Jiménez; Restrepo; Acevedo	Fred Natalia	Método Histórico, Paramétrico, Montecarlo	2016	Catorce acciones de la Bolsa de valores de Colombia. Del 1/10/2010 al 17/10/2013	La mejor proporción a la que se debe invertir en un índice bursátil es 15% del total del portafolio.
Xiaoyu Wang, Xie, Jingjing Xiaoxia Wu, Jia He	Dejun Jiang,	Delta-Gama Montecarlo	2017	Una acción cotizada en la Bolsa de Nueva York y un componente de DJIA, S & P 100 y S & P 500.	La simulación Delta-Gamma Montecarlo puede obtener resultados razonables, especialmente para las opciones; sin embargo, su rendimiento no es tan satisfactorio como la simulación Montecarlo.

---

Fuente y elaboración: La autora

### **CAPÍTULO III**

#### **DATOS, VARIABLES Y METODOLOGÍA**

Después de haber realizado una exhausta revisión de la literatura, en el siguiente apartado, se procede a describir la procedencia de los datos, las variables utilizadas para el desarrollo del modelo y la metodología aplicada para el tratamiento de la información recolectada.

### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

El enfoque de la investigación es cuantitativo. Por ende, es necesario realizar una recopilación y análisis de los datos para obtener resultados, que son concluyentes en el propósito, al tratar de cuantificar el problema del VaR para los 3 portafolios diseñados.

El diseño de la investigación es no experimental, de tipo descriptivo. De manera que el propósito es observar y describir el comportamiento de los datos de acuerdo al tratamiento que se les dé para ofrecer respuestas útiles en la toma de decisiones de tipo económico-financiero. Además, es analítico siendo necesario para la comparación de las variables empleadas en cada una de las carteras con diferentes activos.

### **3.2 Unidad de análisis**

Los rendimientos diarios son recogidos de 15 empresas del sector del camionaje. El periodo inicia el 03/01/2005 y concluye el 31/12/2015, definiendo un horizonte de 9 años, 11 meses y 27 días, dando un total de 2768 observaciones.

### **3.3 Tratamiento de los datos**

La información recopilada es de fuentes secundarias localizadas en páginas web, tales como Finviz y Yahoo Finance. La primera se utilizó para identificar las empresas del sector e industria escogido mencionadas en la tabla 2, mientras que, la segunda página sirvió para realizar la descarga de las cotizaciones de las empresas.

Tabla 2. Empresas que componen carteras de inversión.

<b>Símbolo</b>	<b>Empresa</b>
<b>PTSI</b>	Transportation Services
<b>ODFL</b>	Old Dominion Freight Line

---

<b>MRTN</b>	Marten Transport
<b>LSTR</b>	Landstar System
<b>JBHT</b>	J.B. Hunt Transport Services
<b>WERN</b>	Werner Enterprises
<b>USAK</b>	USA Truck
<b>SAIA</b>	Saia
<b>KNX</b>	Knight-Swift Transportation Holdings
<b>HTLD</b>	Heartland Express
<b>YRCW</b>	YRC Worldwide
<b>CVTI</b>	Covenant Transportation Group
<b>GIB</b>	Celadon Group
<b>ARCB</b>	ArcBest
<b>AUTO</b>	Auto

---

Fuente y elaboración: La autora

Para la optimización de un portafolio eficiente:

- Se calcula el rendimiento diario de cada activo y de la cartera total. A los que posteriormente se calcula la rentabilidad promedio de cada activo, varianza y desviación típica, que refleja el riesgo del portafolio a través de la raíz de la varianza.
- Para la fijación de la ponderación de los pesos se utilizó la fórmula  $1/n$  cuya suma debe ser igual a 1 a la vez que se vincula los datos en forma horizontal.
- El factor de conversión está dado por el número de datos entre el mismo número menos 1.

- La rentabilidad esperada de la cartera está calculada por la rentabilidad de la cartera total con los pesos a nivel horizontal.
- Para la estimación de la matriz poblacional (Véase Tabla 4 en Anexo) se procedió a obtener la covarianza de las empresas con los rendimientos diarios que previamente se habían calculado. Acto seguido, para la conformación de la matriz muestral (Véase Tabla 5 en Anexo) se multiplica el factor de conversión por la varianza de las cotizaciones arrojadas en la primera matriz.
- Para el cálculo de los portafolios óptimos se utilizan los parámetros anteriores apoyándose de la herramienta de análisis Solver, que tiene el programa Excel, la cual permite calcular el valor de una celda en función de ciertos factores y restricciones. Por ende, primero se determina el nivel de riesgo a tolerar sobre el que se buscará el portafolio más óptimo. Se agregan luego las restricciones donde cada peso deberá ser mayor a 0 y la suma igual al 1.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Este apartado tiene el objetivo de dar a conocer detalladamente los resultados obtenidos mediante los tres métodos de estimación realizados durante el proceso de investigación.

En base a los resultados obtenidos, se ha recopilado los datos en dos tablas que recogen en forma concisa lo primordial de la investigación. Cabe mencionar, que para una mejor comprensión para el análisis de las carteras se ha seguido el siguiente orden: primero se realiza una comparación de las carteras de 15, 10 y 5 activos a nivel global, seguidamente se realiza el mismo proceso comparando las carteras de 5 activos, acto seguido las carteras de 10 activos, y finalmente las carteras de 15 activos.

#### **4.1 Análisis de pesos**

Los resultados obtenidos demuestran que en todas las carteras aplicando la maximización de la rentabilidad el 100% de la inversión se designa al activo ODFL. Para el caso de la minimización de la rentabilidad en las carteras de 10 y 15 activos la inversión está distribuida entre varios activos, sin embargo en la cartera de 5 activos el 100% de la inversión está destinada solo a uno. En la cartera de 15 activos a pesar de estar diversificada la inversión LSTR y HTLD llevan tienen un mayor peso en comparación con los demás activos, con un 23 % y 20% respectivamente. Por el contrario, en la cartera de 5 activos se aprecia cómo a pesar de minimizar el riesgo el 100% de la inversión se dirige al activo MRTN.

Por otro lado, al analizar el ratio de Sharpe se puede determinar que en todas las carteras existe una misma proporción de la inversión que se destina a ODFL y JBHT con el 59% y 41% respectivamente. Con lo cual quedan posicionados como los mejores activos dentro de su respectiva cartera teniendo en cuenta la rentabilidad ajustada al riesgo de cada uno.

A modo general se puede establecer que la cartera con 5 activos es la más adecuada, debido a que presenta los mismos resultados que la cartera de 10 y 15 activos, a excepción de la minimización del riesgo.

Tabla 3. Cálculo de los pesos mediante los tres métodos de estimación

Símbolos de los activos	Cartera con 15 activos			Cartera de 10 activos			Cartera de 5 activos		
	Máxima rentabilidad	Mínimo Riesgo	Ratio Sharpe	Máxima rentabilidad	Mínimo Riesgo	Ratio Sharpe	Máxima rentabilidad	Mínimo Riesgo	Ratio Sharpe
PTSI	0	0,12	0	0	0,13	0	0,00	0,00	0,00
ODFL	1	0,00	0,59	1	0,00	0,59	1	0,00	0,59
MRTN	0	0,03	0	0	0,05	0	0,00	1	0,00
LSTR	0	0,23	0	0	0,25	0	0,00	0,00	0,00
JBHT	0	0,05	0,41	0	0,08	0,41	0,00	0,00	0,41
WERN	0	0,10	0	0	0,11	0			
USAK	0	0,14	0	0	0,17	0			
SAIA	0	0,00	0	0	0,00	0			
KNX	0	0,00	0	0	0,00	0			
HTLD	0	0,20	0	0	0,22	0			
YRC	0	0,00	0						
CVTI	0	0,03	0						
GIB	0	0,00	0						
ARCB	0	0,00	0						
AUTO	0	0,09	0						
TOTAL	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente y elaboración: La autora

## 4.2 Análisis de carteras en sus tres determinaciones

Tabla 4. Estimación de las carteras de inversión en sus tres determinaciones

	Máxima Rentabilidad			Mínimo Riesgo			Ratio Sharpe		
	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Rendimiento	0,06	0,06	0,06	0,02	0,01	0,01	0,06	0,06	0,06
Riesgo	2,55	2,55	2,55	2,55	1,60	1,53	2,16	2,16	2,16
VaR Histórico	4,67	3,96	3,96	3,96	2,50	2,50	3,38	3,30	3,30
VaR Varianza-Covarianza	4,14	4,14	4,14	4,18	2,61	2,51	3,50	3,50	3,50

Fuente y elaboración: La autora

Nota: valores expresados en porcentaje.

La estimación de las carteras a nivel global refleja un rendimiento idéntico ya sea con 5, 10 y 15 activos. Sólo si consideramos la minimización del riesgo el rendimiento disminuye en todas, siendo la cartera de 5 activos la que presenta mayor rendimiento, del 0,02% y al incrementarse los activos disminuyen a 0,01%. Considerando el riesgo de las cartera los resultados de los escenarios generados en sus 2 determinaciones, maximización de la rentabilidad y Ratio Sharpe, son los mismos ya que a pesar de incrementarse los activos el nivel de riesgo sigue siendo el mismo, para la maximización de la rentabilidad es del 2,55% mientras que el Ratio Sharpe arroja un riesgo del 2,16%. Sin embargo, la minimización del riesgo estima que la cartera de 15 activos arroja unas pérdidas probables del 1,53% frente a la cartera de 5 activos con mayor índice de riesgo, 2,55% sobre la inversión.

Desde el punto de vista de un inversor con aversión al riesgo la cartera con 15 activos, estimada mediante la minimización del riesgo, es la más idónea para realizar la inversión debido a su bajo índice de rendimiento y riesgo asociado.

Por el contrario, si la elección del inversor se basa únicamente en generar la mayor rentabilidad posible la cartera de 5 activos, estimada mediante el ratio de Sharpe, sería la elegida debido a que con menos activos logra generar la misma rentabilidad que las carteras de 10 y 15 activos, incurriendo además en menos costos.

Por lo tanto, se aprecia que el número de activos que conforman la cartera no está altamente relacionado con el nivel de riesgo o rendimiento al que están expuestos,

debido a que cuantos más activos contenga la cartera el nivel de riesgo y rendimiento se mantienen constantes.

Continuando con el análisis de la tabla, el comportamiento general del VaR Histórico y de Varianza- Covarianza con un nivel de confianza del 95% arroja diferencias. En la estimación del VaR Histórico los índices dados para las carteras de 10 y 15 activos en sus 3 determinaciones son iguales. No sucede lo mismo para la cartera de 5 activos cuya estimación de pérdidas máximas son de 4,67% dada por la maximización de la rentabilidad y las mínimas pérdidas obtenidas mediante el ratio Sharpe con 3,38%. A diferencia del VaR Histórico el VaR de Varianza- Covarianza hace estimaciones de igual porcentaje entre las carteras con un 4,14%, variando únicamente al realizar la minimización del riesgo donde obtienen índices diferentes cuya máxima pérdida es del 4,18% de la cartera de 5 activos y las mínimas de 2,51% al optar por la cartera de 15 activos.

Por lo tanto, mediante los resultados se observa que el VaR de Varianza- Covarianza estima mayores pérdidas que el VaR Histórico en todas las carteras y en sus 3 determinaciones.

### **4.3 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

El VaR como medida de riesgo es aplicable a cualquier cartera. Sin importar su composición ha sido determinante a la hora de analizar los resultados. Es por ello que la investigación de Jiménez & Restrepo (2016) (Véase Tabla 1) se centra en demostrar los beneficios de la diversificación como una estrategia influyente en el nivel de riesgo y rendimiento de los activos.

Por otra parte, el estudio que hace Obadović et al., (2016) (Véase Tabla 1) sobre la precisión del modelo de Varianza- Covarianza sobre la base de significancia del 0,05% determina que el modelo es aceptable para un nivel de confianza del 95% puesto que al 99,5% y 99% se subestima el riesgo, mientras que al 90% de confianza se sobreestima.

Sin embargo, en el presente estudio sobre el 95% de confianza el VaR de Varianza- Covarianza en comparación con el VaR Histórico ofrece estimaciones más altas para las carteras. Esto se debe a que el modelo Histórico basa sus estimaciones en series temporales de rentabilidades para generar los escenarios sobre las carteras.

En contraste Alonso & Chaves (2013) (Véase Tabla 1) demostraron que los modelos no paramétricos de Simulación Histórica y semiparamétricos corresponde a la mejor medida de riesgo. Sin embargo recalca que un cálculo muy sofisticado no mejora los niveles de estimación pero contar con varias fuentes de estimación y analizarlas sin marginar alguna por su sencillez mejorará el desempeño. Esto en comparación con la investigación implica que a pesar de que la estimación del VaR Histórico difiera de las estimaciones del VaR de Varianza- Covarianza sirven al inversor como guía en la toma de decisiones al basarse en ambos resultados.

Además, en la investigación de Urbina et al., (2016) (Véase Tabla 1) se llega a concluir que la distribución normal no modela adecuadamente las pérdidas de la cartera, invalidando el método de Varianza- Covarianza en la estimación del VaR. Además resaltan que las estimaciones dadas por el método de Varianza- Covarianza son más bajas en comparación con el método histórico y POT. Estos resultados en comparación con los determinados en el presente estudio son similares y afines a los esperados desde el punto de vista teórico.

En general, de los resultados anteriores se hallan diferencias con los estudios previos en los que también se ha aplicado el VaR Histórico como de Varianza- Covarianza.

## CONCLUSIONES

A partir del análisis realizado a las 9 carteras de inversión con 5, 10 y 15 activos se desprenden las siguientes conclusiones:

- Los mercados bursátiles representan sector muy dinámico en la economía mundial. Sin embargo, en Ecuador no se está aprovechando el potencial que estos mercados ofrecen, puesto que a nivel nacional representan un sector de la economía muy reducido, aún sin explotar y carente de recursos bibliográficos sobre los que sentar bases para nuevas investigaciones.
- En el estudio el VaR de Varianza–Covarianza tiende a sobreestimar las pérdidas en comparación con el VaR Histórico. Además, para este caso se concluye que en el VaR Histórico al incrementar el número de activos en las carteras las pérdidas estimadas sobre la inversión tienden a ser menores. No obstante, con el VaR de Varianza-Covarianza la estimación de las pérdidas es diferente en cada determinación de las carteras.
- La rentabilidad promedio de los activos ha sido determinante en la asignación de pesos ya que en todas las carteras cuando se maximiza la rentabilidad o el ratio Sharpe la ponderación de los pesos indican que se debe invertir la mayor parte del capital en ODFL y JBHT. De modo que la combinación de pesos que minimiza el riesgo de las carteras sometidas al presente estudio es una solución robusta porque al incrementar el número de activos no cambia la selección de los mismos.
- Se ha cumplido con el objetivo general de determinar la rentabilidad y riesgo de las carteras de inversión así como los objetivos específicos. El primer objetivo específico de crear una cartera mediante maximización de rentabilidad y minimización del riesgo y el segundo de determinar el VaR de las carteras de inversión. Mediante la aplicación de los modelos se resuelve que la cartera de 5 activos creada mediante la maximización del ratio Sharpe es la más conveniente al asociar el riesgo y rendimiento. Sin embargo, las pérdidas que el VaR estima ya sea con el modelo Histórico o de Varianza -Covarianza son menores para la cartera de 15 activos dada mediante la minimización del riesgo, haciendo de ella desde esta perspectiva la mejor cartera.

## RECOMENDACIONES

- Dado que en el estudio la relación riesgo–rendimiento no se cumple eficientemente, se recomienda que en el proceso de optimización de carteras la selección de activos resulte una combinación robusta que minimice el riesgo.
- Utilizar métodos alternativos al VaR que permita estimar las pérdidas, ya sea subestimándolas o sobreestimándolas, para tener una mejor perspectiva de los escenarios a los que se expone la inversión.
- Replicar el estudio en casos prácticos donde a través de la conformación de diferentes carteras con distintos activos se seleccione la mejor alternativa de inversión de acuerdo a las preferencias sobre el riesgo que tenga cada inversionista.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, J. C., & Chaves, J. M. (2013). Valor en riesgo: evaluación del desempeño de diferentes metodologías para 5 países latinoamericanos. *Estudios Gerenciales*, 29(126), 37–48. [https://doi.org/10.1016/S0123-5923\(13\)70018-4](https://doi.org/10.1016/S0123-5923(13)70018-4)
- Bejarano, K. B., Mario, C., & Díaz, G. (2013). Teoría de Markowitz con metodología EWMA para la toma de decisión sobre cómo invertir su dinero.
- Block, S. B., Hirt, G. A., & Danielsen, B. R. (2013). *Fundamentos de Administración Financiera* (Cuarta). México: McGRAW-HILL/ INTERAMERICANA EDITORES.
- Buenaventura, G. (2016). *Finanzas internacionales aplicadas a la toma de decisiones* (1a.ed). Bogota: Ecoe Ediciones.
- Calvo, A., Parejo, J. A., Rodriguez, L., & Cuervo, Á. (2014). *Manual del sistema financiero español* (25th ed., Vol. 25). Barcelona: Planeta. Retrieved from [http://cataleg.ub.edu/record=b2157772~S1\\*cat](http://cataleg.ub.edu/record=b2157772~S1*cat)
- Chen, Q., & Chen, R. (2013). Method of Value-at-Risk and empirical research for Shanghai stock market. *Procedia Computer Science*, 17, 671–677. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.05.087>
- Coccia, S., Milanesi, G., & Pesce, G. (2013). Estudio de caso: Tenaris S . A . Sebastián Coccia.
- Contreras, O. E., Stein, R., & Arenas, E. V. (2015). evidencia en el mercado accionario colombiano, 31, 383–392.
- Escanciano, J., & Pei, P. (2012). Pitfalls in backtesting Historical Simulation VaR models. *Journal of Banking and Finance*, 36(8), 2233–2244. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2012.04.004>
- Fernandez, H. H. (2013). LA TEORÍA DEL EQUILIBRIO DE LOS MERCADOS FINANCIEROS Revisión de su consistencia formal y consecuencias de la aplicación empírica del modelo. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- García Boza, J. (2013). *Inversiones financieras: selección de carteras: Teoría y práctica*. (J. I. Luca de Tena, Ed.) (Ediciones). Madrid.
- Gitman, L. J., & Zutter, C. (2016). *Principios de administración financiera* (Pearson Ed). México.
- Gomero Gonzales, N. A. (2014). PORTAFOLIOS DE ACTIVOS FINANCIEROS, 22, 135–146.
- Hernandez, L. A. (2017). No Title. Retrieved November 29, 2017, from <https://www.rankia.com/blog/bolsa-desde-cero/3479118-5-preguntas-claves-para->

entender-modelo-markowitz

- Isaza Cuervo, F., Marin López, S., Arroyave, E. T., Arias Serna, M. A., Murillo Gómez, J. G., Pérez Ramirez, F. O., ... Guzmán, D. S. (2014). *Modelo para la cuantificación del riesgo de liquidez para una entidad del sector financiero*. (L. D. López Escobar, Ed.) (Universida). Medellin.
- Izar Landeta, J. M. (2013). *Ingeniería económica y financiera* (1a.ed). México: Editorial Trillas.
- Jiménez-gómez, L. M., & Restrepo-giraldo, F. (2016). Diversificación Internacional de Portafolios en Colombia por Medio de ETF International Portfolio Diversification in Colombia by Means of ETF, 30–42.
- Jiménez, L. M., Restrepo, F., & Acevedo, N. M. (2015). Diversificación internacional de portafolios con índices bursátiles: caso colombiano. *En-Contexto*, 3, 2014–2015. Retrieved from <http://ojs.tdea.edu.co/index.php/encontexto/article/view/294/286>
- López Dumrauf, G. (2013). *Finanzas corporativas un enfoque lationamericano* (3a ed.). Buenos Aires: Alfaomega Grupo Editor Argentino.
- Machain, L. (2014). Simulación de modelos financieros. In D. Fernández (Ed.), *Simulación de modelos financieros* (Alfaomega, p. 530). Ciudad autónoma de Buenos Aires.
- Markowitz, H. M. (1952). Portfolio Selection. *Journal of Finance*, 77–91.
- Martinez, A. (2013). *Gestión de carteras de inversión*. Universidade Da Coruña.
- Martínez, A., & Martínez, M. (2016). Introducción a la economía de la empresa (Madrid, p. 310). Madrid: Ediciones Pirámide ( Grupo Anaya S. A.).
- Martinez, F. (2014). Las diferentes metodologías para medir el VaR y cómo utilizar esta herramienta de cuantificación del riesgo. Retrieved from <https://es.fundspeople.com/news/las-diferentes-metodologias-para-medir-el-var-y-como-utilizar-esta-herramienta-de-cuantificacion-del-riesgo>
- Martínez, R. (2016). Construcción de carteras eficientes. Teoría Moderna de Selección de Portfolios. Retrieved from <https://revistadigital.inesem.es/gestion-empresarial/portfolios-de-inversion/>
- Mascareñas, J. (2012). Gestión de carteras II. Modelo de valoración de activos. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Retrieved from <https://ssrn.com/abstract=2313393>
- Mascareñas, J. (2013). Introducción a los Mercados Financieros Introducción.
- Mascareñas, J. (2015). Introducción al Valor en Riesgo (VaR).

- Mishkin, F. (2014). Moneda, banca y mercados financieros (Décima Edi, pp. 27–30). México: Pearson Educación.
- Morgan, J. P. (1996). RiskMetrics — Technical Document, *Fourth Edi*.
- Obadović, M., Petrović, E., Vunjak, N., & Mirjana, I. (2016). Assessing the accuracy of delta-normal VaR evaluation for Serbian government bond portfolio. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 475–484.
- Pachon Palacio, M. L. (2013). *Modelo alternativo para calcular el costo de los recursos propios*. Bogotá: EAN Ediciones.
- Peña Vargas, V. A. (2014). Unidad II: teorías económicas y financieras aplicadas a los mercados de capitales internacionales. *Presentación Pp*.
- Pérez Hernandez, I. (2013). Teoría de la cartera (portafolio) y el análisis de riesgo financiero. Retrieved December 7, 2017, from <https://www.gestiopolis.com/teoria-de-la-cartera-portafolio-y-el-analisis-de-riesgo-financiero/>
- Perez Peña, R. (2014). Valuación de activos financieros. *Pret-Til*. Bogotá.
- Rojas, R., & Pérez, L. (2013). Metodología para el calculo de pérdida máxima en conformacion de portafolios óptimos de inversión. Colombia.
- Ross, S. (1976). The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing. *Journal of Economic Theory*, 13, 341–360. Retrieved from <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi1xKmbxv7XAhVI1oMKHRO8DF8QFggmMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.top1000funds.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2014%2F05%2FThe-Arbitrage-Theory-of-Capital-Asset-Pricing.pdf&usg=A>
- Ruben, M. (2017). No Title. *Revista Digital*. Retrieved from <https://revistadigital.inesem.es/gestion-empresarial/gestion-de-carteras-eficiente/>
- Sampieri, J., Trejo, B., & Gonzalez, L. (2014). Cálculo de VaR a partir de simulaciones Monte Carlo de rendimientos de activos financieros , con distribuciones no paramétricas y dependientes , utilizando el Método de Iman-Conover, 8, 37–59.
- Sequeda Reyes, P. M. (2014). *Finanzas corporativas y valoración de empresas Al alcance de todos* (1a.ed). Bogotá: Ediciones de la U.
- Sharpe, W. F. (1966). Mutual Fund Performance. *The Journal of Business*, 39, 119–138. Retrieved from [http://www.jstor.org/stable/2351741?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](http://www.jstor.org/stable/2351741?seq=1#page_scan_tab_contents)
- Simón, M. H. (2014). *Finanzas vestidas por unos y alborotadas por otros* (EDAF).

México.

Urbina, J. I. (2014). Estimación de riesgo en portafolio de inversión. México.

Urbina, J., Nuñez, A., & Saavedra, P. (2016). Análisis, aplicación y comparación de tres metodos estadisticos en la estimación del VAR y el EVAR. *Estocástica: Finanzas Y Riesgo*, 17–54.

Vallejo, B., & Solórzano, M. (2013). Gestión patrimonial y banca privada (Ediciones). Madrid.

Wang, X., Xie, D., Jiang, J., Wu, X., & He, J. (2017). Value-at-Risk estimation with stochastic interest rate models for option-bond portfolios, 21, 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2016.11.013>

## **ANEXOS**

Tabla 5. Matriz de varianza poblacional

	<i>WERN</i>	<i>USAK</i>	<i>SAIA</i>	<i>PTSI</i>	<i>ODFL</i>	<i>MRTN</i>	<i>KNX</i>	<i>LSTR</i>	<i>JBHT</i>	<i>HTLD</i>	<i>YRC</i>	<i>CVTI</i>	<i>CGI</i>	<i>ARCB</i>	<i>AUTO</i>
<i>WERN</i>	0,00040	0,00015	0,00034	0,00014	0,00035	0,00028	0,00033	0,00026	0,00030	0,00030	0,00042	0,00020	0,00038	0,00039	0,00007
<i>USAK</i>	0,00015	0,00084	0,00020	0,00014	0,00017	0,00016	0,00017	0,00013	0,00015	0,00014	0,00028	0,00021	0,00024	0,00020	0,00007
<i>SAIA</i>	0,00034	0,00020	0,00098	0,00021	0,00047	0,00038	0,00035	0,00033	0,00035	0,00033	0,00053	0,00029	0,00051	0,00051	0,00010
<i>PTSI</i>	0,00014	0,00014	0,00021	0,00106	0,00016	0,00018	0,00014	0,00012	0,00014	0,00013	0,00022	0,00019	0,00021	0,00018	0,00005
<i>ODFL</i>	0,00035	0,00017	0,00047	0,00016	0,00065	0,00034	0,00036	0,00034	0,00036	0,00033	0,00050	0,00021	0,00046	0,00051	0,00008
<i>MRTN</i>	0,00028	0,00016	0,00038	0,00018	0,00034	0,00065	0,00029	0,00025	0,00028	0,00027	0,00036	0,00020	0,00042	0,00038	0,00010
<i>KNX</i>	0,00033	0,00017	0,00035	0,00014	0,00036	0,00029	0,00046	0,00028	0,00031	0,00032	0,00039	0,00021	0,00039	0,00040	0,00009
<i>LSTR</i>	0,00026	0,00013	0,00033	0,00012	0,00034	0,00025	0,00028	0,00040	0,00029	0,00025	0,00036	0,00018	0,00033	0,00034	0,00007
<i>JBHT</i>	0,00030	0,00015	0,00035	0,00014	0,00036	0,00028	0,00031	0,00029	0,00042	0,00028	0,00043	0,00021	0,00038	0,00038	0,00009
<i>HTLD</i>	0,00030	0,00014	0,00033	0,00013	0,00033	0,00027	0,00032	0,00025	0,00028	0,00039	0,00038	0,00019	0,00035	0,00036	0,00006
<i>YRC</i>	0,00042	0,00028	0,00053	0,00022	0,00050	0,00036	0,00039	0,00036	0,00043	0,00038	0,00540	0,00025	0,00062	0,00063	0,00016
<i>CVTI</i>	0,00020	0,00021	0,00029	0,00019	0,00021	0,00020	0,00021	0,00018	0,00021	0,00019	0,00025	0,00162	0,00029	0,00025	0,00018
<i>CGI</i>	0,00038	0,00024	0,00051	0,00021	0,00046	0,00042	0,00039	0,00033	0,00038	0,00035	0,00062	0,00029	0,00100	0,00051	0,00014
<i>ARCB</i>	0,00039	0,00020	0,00051	0,00018	0,00051	0,00038	0,00040	0,00034	0,00038	0,00036	0,00063	0,00025	0,00051	0,00100	0,00010
<i>AUTO</i>	0,00007	0,00007	0,00010	0,00005	0,00008	0,00010	0,00009	0,00007	0,00009	0,00006	0,00016	0,00018	0,00014	0,00010	0,00183

Fuente y elaboración: La autora

Tabla 6. Matriz de varianza muestral

	<i>WERN</i>	<i>USAK</i>	<i>SAIA</i>	<i>PTSI</i>	<i>ODFL</i>	<i>MRTN</i>	<i>KNX</i>	<i>LSTR</i>	<i>JBHT</i>	<i>HTLD</i>	<i>YRC</i>	<i>CVTI</i>	<i>CGI</i>	<i>ARCB</i>	<i>AUTO</i>
<i>WERN</i>	0,00040	0,00015	0,00034	0,00014	0,00035	0,00028	0,00033	0,00026	0,00030	0,00030	0,00042	0,00020	0,00038	0,00039	0,00007
<i>USAK</i>	0,00015	0,00084	0,00020	0,00014	0,00017	0,00016	0,00017	0,00013	0,00015	0,00014	0,00028	0,00021	0,00024	0,00020	0,00007
<i>SAIA</i>	0,00034	0,00020	0,00098	0,00021	0,00047	0,00038	0,00035	0,00033	0,00035	0,00033	0,00053	0,00029	0,00051	0,00051	0,00010
<i>PTSI</i>	0,00014	0,00014	0,00021	0,00106	0,00016	0,00018	0,00014	0,00012	0,00014	0,00013	0,00022	0,00019	0,00021	0,00018	0,00005
<i>ODFL</i>	0,00035	0,00017	0,00047	0,00016	0,00065	0,00034	0,00036	0,00034	0,00036	0,00033	0,00050	0,00021	0,00046	0,00051	0,00008
<i>MRTN</i>	0,00028	0,00016	0,00038	0,00018	0,00034	0,00065	0,00029	0,00025	0,00028	0,00027	0,00036	0,00020	0,00042	0,00038	0,00010
<i>KNX</i>	0,00033	0,00017	0,00035	0,00014	0,00036	0,00029	0,00046	0,00028	0,00031	0,00032	0,00039	0,00021	0,00039	0,00040	0,00009
<i>LSTR</i>	0,00026	0,00013	0,00033	0,00012	0,00034	0,00025	0,00028	0,00040	0,00029	0,00025	0,00036	0,00018	0,00033	0,00034	0,00007
<i>JBHT</i>	0,00030	0,00015	0,00035	0,00014	0,00036	0,00028	0,00031	0,00029	0,00042	0,00028	0,00043	0,00021	0,00038	0,00038	0,00009
<i>HTLD</i>	0,00030	0,00014	0,00033	0,00013	0,00033	0,00027	0,00032	0,00025	0,00028	0,00039	0,00038	0,00019	0,00035	0,00036	0,00006
<i>YRC</i>	0,00042	0,00028	0,00053	0,00022	0,00050	0,00036	0,00039	0,00036	0,00043	0,00038	0,00541	0,00025	0,00062	0,00063	0,00016
<i>CVTI</i>	0,00020	0,00021	0,00029	0,00019	0,00021	0,00020	0,00021	0,00018	0,00021	0,00019	0,00025	0,00163	0,00029	0,00025	0,00018
<i>CGI</i>	0,00038	0,00024	0,00051	0,00021	0,00046	0,00042	0,00039	0,00033	0,00038	0,00035	0,00062	0,00029	0,00100	0,00051	0,00014
<i>ARCB</i>	0,00039	0,00020	0,00051	0,00018	0,00051	0,00038	0,00040	0,00034	0,00038	0,00036	0,00063	0,00025	0,00051	0,00100	0,00010
<i>AUTO</i>	7E-05	7E-05	1E-04	5E-05	8E-05	1E-04	9E-05	7E-05	9E-05	6E-05	2E-04	2E-04	1E-04	1E-04	2E-03

Fuente y elaboración: La autora