



**Metodología para medir el riesgo de un portafolio de opciones europeas
sobre índices utilizando valor en riesgo y simulación de Monte Carlo**

**Tesis presentada para cumplir con uno de los requisitos para la obtención
del grado académico de Maestro en Finanzas por:**

Cyntia Capcha Coronado

Noraluz Cárdenas Valdivieso

Mariluz Cuicapusa Incalla

Jorge Delesmiro Romero Peñaloza

Programa de la Maestría en Finanzas

Lima, 17 de abril de 2018

Esta tesis

**Metodología para medir el riesgo de un portafolio de opciones europeas
sobre índices utilizando valor en riesgo y simulación de Monte Carlo**

Ha sido aprobada por:

.....

René Helbert Cornejo Díaz (Jurado)

.....

Carlos Antonio Aguirre Gamarra (Jurado)

.....

Luis Carlos Chávez-Bedoya Mercado (Asesor)

Universidad Esan

2018

A Dios por darme las fuerzas necesarias en cumplir mi gran objetivo, a mis padres Gloria y Humberto por apoyar mis decisiones y enseñarme con el ejemplo, a mis hermanos por su apoyo incondicional y a mi hijo Sebastian a quien dedico este esfuerzo y ejemplo de vida, mil gracias a todos.

Cyntia Capcha Coronado

A mis padres Nora y Alejandro, por hacer grandes sacrificios para que pueda acabar la maestría, por su incondicional ayuda, por dedicarme palabras de fortaleza para no rendirme, por ser mí soporte, y más porque agradecerles. Por ellos termine esta meta, los amo mucho. Y sé que también mi Padre Celestial estuvo acompañándome en este cambio, dándome fuerzas, gracias Diosito.

Noraluz Cárdenas Valdivieso

A Dios por brindarme la oportunidad de emprender y culminar satisfactoriamente este objetivo. A mi esposo Joel por recordarme que persevere siempre, mostrarme todo su apoyo y comprensión en el transcurso de este tiempo, a mi madre Victoria por su apoyo incondicional.

Mariluz Cuicapusa Incalla

A mis padres, esposa y hermanos quienes me apoyaron continuamente para alcanzar este objetivo.

Jorge Delesmiro Romero Peñaloza

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos.....	2
1.2. Justificación.....	3
1.3. Alcance.....	3
1.4. Limitaciones	4
1.5. Contribución	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Opciones	5
2.1.1. Historia de los Mercados de Opciones	5
2.1.2. Definición de Opciones	6
2.1.3. Tipos de Opciones	7
2.1.4. Posiciones de las opciones	8
2.1.5. Factores que influyen en los precios de las opciones	10
2.2. Índices	10
2.2.1. S&P 500	10
2.2.2. VIX	11
2.3. Metodología de valorización de opciones europeas con la fórmula de Black-Scholes y valor en riesgo (VaR).....	12
2.3.1. Fórmula de Black – Scholes	13
2.3.2. Valor en Riesgo (VaR)	15
2.3.3. Metodologías para la medición del Valor en Riesgo (VaR)	15
CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES	18
3.1. S&P 500	18
3.1.1. Evolución histórica de rentabilidad del S&P 500. 2008 - 2018.....	18
3.1.2. Histograma de rentabilidades del S&P 500 10 años (2008 – 2018)	20
3.1.3. Diagrama de dispersión de rentabilidades del S&P 500 10 años (2008 – 2018).....	22
3.2. VIX (Chicago Board Options Exchange Market Volatility Index)	24
3.2.1. Evolución histórica del VIX 2008 – 2018	24
3.2.2. Histograma de volatilidades del VIX 10 años (2008 – 2018)	26
3.2.3. Diagrama de dispersión de rentabilidades del VIX 10 años (2008 – 2018)	28
CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTO DE SIMULACIÓN DEL PORTAFOLIO CON OPCIONES Y S&P 500	31
CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE SIMULACIÓN DE PORTAFOLIO DE OPCIONES	37
5.1. Portafolio simulado con opciones <i>Call</i> y <i>Put</i> (Escenario N° 1).....	41
5.2. Portafolio con opciones <i>Put</i> (Escenario N° 2).....	43
5.3. Portafolio con opciones <i>Call</i> y <i>Put</i> (Escenario N°9).....	46
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
ANEXOS.....	51
BIBLIOGRAFÍA.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Evolución diaria de rentabilidad del S&P 500	19
Figura 2 - Evolución semanal de rentabilidad del S&P 500	19
Figura 3 - Evolución mensual de rentabilidad del S&P 500	19
Figura 4 - Histograma de rentabilidades diarias del S&P 500	20
Figura 5 - Histograma de rentabilidades semanales del S&P 500	21
Figura 6 - Histograma de rentabilidades mensuales del S&P 500	21
Figura 7 - Dispersión de rentabilidades diarias del S&P 500	23
Figura 8 - Dispersión de rentabilidades semanales del S&P 500	23
Figura 9 - Dispersión de rentabilidades mensuales del S&P 500	23
Figura 10 - Evolución diaria del VIX	25
Figura 11 - Evolución semanal del VIX	25
Figura 12 - Evolución mensual de VIX	26
Figura 13 - Histograma diaria del VIX	26
Figura 14 - Histograma semanal del VIX	27
Figura 15 - Histograma mensual del VIX	27
Figura 16 - Dispersión de VIX diario	29
Figura 17 - Dispersión de VIX semanal	29
Figura 18 - Dispersión de VIX mensual	29
Figura 19 - Rentabilidad S&P 500 (izquierda) y Cambios VIX (derecha)	31
Figura 20 - Distribución Portafolio (3% en Call)	35
Figura 21 - Dispersión del Portafolio (3% en Call)	35
Figura 22 - Distribución Portafolio (1% en Call, 1% en Put)	42
Figura 23 - Dispersión del Portafolio (1% en Call, 1% en Put)	43
Figura 24 - Distribución Portafolio (2% en Put)	45
Figura 25 - Dispersión del Portafolio (2% en Put)	45
Figura 26 - Distribución Portafolio (9% en Call, 1% en Put)	47
Figura 27 - Dispersión del Portafolio (9% en Call, 1% en Put)	48
Figura 28 - Evolución diaria de rentabilidad del S&P 500 (2008 – 2012)	51
Figura 29 - Evolución semanal de rentabilidad del S&P 500 (2008 – 2012)	51
Figura 30 - Evolución mensual de rentabilidad del S&P 500 (2008 – 2012)	52
Figura 31 - Histograma de rentabilidades diarias del S&P 500 (2008 – 2012)	52
Figura 32 - Histograma de rentabilidades semanales del S&P 500 (2008 - 2012)	53
Figura 33 - Histograma de rentabilidades mensuales del S&P 500 (2008 – 2012)	53
Figura 34 - Dispersión de rentabilidades diarias del S&P 500 (2008 – 2012)	54
Figura 35 - Dispersión de rentabilidades semanales del S&P 500 (2008 – 2012)	55
Figura 36 - Dispersión de rentabilidades mensuales del S&P 500 (2008 – 2012)	55
Figura 37 - Evolución diaria de rentabilidad del S&P 500 (2013 – 2018)	56
Figura 38 - Evolución semanal de rentabilidad del S&P 500 (2013 – 2018)	56
Figura 39 - Evolución mensual de rentabilidad del S&P 500 (2013 – 2018)	56
Figura 40 - Histograma de rentabilidades diarias del S&P 500 (2013 – 2018)	57
Figura 41 - Histograma de rentabilidades semanales del S&P 500 (2013 – 2018)	57
Figura 42 - Histograma de rentabilidades mensuales del S&P 500 (2013 – 2018)	58

Figura 43 - Dispersión de rentabilidades diarias del S&P 500 (2013 – 2018)	59
Figura 44 - Dispersión de rentabilidades semanales del S&P 500 (2013 – 2018)	59
Figura 45 - Dispersión de rentabilidades mensuales del S&P 500 (2013 – 2018)	59
Figura 46 - Evolución diaria del VIX (2008 – 2012)	60
Figura 47 - Evolución semanal del VIX (2008 – 2012)	60
Figura 48 - Evolución mensual del VIX (2008 – 2012)	61
Figura 49 - Histograma diaria del VIX (2008 – 2012)	61
Figura 50 - Histograma semanal del VIX (2008 – 2012)	62
Figura 51 - Histograma mensual del VIX (2008 – 2012)	62
Figura 52 - Dispersión diario del VIX (2008 – 2012)	63
Figura 53 - Dispersión semanal del VIX (2008 – 2012)	64
Figura 54 - Dispersión mensual del VIX (2008 – 2012)	64
Figura 55 - Evolución diaria del VIX (2013 – 2018)	65
Figura 56 - Evolución semanal del VIX (2013 – 2018)	65
Figura 57 - Evolución mensual del VIX (2013 – 2018)	65
Figura 58 - Histograma diaria del VIX (2013 – 2018)	66
Figura 59 - Histograma semanal del VIX (2013 – 2018)	66
Figura 60 - Histograma mensual del VIX (2013 – 2018)	67
Figura 61 - Dispersión diaria del VIX (2013 – 2018)	68
Figura 62 - Dispersión semanal del VIX (2013 – 2018)	68
Figura 63 - Dispersión mensual del VIX (2008 – 2012)	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Resumen de estadísticas para el S&P 500 (2008 – 2018)	22
Tabla 2 – Resumen comparativo de estadísticas para el S&P 500	22
Tabla 3 - Resumen de estadísticas para el VIX (2008 – 2018)	27
Tabla 4 - Resumen comparativo de estadísticas para el VIX	28
Tabla 5 - Parámetros de las 11 opciones	33
Tabla 6 - Parámetros de las 11 opciones después de 1 semana	34
Tabla 7 - Valores finales del portafolio después de 1 semana	35
Tabla 8 - Resumen de 28 portafolios con opciones simulados	38
Tabla 9 – Resumen de 9 portafolios seleccionados con opciones simulados	40
Tabla 10 – Parámetros de opciones <i>Call</i> y <i>Put</i>	41
Tabla 11 – Resultados de portafolio simulado N° 1	42
Tabla 12– Parámetros de opciones <i>Put</i>	43
Tabla 13 – Resultados de portafolio simulado N° 2	44
Tabla 14– Parámetros de opciones <i>Call</i> y <i>Put</i>	46
Tabla 15 – Resultados de portafolio simulado N° 3	47
Tabla 16 – Resumen de variables estadísticas del S&P 500 (2008 – 2012)	54
Tabla 17 – Resumen de variables estadísticas del S&P 500 (2013 – 2018)	58
Tabla 18 - Resumen de variables estadísticas del VIX (2008 – 2012)	62
Tabla 19 – Resumen de variables estadísticas del VIX (2013 – 2018)	67

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen de manera muy especial al Ph. Luis Chávez Bedoya por sus asesoramientos e importantes comentarios y sugerencias, los cuales hicieron posible que la presente investigación se realice de manera satisfactoria.

CYNTIA CAPCHA CORONADO

Urb. Albino Herrera Mz E lote 19, Callao | 977-180-022|
Correo: cynthia.capcha@gmail.com

Profesional con más de diez años de experiencia y especialización en Gestión de Riesgo Crediticio. Cuenta con experiencia en la implementación de modelos de gestión de riesgos, en el marco de la Gestión Integral del Riesgo. Cuenta con amplio conocimiento en seguimiento y análisis de clientes, determinación de provisiones, clasificación de cartera de créditos.

Demostrada capacidad de liderazgo de equipos multidisciplinarios y con sólida experiencia en dirigir grupos, en situaciones que demanden esfuerzo y trabajo bajo presión. Orientado al trabajo por objetivos y capacitado para enfrentar situaciones de desafío y superación.

PROFESION:

2015 – 2018 **UNIVERSIDAD ESAN**
Magister en Finanzas

2000 – 2005 **UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**
Contadora Pública

EXPERIENCIA PROFESIONAL

Abr. 2104 – Actual **BANCO FINANCIERO**
Cargo: Especialista de Seguimiento Banca Personas
Número de Personas a cargo: 2

- Analizar e identificar segmentos de menor o mayor riesgo en el portafolio minorista.
- Análisis de Riesgo / Rentabilidad por producto
- Análisis de Vintage (cosechas)
- Automatización de procesos (SQL)
- Elaborar y analizar indicadores de mora (mora contable, contagio, rezago y costo de crédito (o índice de provisiones), gasto bruto, neto y otros indicadores de cartera.
- Permitir el crecimiento de cartera de S/8MM a S/40MM con riesgo moderado.
- Valorización de Portafolio.

Set. 2013 – Abr. 2014 **BANCO DE COMERCIO**
División de Auditoría Interna
Cargo: Auditor de Créditos

- Responsable de la evaluación a la Gestión del Riesgo de Sobreendeudamiento en la cartera minorista.

- Responsable de la evaluación al Proceso y Gestión de Riesgo de Crédito de la Cartera No Minorista.
- Responsable del examen de la Gestión en el Proceso de Cobranzas y Recuperación de Créditos Vencidos, Judiciales y Castigados

Ene. 2012 – Ago. 2013 **BANCO INTERAMERICANO DE FINANZAS**

Subgerencia Seguimiento de Riesgos

Cargo: Funcionaria de Seguimiento de Riesgos

- Contribuir con el crecimiento y desarrollo sano y rentable del portafolio de créditos mediante la identificación y comunicación correcta de las debilidades y riesgos potenciales a los que se encuentra sujeto el portafolio análisis de Cosechas, matriz de transición, análisis de estrés entre otros.
- Generación y control de indicadores de riesgo de la cartera
- Encargada de implementar y automatizar el modelo de gestión de clientes sobreendudados y clientes expuestos al riesgo cambiario crediticio.
- Proponer modificaciones y/o cambios de políticas de riesgos.
- Automatización de Procesos.
- Elaboración de informes mensuales de soporte para admisión, seguimiento y cobranza.
- Elaboración de informes para el Directorio y SBS.

Dic. 2005 – Jun. 2008 **BANCO DE COMERCIO**

División de Riesgos – Control de Créditos

Cargo: Analista de Créditos

- Identificar y proponer a la Gerencia de Riesgos variables de alerta que consideren necesarios para una oportuna detección del riesgo crediticio.
- Análisis de Sobreendudamiento y Administración de Portafolio.
- Control del ratio de calidad de Cartera Formulando y aplicando estrategias para minimizar los posibles riesgos de incobrabilidad.
- Encargada de elaborar el Anexo 5: Informe de la Cartera de Créditos, Contingentes y Otros.
- Determinar e informar las provisiones de la cartera crediticia.

IDIOMAS:

**INSTITUTO CULTURAL PERUANO
NORTEAMERICANO - ICPNA**
Advance Level

ESTUDIOS:

Abr. 2012

CIBERTEC

Business Intelligence Application Developer
SQL Server 2008

Abr. 2009 – Jun. 2008

UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ

Diplomado en Estadística Aplicada

2010 Oct

**ALIDE - SEMINARIO INTERNACIONAL –
ARGENTINA**

Modelos Avanzados de Riesgo de
Créditos – Buenos Aires

NORALUZ CÁRDENAS VALDIVIESO

Av. Tacna 685 – Dpto. 102, Cercado de Lima | 956-329-294|

Correo: cardenasvaldiviesonoracruz@gmail.com

Profesional Titulada en Economía de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos con Maestría en Finanzas en ESAN, con 3 años de experiencia en la gestión de Productos y Servicios Bancarios Corporativos, orientada hacia la obtención de resultados y generación de negocios en mercados nuevos y actuales, con capacidad para liderar equipos multidisciplinarios.

FORMACIÓN:

2015-2018	UNIVERSIDAD ESAN Magíster en Finanzas
2013	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS Titulada en Economía
2007-2012	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS Bachiller en Economía

EXPERIENCIA

Mar-2017-Actual	BANCO DE LA NACIÓN Analista de Productos, Canales y Servicios de Inclusión <ul style="list-style-type: none">• Elaborar los proyectos de contratos y convenios por los servicios que oferta la Subgerencia para las Instituciones Financieras de Intermediación, en coordinación con las unidades orgánicas, a fin de contar con la opinión de las Gerencias de Riesgos y Legal.• Preparar los informes necesarios para solicitar la aprobación de las propuestas de prestación y suscripción de contratos y/o convenios.• Realizar las actividades necesarias para la formalización de los convenios y/o contratos suscritos según la normatividad legal vigente, en coordinación con las unidades orgánicas pertinentes• Gestionar la suscripción de convenios y/o contratos con las Instituciones Financieras de Intermediación, que se deriven de la negociación de productos y servicios ofertados por la Subgerencia.• Monitorear la correcta aplicación y cumplimiento de los lineamientos referidos a la gestión y metas de negocios establecidas para la Subgerencia, por parte del personal encargado de realizar la gestión comercial en los canales de atención pertinentes.
-----------------	---

- Instruir al personal encargado de realizar la gestión comercial de los productos y servicios administrados por la Subgerencia, los lineamientos referidos a la gestión y cumplimiento de metas.
- Oct.2013-
Nov.2015
- Locadora de Servicios de la División de Banca de Servicios del Departamento de Negocios***
- Responsable de Gestionar e implementar Convenios de Servicios Bancarios a diversas entidades públicas y privadas en los canales de atención del Banco: Agencias, Cajeros Corresponsales, Internet, Banca Celular. Estandarizando procesos de atención y gestión de recursos a través de la planificación y ejecución de proyectos de TI.
 - Responsable de atender integralmente a los clientes de Banca Corporativa, creando vínculos comerciales y satisfaciendo sus requerimientos de manera de mantener y generar nuevos negocios para el Banco.
 - Responsable de la comercialización de Servicios en los diferentes canales de atención, en coordinación con las Gerencias de Riesgos, Finanzas y Operaciones del Banco.
 - Proponer e implementar mejoras en los procesos operativos. Elaboración de reportes del mercado microfinanciero.
- Abr.2013-Set.2013
- Practicante Profesional en la División de Banca de Servicios del Departamento de Negocios**
- Ene.2012-
Mar.2013
- MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS**
Practicante Pre-Profesional en el área de Finanzas de la Dirección General de Endeudamiento y Tesoro Público
- ESTUDIOS:**
- Nov.2014
- BANCO CENTRAL RESERVA DEL PERÚ**
III Curso sobre los Sistemas de Pagos en el Perú
- Oct.2014
- UNIVERSIDAD DE LIMA**
Negociación y Gestión de Conflictos
- Ago.2014-Oct.2014
- CENTRO DE ESPECIALIZACIÓN EN TEORÍA ECONÓMICA Y FINANZAS “LAMBDA”**
Herramientas para la Evaluación de Proyectos con @Risk, Crisall Ball, Risk Simulator.
- Jun.2014-Ago.2014
- Programa de Finanzas Intermedio
- Jul.2010-Nov.2010
- Programa de Teoría Económica y Finanzas
- May.2014– Jun.2014
- SISTEMAS UNI**
Ms. Excel Avanzado 2013
- Ene.2012
- Ms. Excel Financiero 2010

Mar.2014	INST. GUAYAQUIL – ECUADOR Econometría: Series de Tiempo
Ago.2011- Oct.2012 Abr.2010– Abr.2011	ICPNA Advanced Program of English Intermediate Program of English
Ene.2012-Mar.2012	INFO PUC Stata 11 para Economistas
May.2007– Jun.2007	INFO SAN MARCOS Ms. Office
Mar.2004	UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO Ms. Access

MARILUZ CUICAPUSA INCALLA

Av. Primero de Mayo 1947 Edificio 16 Dpto. 404, Villa el Salvador | 956-976-024|
Correo: mariluz.fcc30@gmail.com

Contadora Colegiada, con maestría en finanzas, y post grado en Gestión Tributaria, Normas Internacionales de Información Financiera. Experiencia profesional en compañías del rubro inmobiliario, inversiones, constructor, retail, producción y post producción de comerciales de televisión; especialista en Estados Financieros Consolidados, participación exitosa como líder de proyecto de implementación de Normas Internacionales de Información Financiera, manejo de sistemas ERP, SAP dynamics.

FORMACIÓN:

2015 - 2017	UNIVERSIDAD ESAN Magister en Finanzas.
2008	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO Título de Contador Público
2002 - 2007	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO Bachiller en Contabilidad.

EXPERIENCIA:

2017-2018	GRUPO IN360 – Grupo de empresas del rubro inmobiliario enfocados al desarrollo de proyectos y servicios inmobiliarios.
Ago.2017- Actual	Contador General. Responsable de la gestión de proceso cierre contable mensual y anual, reportes de gestión, líder en la implementación de nuevos procesos de mejoras del área contable. Reporta a Gerencia General y financiera. <ul style="list-style-type: none">• Responsable de elaboración de Estados Financieros consolidados del grupo.
2014-2017	GRUPO INMOBILIARI – Grupo de empresas del sector construcción-inmobiliario enfocados a construcciones residenciales y oficinas Premium.
Feb.2014 – Abr.2017	Analista Senior. Gestión de proceso cierre contable mensual y anual, reportes de gestión, líder en la implementación de nuevos procesos de mejoras del área contable. Reporta al Contador Corporativo y al Sub Gerente. <ul style="list-style-type: none">• Responsable de elaboración de Estados Financieros consolidados del grupo de acuerdo a NIIF (IFRS).• Encargado de atención de auditorías financieras externas.• Preparación de información para Estudio de Precios de Transferencia.

- Oct.2011 – Ene.2014 **Analista Contable**
- Elaboración de los Estados Financieros (Situación Financiera, Estado de resultados, Patrimonio) consolidados del grupo e individuales.
 - Preparación de información para Estudio de Precios de Transferencia.
 - Registro de operaciones y provisiones financieras, con la finalidad de mantener actualizada la información contable de las diversas empresas del grupo.

2008-2009 **TIENDAS POR DEPARTAMENTO RIPLEY** Empresa del sector retail.

- Ago.2009 - Set.2011 **Analista Contable. Reporte al Supervisor Contable.**
- Responsable del análisis de cuentas de planillas, conciliación de saldos entre las compañías relacionadas del grupo.
 - Elaboración de notas a los Estados Financieros.
 - Encargada del análisis y registros de las cuenta de gastos, entregas a rendir viáticos.
 - Preparación de información para Estudio de Precios de transferencia.
 - Dominio del Sistema SAP, AP, GL y subida de macros en LSMW.

TIENDAS POR DEPARTAMENTO RIPLEY Empresa del sector retail.

Dic.2008 - May.2009 **Asistente Contable. Reporte al Supervisor Contable.**

DIPLOMADOS

2015 **UNIVERSIDAD ESAN**
Diplomado en Gestión Tributaria Empresarial

2012 **UNIVERSIDAD ESAN**
Diplomado en Normas Internacionales de Información Financiera

JORGE DELESMIRO ROMERO PEÑALOZA

Jr. Huancabamba 1586, Breña | 997-898-939|

Correo: jdromero@outlook.com.pe

Contador público colegiado y licenciado en administración con 7 años de experiencia en el área contable, orientado al trabajo en equipo con capacidad para dirigir y lograr los objetivos planteados.

FORMACIÓN

2015 - 2018	UNIVERSIDAD ESAN Maestría en Finanzas.
2004 - 2011:	UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS Contabilidad y Administración.

EXPERIENCIA

2017-2018	LUZ DEL SUR
Ago.2017- Actual	Analista de Contabilidad. Cierre y reporting, rollforwards, elaboración de estados financieros separados y consolidados (USGAAP e IFRS), elaboración de notas a estados financieros separados, consolidados y reportes para presentación a organismos reguladores (SMV, BCRP, etc), declaración y pago de impuestos de periodicidad mensual y anual, elaboración de reportes diversos para uso de la gerencia de finanzas.
2011-2012	LUZ DEL SUR
Jul.2011- Ago. 2012	Asistente de Contabilidad. Análisis de cuentas, conciliaciones bancarias, conciliación de saldos entre empresas relacionadas, registro de documentos, mantenimiento de reportes financieros en módulo financiero ERP y apoyo en temas relacionados a auditorías.
2010-2011	LUZ DEL SUR
Jul.2011- Ago. 2012	Practicante de Finanzas. Conciliación de contribuciones reembolsables al cliente, análisis de cuentas, preparación de reportes para presentación al directorio.

2010-2011

POTATO INTERNATIONAL CENTER

Jul.2010- Jun. 2011 Practicante de Contabilidad. Conciliaciones bancarias, registro de documentos, emisión de comprobantes de pago, análisis de cuentas, elaboración de reportes, registro y liquidación de adelantos a rendir.

FORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Ago.2011- Set. 2011: Control interno y gestión del riesgo.
Universidad de Lima.

Ene. 2011 – Mar. 2011: Ciclo de intercambio Universitario en Inglés-USA.
Santa Fe University of Art and Design, New Mexico.

Feb. 2009 - Jul. 2009: Ciclo de intercambio Universitario en Administración - Brasil.
Universidade Anhembi de Morumbi, Sao Paulo.

IDIOMAS E INFORMATICA

Inglés: Nivel avanzado hablado y escrito.
Portugués: Nivel avanzado hablado y escrito.
Office: Nivel Alto. Manejo avanzado de todo el paquete office.

RESUMEN EJECUTIVO

Maestría en: Magíster en Finanzas

Título de la tesis: **Metodología para medir el riesgo de un portafolio de opciones europeas sobre índices utilizando valor en riesgo y simulación de Monte Carlo.**

Autores: Capcha Coronado Cyntia

Cárdenas Valdivieso Noraluz

Cuicapusa Incalla Mariluz

Romero Peñaloza Jorge Delesmiro

RESUMEN:

Con el presente estudio de investigación se busca medir el riesgo de portafolios de opciones europeas (*Calls* y *Puts*) sobre el índice S&P 500, para lo cual consideramos en nuestra simulación el índice VIX por ser el índice que mide la volatilidad pronosticada del S&P 500¹, al recopilar información de la serie del VIX encontramos los cambios del riesgo de las opciones.

Nuestra investigación inicia con el análisis descriptivo de la evolución diaria, semanal y mensual de las rentabilidades de los índices S&P 500 y de los cambios del VIX durante los periodos 2008 al 2018². Con éstas variables, se realizó el análisis de los histogramas y gráficos de dispersión para conocer la dependencia entre sus datos, producto del análisis encontramos que las variables son independientes y no presentan correlación.

Como siguiente paso se explica el procedimiento de la simulación del portafolio con opciones y S&P 500, usando la metodología Black and Scholes para valorizar las opciones, el Valor en riesgo y la Simulación Monte Carlo, para así hallar los valores

¹Índice más representativo del mercado de acciones de Estados Unidos, [utilizado como referente a nivel mundial, en otras palabras refleja el mercado](#)

² El estudio de los datos también se trabajó en dos periodos de cinco años cada una (enero 2008 hasta enero 2013 y febrero 2013 hasta marzo 2018).

de los portafolios considerando periodicidad semanal de los rendimientos S&P 500 y cambios del VIX porque consideramos es una frecuencia razonable. Es necesario precisar que este procedimiento será el mismo para los datos diarios y mensuales. Puntos importantes en este paso fue encontrar que ambas variables siguieron una distribución logística y que presentaron una correlación negativa; es decir mientras se incrementa el rendimiento del S&P 500 baja la volatilidad y así viceversa. Hemos trabajado con dos escenarios: un portafolio sólo con índices S&P 500 y un portafolio con índices y opciones.

Es en este punto, nuestra investigación se enfoca en simular portafolios con S&P 500 y 2 tipos de opciones (*Calls* y *Puts*), con diferentes pesos, para encontrar una combinación adecuada que tenga desviación estándar baja, pérdidas menores y ganancias más altas, y también entender cómo se comportan las diferentes simulaciones.

El estudio culmina con los resultados que se obtienen a través de las simulaciones de los portafolios, encontrando las siguientes observaciones: primero, que trabajar con opciones de precios bajos inyecta riesgo al portafolio; segundo, las opciones *Puts* ayudan a compensar las pérdidas porque te paga cuando el índice cae, mientras que los *Calls* no, pero también acota las ganancias; tercero, incluir una mayor proporción de opciones en un portafolio genera que se pueda disminuir el riesgo hasta un punto, en el cual se presentan portafolios con desviaciones estándar más grandes; y cuarto, si se formamos un portafolio con menor proporción de opciones, el portafolio se vuelve menos riesgoso, acotando la pérdida y reduciendo la ganancia. Por lo tanto, podemos decir que según los objetivos que tenga el inversionista se formará el portafolio adecuado según el nivel de riesgo que está dispuesto a asumir.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Con el paso del tiempo la necesidad de rentabilizar mejor nuestro dinero y darle un mejor uso ha causado que las personas busquemos nuevas opciones de ahorro e inversión, que nos permita conseguir más por menos dinero. Esta situación ha generado que se le otorgue importancia al uso que le damos al dinero, por ser un bien que nos ayuda a la subsistencia y a satisfacer necesidades de las personas que forman las sociedades. Por ello, las personas requieren y buscan constantemente incrementar los excedentes dinerarios por medio del ahorro o inversión. Es por ello, que tomar la decisión de invertir abre un abanico de alternativas por evaluar.

En la actualidad, el mercado financiero ofrece diversas alternativas de inversión que maximizan la rentabilidad de nuestro dinero. Tomar una decisión de inversión considera, previamente, una serie de análisis y evaluaciones a tomar en cuenta. Este paso previo implica realizar una exhaustiva búsqueda de opciones y alternativas de inversión que maximicen la rentabilidad de nuestro capital de acuerdo al horizonte de tiempo establecido, ya sea en corto, mediano o largo plazo. Cada alternativa ofrece ventajas y desventajas que serán elegidas de acuerdo al perfil de riesgo de cada persona.

Las personas que deciden invertir, requieren de herramientas que les permitan medir el riesgo de sus portafolios de inversión. Para ello, existen diversas metodologías de medición de riesgos que les permite un manejo adecuado de la volatilidad de los portafolios de inversión. Así, contamos con metodologías como “Medición del valor en riesgo o VAR”, “Análisis de escenarios” y otras que apoyan al inversionista en conocer el riesgo de pérdida de su portafolio de inversión.

Por ello, la presente tesis se presenta como una herramienta alternativa de medición de riesgos para portafolios con opciones sobre índices utilizando el valor en riesgo y simulaciones Montecarlo. Así, se simularon muchos portafolios de inversión con dos tipos de instrumentos financieros. Inversión en el índice S&P 500 e inversión en opciones sobre el S&P 500. Además, para medir la desviación estándar del portafolio se utilizó el VIX como indicador de volatilidad. Esta

metodología de medición permitió determinar un modelo para buscar mejores portafolio, medir el riesgo de los portafolios simulados y, mejorar la gestión del riesgo de este tipo de portafolios.

Este trabajo de investigación despierta el interés del equipo porque nos permitió investigar y descubrir que se pueden desarrollar otras metodologías para generar ganancias. Esto gracias a la conformación de portafolios que incluyan a las opciones Call y Put, que nos permiten a través de estrategias poder mitigar el riesgo. Los portafolios que incluyen opciones, en algunos casos, se configuran como rentables alternativas de inversión frente a otros instrumentos financieros existentes en el mercado financiero.

Finalmente, el presente trabajo de investigación concluye con resultados interesantes obtenidos durante el desarrollo de la metodología para medir el riesgo de los portafolios simulados. Para lograr tales resultados, se trabajó con datos históricos del S&P 500 y del VIX por un periodo de 10 años y componer portafolios con opciones sobre el índice S&P 500 y el propio índice S&P 500. Luego de realizar simulaciones se logró comprender los efectos que imprimen las opciones sobre los portafolios. Es decir, por un lado pueden incrementar el riesgo del portafolio y por lo tanto la rentabilidad, mientras que también, pueden servir para controlar el riesgo acotando las pérdidas. Todo esto, depende de la estrategia de inversión utilizada, el perfil de riesgo del inversionista, el tipo de opciones a utilizar dentro del portafolio y el peso de las opciones dentro del portafolio. Así, por tanto, podemos decir, que según los objetivos que establezca el inversionista se determinarán el portafolio que más le convenga y escoger el más interesante que resulte a través de esta metodología.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Evaluar el riesgo de un portafolio de opciones europeas sobre índices usando la metodología del Valor en Riesgo y simulación Monte Carlo.

1.1.2. Objetivos Específicos

1. Valorizar opciones *Call* y *Put* europeas utilizando el modelo de Black Scholes, cuando el subyacente y la volatilidad cambian aleatoriamente.
2. Encontrar empíricamente la distribución para un portafolio de opciones europeas sobre un índice.
3. Medir el riesgo de portafolio de opciones europeas sobre índices utilizando Valor en Riesgo.
4. Discutir el efecto de incluir opciones *Call* y *Put* en un portafolio de inversión.

1.2. Justificación

Las opciones son un tipo de instrumento versátil, que permiten controlar el riesgo de los inversionistas; asimismo, puede resultar más rentable invertir en un portafolio que incluya opciones debido a que podrían tener un mayor retorno que comprando la acción o el subyacente. Mediante la adquisición de opciones, el riesgo podría disminuir en cuanto al capital invertido debido a que pagamos una prima y no el valor total de las acciones y permiten una protección en el caso de incluir opción *Put* dado que acotamos la pérdida. En consecuencia de lo anterior resulta importante establecer una metodología para medir el riesgo de un portafolio que incluya opciones para maximizar su rentabilidad y reducir el riesgo.

1.3. Alcance

El alcance del presente estudio será explicar una metodología, basada en simulación Monte Carlo, para medir el riesgo de un portafolio de opciones europeas sobre índices a través del Valor en Riesgo, basándonos en estrategias especulativas y de cobertura.

La serie de datos, utilizados en la calibración de los modelos, comprende información histórica del S&P 500 y VIX de los 10 últimos años.

1.4. Limitaciones

- Uso del modelo de Black – Scholes sin dividendos para valorar opciones europeas sobre índices.
- Uso sólo de opciones sobre S&P 500 por disponibilidad de información.
- Disponibilidad de información sobre volatilidad de acciones a partir de precios de opciones.

1.5. Contribución

En la actualidad, las opciones son cada vez más usadas por los inversionistas dentro de sus portafolios de inversiones como medio de diversificación de riesgo. La incorporación de opciones en un portafolio de inversión genera una serie de problemas al utilizar el modelo media-varianza. Esto debido a que las opciones presentan una no linealidad en sus precios, sus rendimientos no son simétricos y la covarianza con otros activos es difícil de determinar. La principal fuente de la metodología empleada en esta tesis corresponde a Meucci (2007) pues brinda los pasos necesarios para incorporar las fuentes de incertidumbre de las opciones en la valuación del portafolio. Sin embargo, Meucci (2007) no formula una metodología detallada y deja de lado la calibración de los modelos a datos verdaderos de los mercados. Es por ello que la presente tesis aporta con una mejor explicación de los dos puntos anteriores.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

A continuación se describen las definiciones de opciones así como sus tipos, posiciones y factores que influyen en sus precios, luego describimos las definiciones de los índices S&P 500 y VIX, finalmente se detalla las metodologías Black-Scholes y valor en riesgo.

2.1. Opciones

A continuación detallaremos algunos antecedentes sobre los mercados de opciones, bolsa de valores, y mercado secundario, así como algunos conceptos referentes a las opciones.

2.1.1. Historia de los Mercados de Opciones

Las primeras negociaciones se realizaron en el Siglo XVIII, en Europa y en Estados Unidos. Hull (2014) divide la historia de opciones en tres grandes grupos, que a continuación se explicará:

a) Put and Call Brokers and Dealers Association

En el Siglo XX, se formó una institución llamada “Put and Call Brokers and Dealers Association” formada por un grupo de empresas asociadas, compradores y vendedores. El mecanismo radicaba en que el inversionista se contacte con las empresas para que éstas a su vez encontraran a un emisor de la opción, pudiendo ser sus propios clientes o de otras empresas, en caso no encontraran, la empresa emitiría la opción. Las deficiencias o limitaciones a la que se enfrentaban fueron las siguientes: el comprador tenía que esperar hasta la fecha de vencimiento para poder vender, y el vendedor podría incumplir con el contrato por falta de mecanismos de control, pudiendo llegar a temas legales para solucionar el problema.

b) Bolsa de Valores

En abril de 1973 se creó el Chicago Board Options Exchange (CBOE), que es la bolsa de valores que negocia exclusivamente opciones sobre acciones. Posteriormente, el mercado de opciones logra tener mayor acogida por los inversionistas, negociándose opciones sobre acciones, índices bursátiles, divisas, entre otros. Actualmente en Estados Unidos, las principales bolsas que negocian opciones son: Chicago Board Options Exchange, NASDAQ OMX, NYSE Euronext, International Securities Exchange y Boston Options Exchange.

Este mercado organizado de opciones, presenta contratos de manera estandarizada con regulaciones en las negociaciones.

c) Mercado Secundario

Desde 1980, este mercado empezó su aceptación creciendo a tal punto que actualmente es más grande comparado al mercado negociado en bolsa. Presentando ventajas como: el diseño es específico según lo requerido por los negociantes, las negociaciones se llevan directamente entre los interesados. Los principales participantes son bancos, administradores de fondos, corporaciones, instituciones financieras, otros. La principal desventaja del mercado secundario es que el emisor pueda incumplir estando el comprador expuesto a un riesgo de crédito, por eso exigen garantías colaterales

2.1.2. Definición de Opciones

Una opción es un instrumento financiero que, a través de un contrato, otorga al comprador el derecho, pero no la obligación, a comprar o vender un determinado activo subyacente, a un precio fijado de antemano llamado precio de ejercicio, en un plazo de tiempo determinado o fecha de vencimiento. Cuando se adquiere una opción se debe pagar un precio adelantado llamado prima de la opción y no se adquiere ningún activo sino se adquiere la posibilidad de obtener una utilidad por la evolución del precio del activo subyacente.

Las opciones pueden ser europeas y americanas, siendo la diferencia entre ellas que las primeras únicamente pueden ejercerse cuando llegue su fecha de expiración; en cambio las americanas en cualquier momento hasta la fecha de expiración.

2.1.3. Tipos de Opciones

1) Opción Call o de compra

Una opción *Call* o de compra otorga al propietario el derecho de adquirir un activo en cierta fecha (o antes) y a un precio fijo. El inversionista considerará lo siguiente: si el precio de la acción S es inferior al precio del ejercicio K , no optará por ejercer el derecho de comprar, puesto que en el mercado el precio de la acción costará menos a lo pactado en el contrato, perdiendo la prima pagada. Pero si S es mayor a K , el inversionista ejercerá ese derecho porque podrá comprar la acción a menor precio ya pactado mediante la opción, a que lo que hubiese comprado a un mayor valor en el mercado, y si inmediatamente vende la acción en el mercado obtendría una utilidad restando la prima pagada. Entonces se puede decir que a medida que el precio de la acción S exceda al precio de ejercicio K , las utilidades del inversionista se incrementarán.

Una opción de compra también adquiere valor en los siguientes casos:

1. A medida que aumenta la fecha de vencimiento T . En las opciones americanas, una opción de compra con una mayor vida tendrá mayor probabilidad que el precio de acción varíe que una con una menor vida, pero si es más corta la vida de una opción, su valor disminuirá.
2. Cambios en la volatilidad σ , las opciones aumentan su valor ante aumentos de la volatilidad del precio de acción y disminuye su valor si disminuye la volatilidad del precio de la acción.
3. Cuando la tasa de interés disminuye, el precio de la acción S aumenta, incrementando el valor de la opción de compra (pero si aumenta la tasa de interés, S cae, disminuyendo el valor de la opción de compra).

2) *Opción Put o de venta*

Una opción *Put* o de venta otorga al propietario el derecho de vender un activo en cierta fecha (o antes) y a un precio fijo. El inversionista considerará lo siguiente: si el precio de la acción S es inferior al precio del ejercicio K , optará por ejercer el derecho de vender, porque compra en el mercado a un precio menor para luego vender las mismas acciones al precio pactado, obteniendo utilidades restando la prima pagada. Pero si S es mayor a K , el inversionista no ejercerá ese derecho de vender, perdiendo la inversión inicial. Entonces se puede decir que a medida que el precio de ejercicio K exceda al precio de la acción S , las utilidades se incrementarán.

En una opción de venta adquiere valor:

1. A medida que aumenta la fecha de vencimiento, por las mayores probabilidades que el precio de acción varíe que una con una menor vida, pero si es más corta la vida de una opción, su valor disminuirá.
2. Cambios en la volatilidad σ , aumenta su valor ante aumentos de la volatilidad de precio de acción y disminuye su valor si disminuye la volatilidad del precio de la acción.
3. Cuando la tasa de interés aumenta, el precio de la acción S disminuye, aumentando el valor de la opción de venta; pero si disminuye la tasa de interés, S disminuye, y con ello el valor de la opción de venta.

2.1.4. *Posiciones de las opciones*

En los contratos de opciones se presenta 2 segmentos, primero el inversionista quien decide comprar la opción o quien ha tomado una posición larga o *long*, y en el segundo segmento se encuentra el que emite la opción, que vende la opción o quien asume una posición corta o *short*. A continuación se presenta 4 posiciones:

1) *Long Call o posición larga en una opción de compra.*

Un inversionista compra una opción de compra que le da el derecho a comprar a un precio strike K , pagando una prima por anticipado, por presentar expectativas al alza del precio de ese activo S . Entonces siempre que $S > K$, el inversionista ejecutará su derecho, presentando un beneficio ilimitado (no importa el valor de la prima), esto debido a que podrá comprar a un precio más cómodo que el del mercado; siendo la prima lo máximo perder al comprar una opción de compra y lo máximo que puede ganar es la diferencia de S menos K .

2) *Short Call o posición corta en una opción de compra*

Un inversionista vende una opción de compra y a cambio recibe una prima de un comprador, este último tiene el derecho de comprar un activo subyacente a un precio strike K . Entonces el inversionista que vendió este contrato perderá cuando $S > K$, por motivos que no puede venderlo al precio alto del mercado. Si el comprador no ejercita su derecho, por motivos que el precio final del activo S es menor a K , el inversionista que vendió el contrato ganará la prima. Por lo tanto, este último podrá ganar como máximo la prima, siendo su pérdida indefinida.

3) *Long Put o posición larga en una opción de venta*

Un inversionista compra una opción de venta, que le da el derecho de venderlo a un precio strike K porque tiene expectativa que el precio del activo disminuya, a cambio paga una prima anticipada. Entonces el inversionista ejercerá su derecho y ganará más siempre que $S < K$, siendo el beneficio ilimitado, mientras que la pérdida está limitada por la prima.

4) *Short Put o posición corta en una opción de venta*

Un inversionista vende una opción de venta porque tiene expectativas al alza del precio del activo, a cambio recibe una prima de un comprador y el comprador tiene el derecho de vender el activo subyacente a un precio strike K al inversionista. El

comprador ejercerá su derecho de vender si $S < K$, provocando que el inversionista que vendió la opción de venta pierda. El comprador no ejercerá el derecho de vender si $K < S$, en este caso el inversionista que vendió la opción de venta ganaría la prima. Por lo tanto, el beneficio para el inversionista sería limitado por la prima, mientras que la pérdida es ilimitada.

2.1.5. Factores que influyen en los precios de las opciones

Según Hull (2014), hay 6 factores que influyen en los precios de las opciones entre ellas se encuentran:

S , precio final de la opción al cierre de la negociación del día del ejercicio.

K , precio de ejercicio.

T , plazo de vencimiento.

σ , volatilidad del subyacente.

r , tasa de interés libre de riesgo.

Dividendos que entrega el subyacente durante la vida de la opción.

Para evaluar estas variables se utiliza la aplicación de las letras griegas, que son un conjunto de medidas las cuales nos ayudan a determinar las sensibilidades de los precios de la prima de las opciones *Call* y *Put*, cada una mide una dimensión diferente de riesgo como volatilidad, plazo de vencimiento, tipo de interés y deben ser tomadas en cuenta al momento de gestionar el riesgo ante las variaciones de las variables.

2.2. Índices

2.2.1. S&P 500

El índice Standard & Poor's 500 denominado también como S&P 500 es uno de los índices bursátiles más importantes de Estados Unidos. Es un activo subyacente para el mercado de los derivados y un marcador importante de tendencias de la economía norteamericana.

Este índice se basa en la capitalización bursátil de las 500 más grandes empresas (por capitalización de mercado) que poseen acciones que cotizan en las bolsas NYSE o NASDAQ. Se diferencia de otros índices de mercados financieros de Estados Unidos, en la variedad de los rubros que lo conforman y en su metodología de ponderación. Dentro de estas 500 empresas se encuentran: 400 empresas industriales (dentro de las cuales tenemos empresas del sector energía, tecnología, telecomunicaciones, cuidado de la salud, productos básicos de consumo entre otros), 20 empresas de transporte, 40 empresas de servicio público y 40 empresas de servicios financieros.

Este índice se pondera de acuerdo a la capitalización de mercado de cada una de las empresas. El avance de la tecnología facilita que el índice se pueda calcular y difundir en tiempo real. Al S&P 500 lo mantiene el Comité del Índice S&P, cuyos miembros son reconocidos y experimentados analistas del Standard & Poor's. El Comité establece la política de mantenimiento, en base a su propia independencia y objetividad. Asimismo realiza una evaluación continua de los méritos de las empresas para ello aplica los siguientes principales criterios: la capitalización de mercado, liquidez, libre flotación, clasificación por sectores, la viabilidad financiera, domicilio, el tiempo que lleva cotizando en bolsa y listado de intercambio. Otra condición importante que se debe cumplir, es que las acciones de las empresas también deben mantenerse con un volumen mínimo de negociación mensual de 250.000 acciones dentro de los seis meses anteriores a la fecha de evaluación.

2.2.2. VIX

El índice VIX es un índice de volatilidad del mercado de opciones de Chicago (CBOE), compuesto por el precio de las opciones que refleja la expectativa de la volatilidad futura del mercado, es la volatilidad implícita de las opciones del índice S&P 500 en los próximos 30 días. El VIX es un índice de volatilidad anual.

El índice VIX es prospectivo y pretende predecir la variabilidad de los movimientos futuros del mercado. Esto está en contraste con la volatilidad realizada real, que mide la variabilidad de los precios históricos o conocidos.

El índice VIX es considerado el índice del temor, recoge conceptos de mercado, cuando en promedio este indicador se encuentra alrededor de 20% es el esperado, cuando se encuentra por debajo del 20% si se genera temor entre los inversionistas porque esta correlacionado con el S&P 500, tiene una correlación negativa. Recoge las expectativas de los inversionistas, se espera que como volatilidad no tenga mayor fluctuación. Cuando el S&P 500 baja, la volatilidad aumenta en el índice VIX generando preocupación entre los inversionistas.

Según CBOE (2014)³ hace referencia a la fórmula del VIX:

$$\sigma^2 = \frac{2}{T} \sum_i \frac{VK_i}{K_i^2} e^{-RT} Q(K_i) - \frac{1}{T} \left[\frac{F}{K_0} - 1 \right]^2 \quad (1)$$

Donde:

σ : VIX/ 100, con lo cual $VIX = \sigma \times 100$.

T : Tiempo de vencimiento.

F : Nivel de futuro índice a partir de los precios de las opciones.

K_0 : Precio strike bajo el nivel del índice futuro.

K_i : Precio strike de la i -ésima opción; si un *Call* es $K_i > K_0$; y si un *Put* es $K_i < K_0$
; ambos *Put* y *Call* si $K_i = K_0$.

VK_i : Intervalo entre precios strike menos la mitad de la diferencia del strike en cada lado. $(K_{i+1} - K_{i-1}) / 2$

R : Tasa de interés libre de riesgo hasta el vencimiento

$Q(K_i)$: Punto medio de cada opción K_i .

2.3. Metodología de valorización de opciones europeas con la fórmula de Black-Scholes y valor en riesgo (VaR)

En esta tesis utilizaremos la fórmula de Black-Scholes para valorizar opciones europeas y el método de Monte Carlo para calcular el valor en riesgo.

³ CBOE. (2014). *The CBOE Volatility Index – VIX* <https://www.cboe.com/micro/vix/vixwhite.pdf>

2.3.1. Fórmula de Black – Scholes

Este método de valoración de opciones propuesto por Black and Scholes (1973) es uno de los aportes más importantes realizado a las finanzas, pues permite calcular el precio de compra y de venta de opciones europeas sobre acciones de forma adecuada en comparación con otras metodologías existentes. La idea fundamental del modelo es encontrar una combinación de acciones y endeudamiento que puede llegar a replicar el precio de la opción de compra en un periodo de tiempo infinitesimal. Dentro de los diferentes modelos existentes, el modelo Black Scholes es el más usado y difundido.

En relación con el modelo de Black and Scholes, Hull (2014), indica que el modelo propuesto por Black y Scholes parte de la posibilidad de establecer una posición cubierta; es decir libre de riesgo, combinando una posición larga en acciones y corta en *Call* de tipo europeo. A partir de este planteamiento derivan una fórmula que permite estimar el valor teórico de opciones *Call* (o *Put*) de tipo europeo.

La fórmula de Black-Scholes para hallar los precios de las opciones de compra y venta europeas sobre acciones que no pagan dividendos son las siguientes:

$$C = S.N(d_1) - K.e^{-rt}.N(d_2) \quad (2)$$

$$P = Ke^{-rT}N(-d_2) - S_0N(d_1) \quad (3)$$

$$d_1 = \frac{\ln \frac{S}{K} + \left[r + \frac{\sigma^2}{2} \right].T}{\sigma.\sqrt{T}} \quad (4)$$

$$d_2 = \frac{\ln \frac{S}{K} + \left[r - \frac{\sigma^2}{2} \right].T}{\sigma.\sqrt{T}} = d_1 - \sigma.\sqrt{T} \quad (5)$$

Donde:

C : Precio de opción de compra.

P : Precio de opción de venta.

r : Tasa libre de riesgo compuesta continuamente.

$N(d_1), N(d_2)$: Probabilidad que una variable aleatoria normal estándar sea menor a d .

K : Precio del ejercicio de la opción.

S : Precio de la acción.

T : Tiempo de expiración.

σ : Volatilidad.

El modelo de Black – Scholes considera los siguientes supuestos:

1. No hay impuestos ni costos de transacción.
2. Todos los activos son perfectamente divisibles.
3. No hay restricciones a la venta de activos
4. Las tasas de interés son iguales y constantes entre hoy y la fecha de vencimiento.
5. La acción no paga dividendos.
6. El precio de la acción sigue un movimiento browniano geométrico.

Según Fernández V. (1999)⁴ menciona que:

Black y Scholes demostraron que, bajo estos supuestos, uno puede replicar el precio final en T de una *Call* europea comprando un portafolio compuesto de acciones y bonos libres de riesgo en T , y transando dinámicamente este portafolio hasta T . A fin de evitar operaciones de arbitraje, el valor de la *Call* en T debe ser igual al del portafolio réplica en T .

⁴ Fernández V.. (1999) *Teoría de Opciones: Una Síntesis*. <http://www.dii.uchile.cl/~ceges/publicaciones/ceges16.pdf>

2.3.2. Valor en Riesgo (VaR)

El Valor en riesgo (Value at Risk o VaR) establece y cuantifica la máxima pérdida potencial que una determinada posición o cartera puede tener en función de un nivel de confianza dado un determinado horizonte de tiempo.

Cuando calculamos el valor en riesgo para un activo obtenemos la máxima pérdida que puede tener ese activo en el horizonte establecido y con el nivel de confianza predefinido.

El Valor en Riesgo (Value at Risk o VaR) fue desarrollado por la división RiskMetrics de JP Morgan en 1994. El VaR es una forma de medir el riesgo de mercado de un activo o una cartera de activos financieros.

2.3.3. Metodologías para la medición del Valor en Riesgo (VaR)

Las principales metodologías comprenden: Varianza-Covarianza o delta, simulación histórica y simulación de Monte Carlo.

a) Varianza- Covarianza o delta

Para utilizar este método necesitamos de los principales parámetros estadísticos del activo que estamos considerando en el portafolio, como la varianza, y la desviación estándar, éste método es una buena aproximación cuando se utilizan lapsos de tiempo corto en condiciones normales de mercado.

Para los modelos paramétricos se considera el supuesto de que los rendimientos del activo a evaluar siguen un proceso aleatorio y se distribuyen de acuerdo a una curva de densidad de probabilidad normal.

Para ello utilizamos la siguiente fórmula:

$$VaR = F \times S \times \sigma \times \sqrt{t} \quad (6)$$

Donde:

F : Factor que determina el nivel de confianza.

S : Monto de la cartera a precios de mercado.

σ : Volatilidad de los rendimientos del activo.

t : Horizonte de tiempo en que se desea calcular el VaR.

b) Método de simulación histórica

En este método se utiliza gran cantidad de datos históricos para poder estimar el VaR pero realiza el mínimo de supuestos sobre la distribución de probabilidad seguida por las rentabilidades de los factores. Asume que todas las variaciones futuras posibles en los precios de los activos ya se han observado en el pasado, este método asume por tanto que se puede proyectar el futuro a través de datos pasados. Su limitación radica en que no contiene información dinámica.

c) Simulación de Monte Carlo

La simulación Monte Carlo consiste en realizar el análisis de riesgo a través de la creación de modelos con posibles resultados mediante el reemplazo de un rango de valores con una distribución de probabilidad para cualquier factor con incertidumbre inherente. Para simular cada escenario se parte de cambios aleatorios en todos y cada uno de los factores de riesgos, manteniendo su volatilidad y correlación, la cual debería ser estimada previamente.

También este método consiste en realizar múltiples procesos para los retornos de los activos con un horizonte de tiempo que puede ser una semana o mes. Los múltiples procesos se generan a partir de una función de distribuciones de probabilidades que pueda representar el proceso estocástico simulado, para este proceso se realiza una serie de iteraciones. Una vez obtenidos los valores producto de la iteración se procede a calcular la desviación estándar del retorno del activo, (u otras medidas estadísticas) de manera de generar su valor en riesgo.

La ventaja de este procedimiento surge de su flexibilidad para evaluar el riesgo de portafolios cuyos retornos son necesariamente asimétricos, como suele suceder en portafolios que contienen opciones sobre instrumentos. Este método de cálculo es considerado el más completo porque toma en cuenta riesgos no lineales, riesgos de volatilidad, cambios en el riesgo en el tiempo, colas anchas y escenarios extremos.

CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES

En el siguiente capítulo se abordará el análisis estadístico de 2 variables: S&P 500 y VIX durante el periodo de diez años, desde enero 2008 hasta febrero 2018. Además, se hará el mismo estudio de los datos al separarlos en dos periodos de cinco años cada una (enero 2008 hasta enero 2013 y febrero 2013 hasta marzo 2018).

3.1. S&P 500

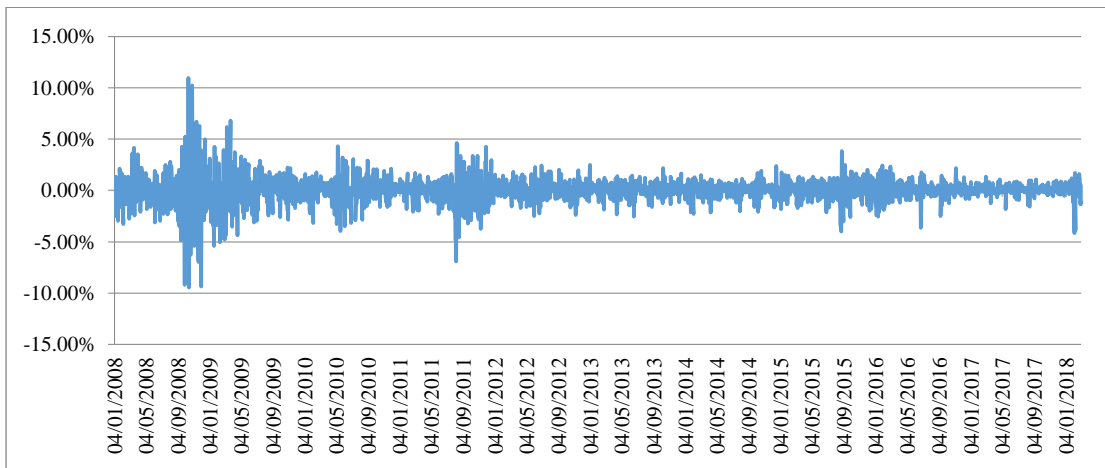
Para el análisis del índice S&P 500, se tomaron las rentabilidades, resultantes de los precios, del índice por un rango de 10 años. A estas rentabilidades se les aplicaron herramientas de análisis estadístico y se formaron 3 grupos de análisis: a) análisis de las rentabilidades diarias, semanales y mensuales de los últimos 10 años, b) análisis de las rentabilidades diarias, semanales y mensuales del primer lustro (3 de enero del 2008 al 31 de enero de 2013) y c) análisis de las rentabilidades diarias, semanales y mensuales del segundo lustro (01 de febrero de 2008 al 02 de marzo de 2018).

Así por un lado, los gráficos y análisis de datos estadísticos de rentabilidades por el periodo de los últimos 10 años se muestran como parte del cuerpo de la presente tesis; mientras que los gráficos y análisis de datos estadísticos de rentabilidades por lustros se muestran como parte del Anexo.

3.1.1. Evolución histórica de rentabilidad del S&P 500. 2008 - 2018

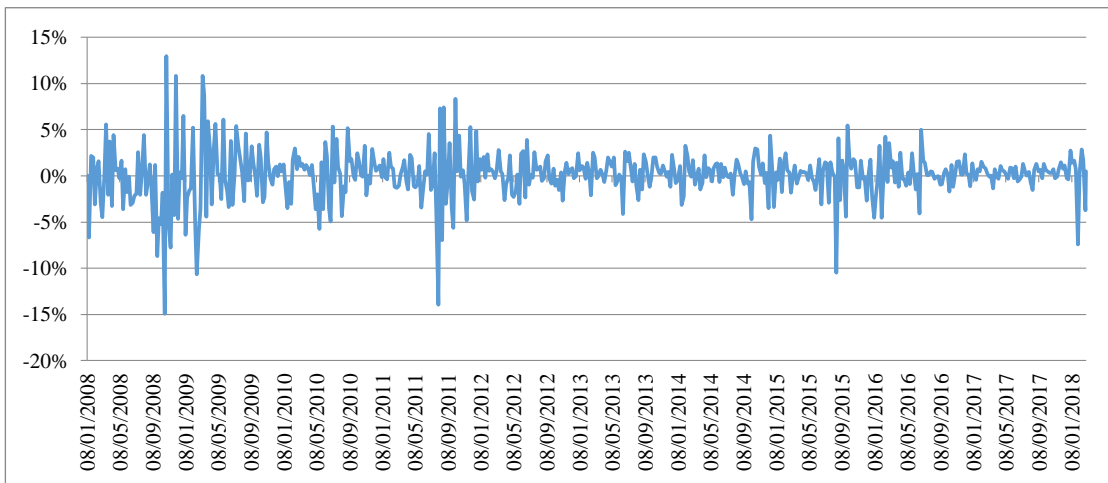
Para mostrar la evolución histórica de la rentabilidad del índice S&P 500, se extrajeron los datos de cierre del índice S&P 500 desde el año 2008 hasta el año 2018. Estos datos fueron extraídos en periodicidades diarias, semanales y mensuales a los que, luego, se les calcularon las rentabilidades logarítmicas respectivas. Finalmente, estas rentabilidades son mostradas en gráficos de línea, en histogramas y en diagramas de dispersión. Así, mostramos los resultados para las diferentes periodicidades a través de las Figuras 1, 2 y 3.

Figura 1 - Evolución diaria de rentabilidad del S&P 500



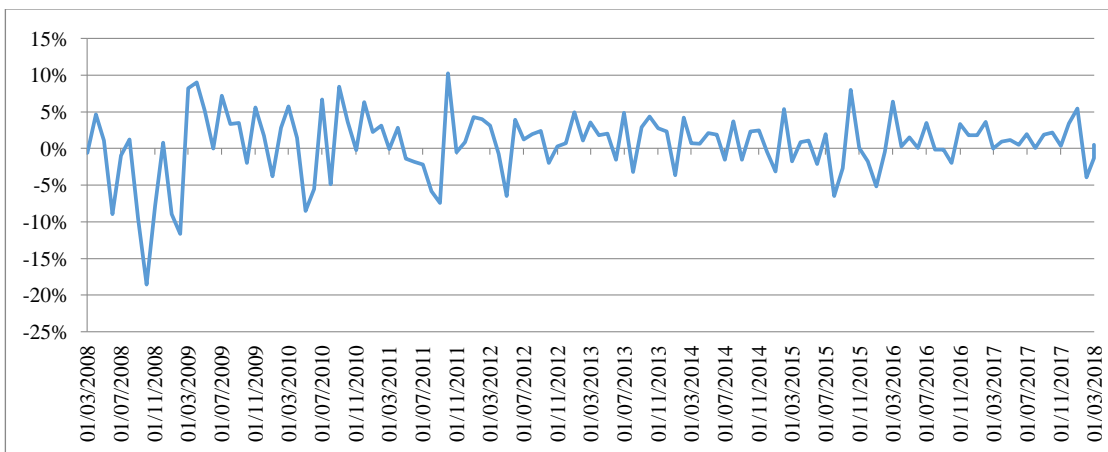
Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 2 - Evolución semanal de rentabilidad del S&P 500



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 3 - Evolución mensual de rentabilidad del S&P 500



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

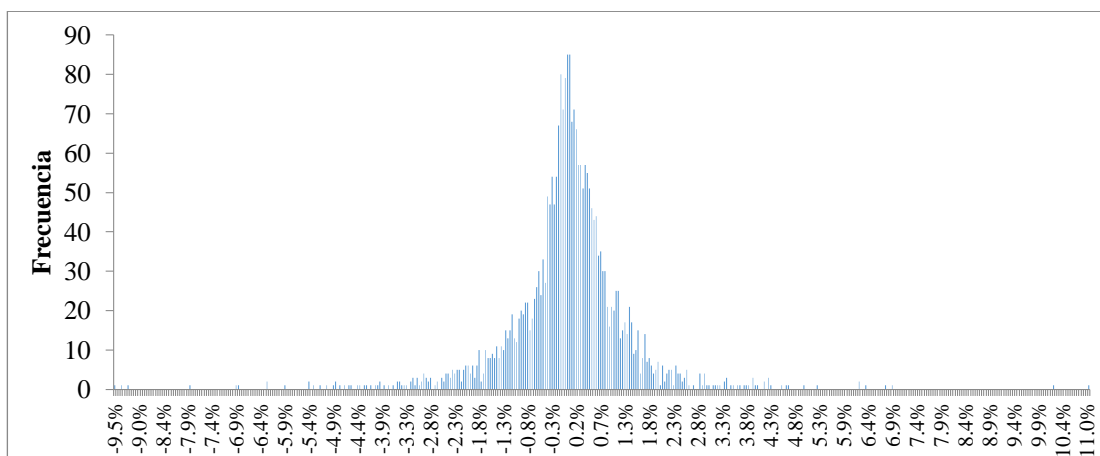
De las Figuras 1, 2 y 3 podemos apreciar que existen picos de volatilidad en los periodos de 2008 y 2009, 2012 y 2016 donde ocurrieron diferentes eventos económicos como la crisis de los bonos hipotecarios *Subprime* que alteraron los rendimientos, en extremo, de los diferentes instrumentos financieros transados en los mercados financieros como el S&P 500.

Así también, se realizaron gráficos con datos separados en dos lustros (2008 – 2012 y 2013 – 2018) mostrados en las Figuras 28, 29 y 30 del Anexo para el primer lustro (2008 – 2012) y en las Figuras 37, 38 y 39 del Anexo para el segundo lustro (2013 – 2018), los cuales muestran los mismos efectos descritos anteriormente. Esta separación de datos por lustros se realizó para comparar las rentabilidades por lustros con la base de los 10 últimos años y de esa manera mostrar los efectos de las crisis económicas en las variables estadísticas mostradas.

3.1.2. Histograma de rentabilidades del S&P 500 10 años (2008 – 2018)

En esta sección, los datos son tratados de igual forma que en la Sección 3.1.1 y mostramos los histogramas para cada periodicidad de datos, los cuales se muestran en las Figuras 4, 5, y 6.

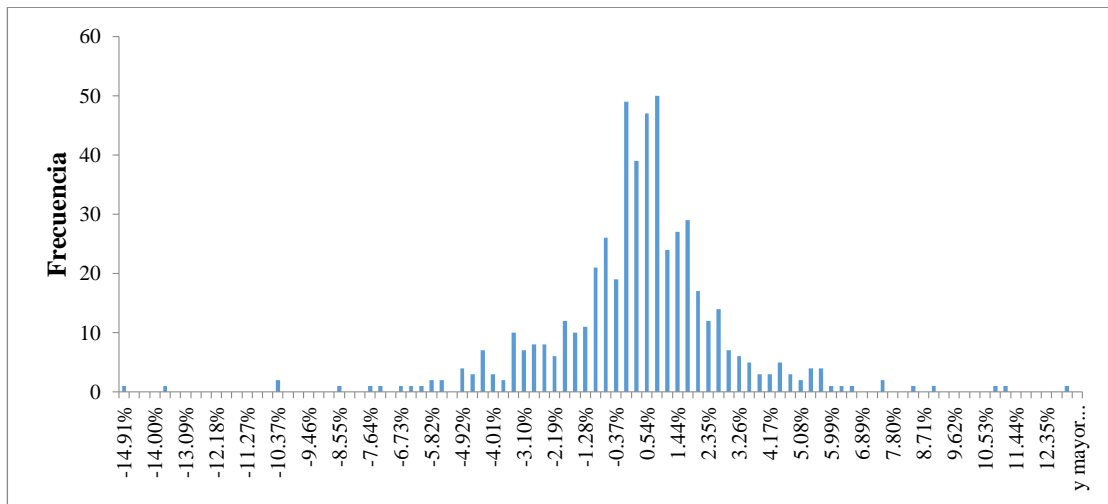
Figura 4 - Histograma de rentabilidades diarias del S&P 500



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Los datos diarios mostrados en la Figura 4 poseen una media de 0.0243%, desviación estándar 1.2872%, y asimetría de -0.359640.

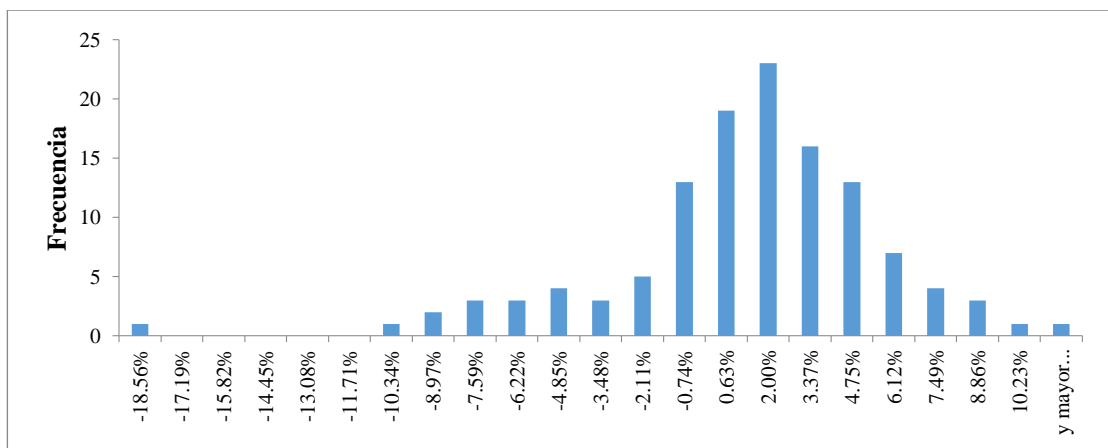
Figura 5 - Histograma de rentabilidades semanales del S&P 500



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Los datos semanales mostrados en la Figura 5 poseen una media de 0.1209%, desviación estándar 2.6929%, y asimetría de -0.474240.

Figura 6 - Histograma de rentabilidades mensuales del S&P 500



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Los datos mensuales mostrados en la Figura 6 poseen una media de 0.5773%, desviación estándar 4.3710%, y asimetría de -1.054481.

Los datos de 10 años mostrados en las Figuras 4, 5 y 6 presentan diferentes resultados estadísticos como la media, desviación estándar y coeficiente de asimetría. En la Tabla 1 presentamos un resumen de los resultados estadísticos para una mejor comparación de los mismos.

Tabla 1 – Resumen de estadísticas para el S&P 500 (2008 – 2018)

<i>Estadísticos</i>	<i>Diaria</i>	<i>Semanal</i>	<i>Mensual</i>
Media	0.0243%	0.1209%	0.5773%
Desviación estándar	1.2872%	2.6929%	4.3710%
Coefficiente de asimetría	-0.359640	-0.474260	-1.054481

Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

De igual manera, se aplicó el mismo tratamiento a los datos separados por lustros, los cuales son mostrados en las Figuras 31, 32 y 33 del Anexo para el primer lustro (2008 – 2012) y en las Figuras 40, 41 y 42 del Anexo para el segundo lustro (2013 – 2018), donde se muestra el resultado de los datos estadísticos para ambos lustros en las diferentes periodicidades; sin embargo a continuación mostramos la Tabla 2 con el resumen de los datos estadísticos.

Tabla 2 – Resumen comparativo de estadísticas para el S&P 500

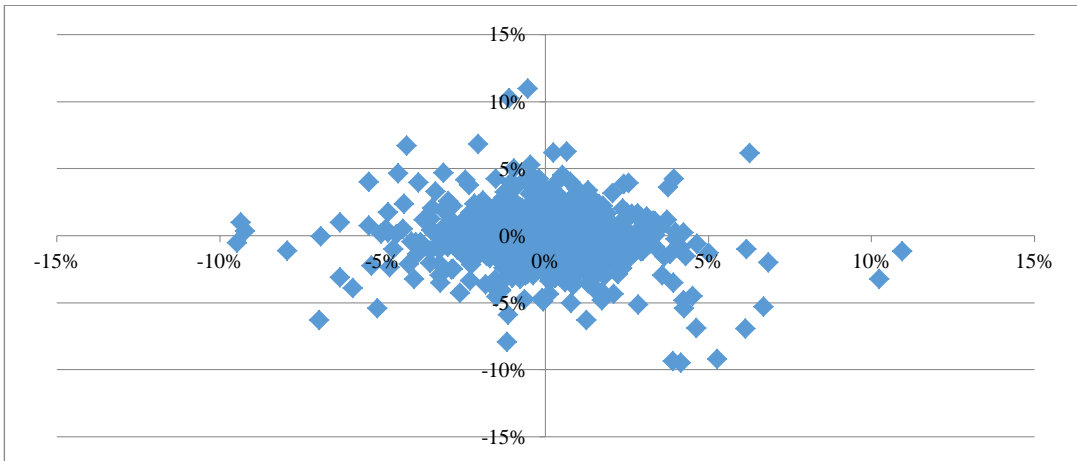
	<i>Rentabilidad 2008 - 2018</i>			<i>Rentabilidad 2008 - 2013</i>			<i>Rentabilidad 2013 - 2018</i>		
	<i>Diaria</i>	<i>Semanal</i>	<i>Mensual</i>	<i>Diaria</i>	<i>Semanal</i>	<i>Mensual</i>	<i>Diaria</i>	<i>Semanal</i>	<i>Mensual</i>
Media	0.0243%	0.1209%	0.5773%	0.0027%	0.0206%	0.2009%	0.0450%	0.2163%	0.9271%
Desviación estándar	1.2872%	2.6929%	4.3710%	1.6487%	3.3847%	5.6084%	0.7727%	1.7541%	2.7795%
Coefficiente de asimetría	-0.359640	-0.474260	-1.054481	-0.250275	-0.226570	-0.879515	-0.600554	-1.352814	-0.174509

Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

3.1.3. Diagrama de dispersión de rentabilidades del S&P 500 10 años (2008 – 2018)

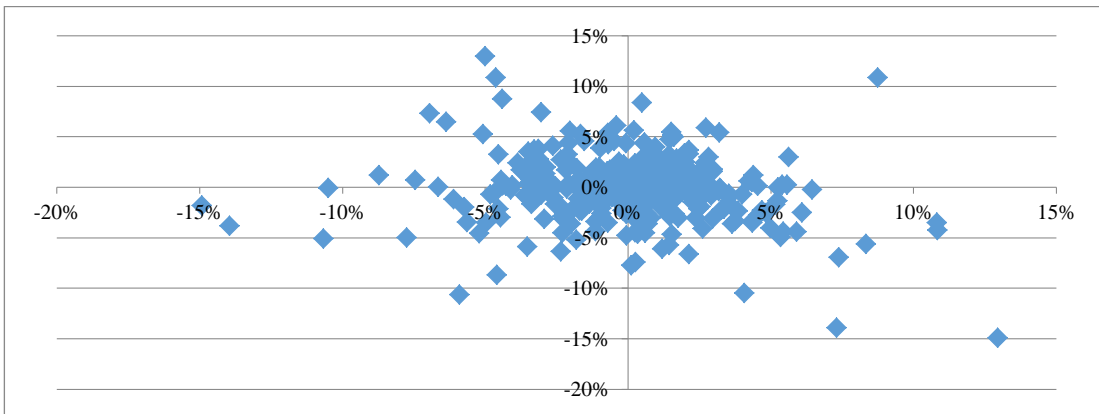
En este punto, se elaboraron los gráficos de dispersión a partir de la comparación dos columnas de datos, donde la primera contiene las rentabilidades diarias de los 10 años y la segunda contiene la rentabilidad del periodo anterior para cada dato de la primera. El resultado de esta disposición se muestra en la Figura 7, donde se muestra que los datos forman una nube en el cual no se aprecia tendencias, patrones o correlaciones de los datos que parcialicen el resultado. De la igual manera ocurre para los datos semanales y diarios los cuales se muestran Figuras 8 y 9.

Figura 7 - Dispersión de rentabilidades diarias del S&P 500



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 8 - Dispersión de rentabilidades semanales del S&P 500



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 9 - Dispersión de rentabilidades mensuales del S&P 500



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

En los gráficos de dispersión, Figuras 7, 8 y 9, realizados con datos de los 10 últimos años, se puede apreciar que no existe una presencia de tendencia, razón por la cual es idónea para el presente trabajo, pues se puede simular directamente la rentabilidad diaria, semanal y mensual del S&P 500.

El mismo tratamiento se aplicó a los datos separados por lustros, los cuales son mostrados en las Figuras 34, 35 y 36 del Anexo para el primer lustro (2008 – 2012) y en las Figuras 43, 44 y 45 del Anexo para el segundo lustro (2013 – 2018), donde se muestra el resultado de los datos estadísticos para ambos lustros en las diferentes periodicidades; sin embargo a continuación mostramos la Tabla 2 con el resumen de los datos estadísticos.

3.2. VIX (Chicago Board Options Exchange Market Volatility Index)

Para el análisis de la volatilidad se toma el VIX (Chicago Board Options Exchange Market Volatility por un rango de 10 años. A estas volatilidades se les aplicaron herramientas de análisis estadístico y se formaron 3 grupos de análisis: a) análisis de volatilidades diarias, semanales y mensuales de los 10 años, b) análisis de volatilidades diarias, semanales y mensuales del primer lustro (3 de enero del 2008 al 31 de enero de 2013) y c) análisis de volatilidades diarias, semanales y mensuales del segundo lustro (01 de febrero de 2008 al 02 de marzo de 2018).

Así por un lado, los gráficos y análisis de las volatilidades diarias, semanales y mensuales de los 10 años se muestran como parte del cuerpo de la presente tesis; mientras que los gráficos y análisis de las volatilidades diarias, semanales y mensuales por los lustros se muestran en las Figuras 37, 38 y 39 del Anexo para el primer lustro (2008 – 2012) y en las Figuras 46, 47 y 48 del Anexo para el segundo lustro (2013 – 2018).

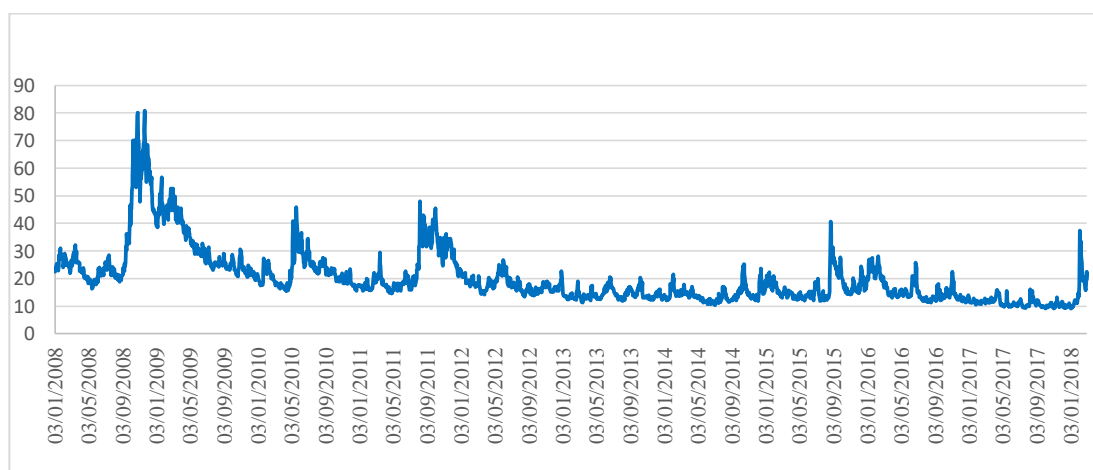
3.2.1. Evolución histórica del VIX 2008 – 2018

Se tomaron las volatilidades medidas a través del VIX durante los 10 últimos años desde el año 2008 hasta el año 2018. Estos datos fueron extraídos en

periodicidades diarias, semanales y mensuales finalmente, son mostradas en gráficos de línea, y en histogramas.

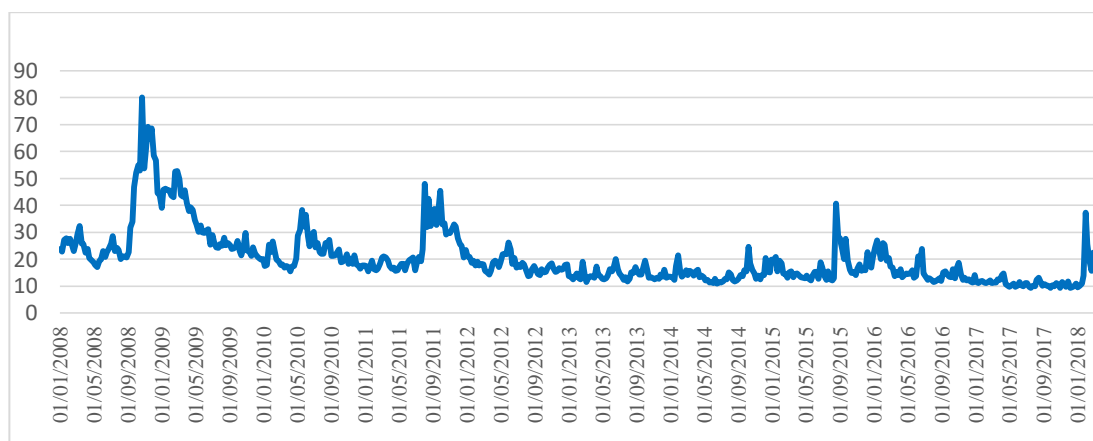
En las Figuras 10, 11 y 12 se muestra el índice VIX durante los periodos 2008 y 2018. Se puede evidenciar que los niveles máximos de volatilidad se registran en la crisis hipotecaria en el 2009. Otro episodio importante se registró en el 2011 cuando la clasificadora S&P rebajara el rating de Estados Unidos de AAA a +AA por el estancamiento del Congreso sobre el techo de la deuda de dicho país.; recordemos que al ser un indicador de expectativas recoge los momentos de calma o nerviosismo de los mercados financieros, es decir se trata de una medida del riesgo de una inversión.

Figura 10 - Evolución diaria del VIX



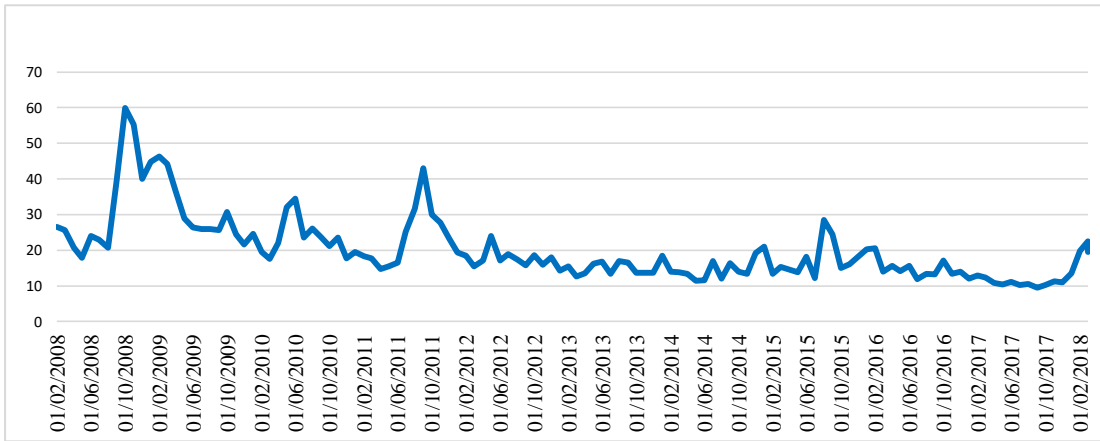
Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 11 - Evolución semanal del VIX



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 12 - Evolución mensual de VIX



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

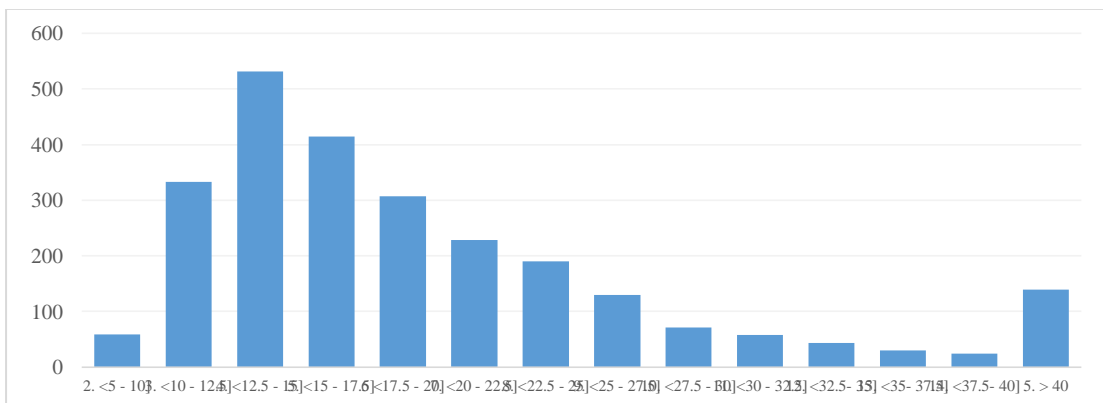
3.2.2. Histograma de volatilidades del VIX 10 años (2008 – 2018)

En este punto, los datos son tratados de igual forma que en la sección 3.2.1 evolución histórica de volatilidades, para mostrar el histograma para cada periodicidad de dato.

La Figura 13, contienen los histogramas diarios. El 64% de los datos se encuentra entre 0 y 20 puntos. La distribución de datos muestra asimetría positiva y no es simétrico.

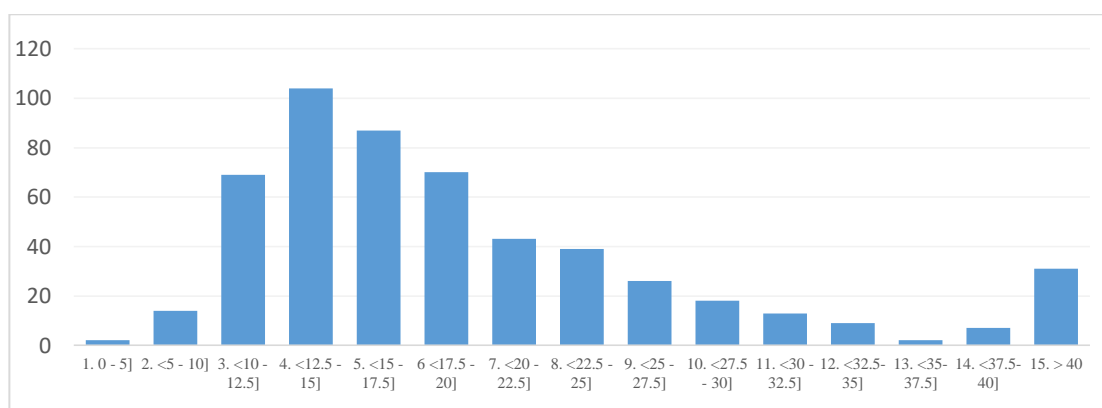
De la misma forma sería para los datos semanales y mensuales los cuales se muestran en las Figuras 14 y 15.

Figura 13 - Histograma diaria del VIX



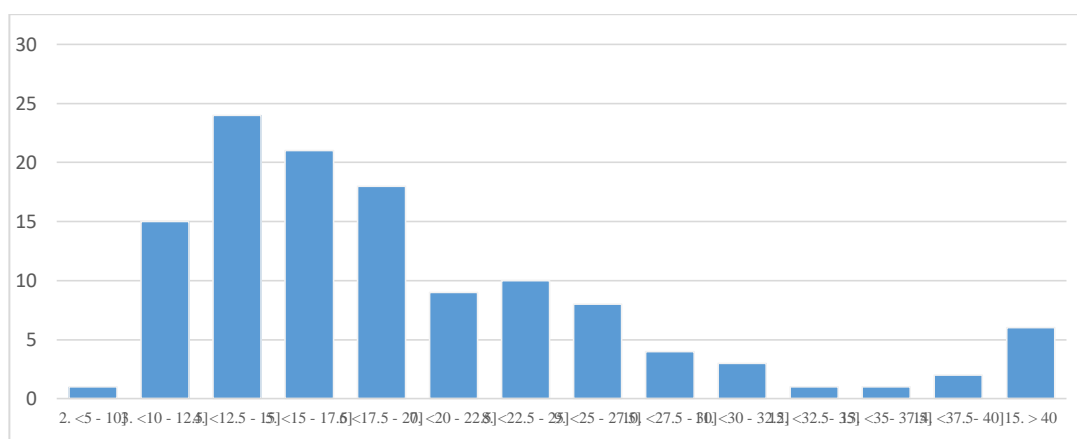
Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 14 - Histograma semanal del VIX



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 15 - Histograma mensual del VIX



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

A continuación, la Tabla 3 muestra los siguientes estadísticos del VIX en su frecuencia diaria, semanal y mensual para los periodos de análisis 2008 – 2018.

Tabla 3 - Resumen de estadísticas para el VIX (2008 – 2018)

<i>Estadísticos</i>	<i>Diario</i>	<i>Semanal</i>	<i>Mensual</i>
Media	20.03	20.14	20.11
Desviación estándar	9.95	10.08	9.16
Coficiente de asimetría	2.29	2.23	1.92

Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

En la Tabla 3, la media se mantiene constante en las frecuencias diarias, semana y mensual con un promedio de 20%. La desviación estándar se encuentra en niveles de

9% a 10%. El coeficiente de asimetría se muestra un poco más elevado en la frecuencia diaria 2.29 y bajo en la frecuencia mensual 1.92.

De igual manera, se aplicó el mismo tratamiento a los datos separados por lustros, los cuales son mostrados en las Figuras 40, 41 y 42 del Anexo para el primer lustro (2008 – 2012) y en las Figuras 49, 50 y 51 del Anexo para el segundo lustro (2013 – 2018). A continuación mostramos en la Tabla 4 el resumen de los datos estadísticos.

Tabla 4 – Resumen comparativo de estadísticas para el VIX

<i>Estadísticos</i>	<i>VIX 2008 - 2018</i>			<i>VIX 2008 - 2012</i>			<i>VIX 2013 - 2018</i>		
	<i>Diario</i>	<i>Semanal</i>	<i>Mensual</i>	<i>Diario</i>	<i>Semanal</i>	<i>Mensual</i>	<i>Diario</i>	<i>Semanal</i>	<i>Mensual</i>
Media	20.03	20.14	20.11	25.56	25.62	25.57	14.49	14.65	14.91
Desviación estándar	9.95	10.08	9.16	11.05	11.19	10.01	3.81	4.25	3.65
Coefficiente de asimetría	2.29	2.23	1.92	1.93	1.89	1.55	1.90	2.32	1.29

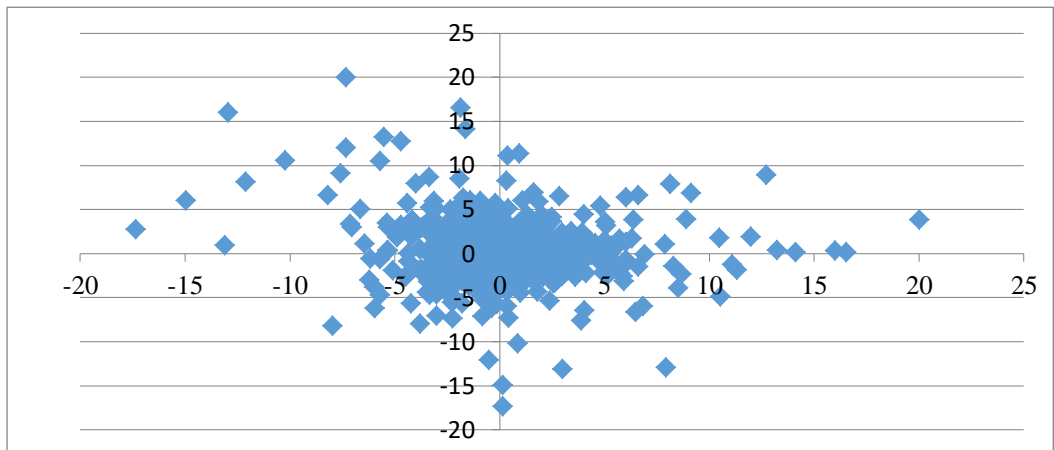
Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

3.2.3. Diagrama de dispersión de rentabilidades del VIX 10 años (2008 – 2018)

La Figuras 16, muestra la dispersión de los cambios en el valor del VIX durante los 10 últimos años (2008 - 2018). Se elaboraron los gráficos de dispersión a partir de la comparación dos columnas de datos, donde la primera contiene los cambios en el valor del VIX y la segunda contiene los cambios en el valor del VIX del periodo anterior para cada dato. El gráfico no presenta tendencia ni dependencia entre los datos.

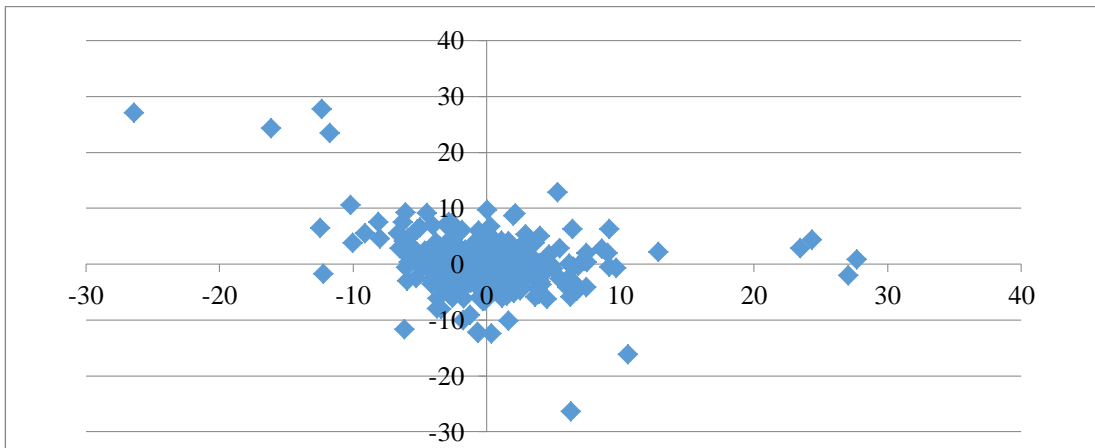
De la misma forma sería para los datos semanales y mensuales los cuales se muestran en las Figuras 17 y 18.

Figura 16 - Dispersión de VIX diario



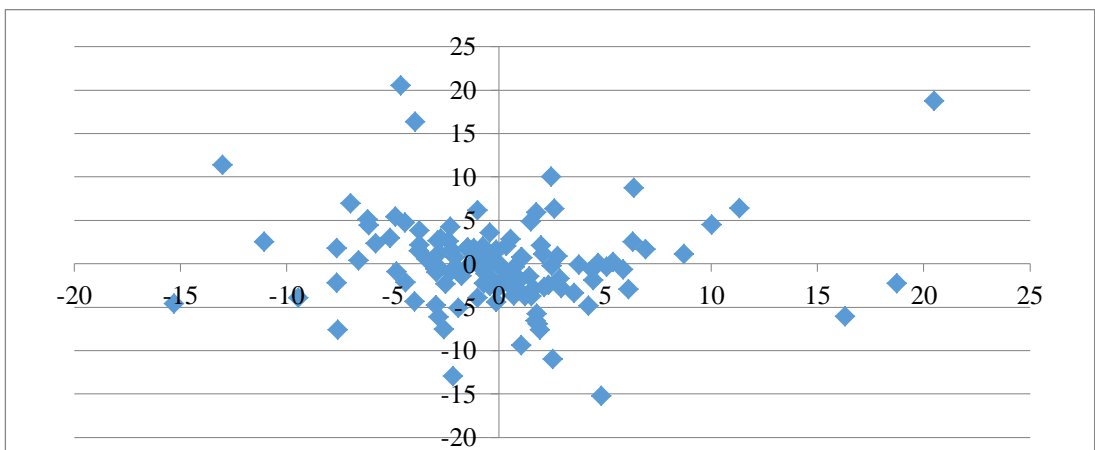
Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 17- Dispersión de VIX semanal



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 18- Dispersión de VIX mensual



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

El mismo tratamiento se aplicó para lustros separados que se muestran en las Figuras 43, 44 y 45 del Anexo para el primer lustro (2008 – 2012) y en las Figuras 52, 53 y 54 del Anexo para el segundo lustro (2013 – 2018).

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTO DE SIMULACIÓN DEL PORTAFOLIO CON OPCIONES Y S&P 500

En este capítulo se explicará el procedimiento realizado para hallar los valores de los portafolios conformados por el S&P 500 y las opciones europeas. Asimismo, nos enfocaremos sólo en la periodicidad semanal de los rendimientos S&P 500 y cambios del VIX (más de 500 datos) por ser una frecuencia razonable; es decir se calculará el VaR a 1 semana. Asimismo, el análisis con datos diarios y mensuales tendría el mismo procedimiento y se puede replicar sin problemas a partir de la información del Capítulo III.

Siempre para evaluar un portafolio de opciones (en este caso semanal), nos situaremos una semana adelante; es decir el horizonte de evaluación es una semana. Entonces se seleccionarán opciones que expiren como máximo en cinco semanas, para que el tiempo de expiración faltante coincida con la expiración de las opciones del VIX; y en el caso, la volatilidad, se hallará a partir del VIX actual más el cambio que ocurra en cuatro semanas.

El procedimiento detallado que se utilizó es el siguiente durante el periodo de estudio:

1. Se encuentra los rendimientos del S&P 500 y los cambios del VIX, ambos semanales.
2. Con ayuda de la Simulación de Monte Carlo se encontró que:
 - a. Se ajusta a una Distribución Logística, mostrados en la Figura 19.

Figura 19. Rentabilidad S&P 500 (izquierda) y Cambios VIX (derecha)



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración @Risk

La calibración de los rendimientos del SP500 y los cambios en el VIX se ha hecho de manera automática en @Risk. La selección de la distribuciones logísticas empleadas en la tesis se basa al hecho que en ambos casos presentan el mayor valor de

los estadísticos KS (Kolmogorov-Smirnoff), AD (Anderson Darling) y Máxima Verosimilitud pero esto con respecto a otras distribuciones candidatas propuestas por el software.

- b. Ambas variables presentan una correlación negativa -0.788, es decir mientras sube el rendimiento del S&P 500 baja la volatilidad y así viceversa.
- c. Rendimiento del S&P 500 en 1 semana = 0.196% (valor simulado).
- d. Cambios del VIX en 1 semana = -0.061% (valor simulado).

3. El siguiente paso asume los siguientes parámetros, cuyos datos no cambiarán en la simulación de un portafolio determinado:

- a. Monto de Inversión: \$ 1 MM
- b. Fecha de inicial: 19 de marzo de 2018
- c. Precio actual S&P 500: \$ 2,691.25
- d. Valor del VIX: 16.87%
- e. Tasa Libre de Riesgo: 1.71%
- f. Portafolio: 97% en S&P 500 y 3% en opciones (100% en Opción 1 Call, se discute más adelante). Estos porcentajes van a ir cambiando pero como forma de ilustración se tiene 97% y 3%

4. Ante un portafolio sin opciones, 100% en S&P 500:

- a. Monto de inversión S&P 500 : \$ 1 MM
- b. N° posiciones S&P 500 = Monto Inv. / Precio actual S&P 500
= \$ 1 MM / \$ 2691.25
= 371.57 posiciones

5. Ante un portafolio con opciones, supuesto 97% en S&P 500 y 3% en opciones (100% en Opción 1 Call):

- a. Monto de inversión S&P 500 = \$ 1 MM * 97% = \$ 0.97 MM
- b. N° posiciones en S&P 500 = \$ 0.97 MM / \$ 2,691.25
= 360.43

$$\begin{aligned}
 \text{c. Precio S\&P 500 en 1 semana} &= \$ 2,691.25 * e^{\text{ren S\&P 500 en 1 sem}} \\
 &= \$ 2,691.25 * e^{0.196\%} \\
 &= \$ 2,696.52 \text{ (precio simulado)}
 \end{aligned}$$

d. Monto Invertido S&P 500:

$$\begin{aligned}
 &= \text{N}^\circ \text{ posiciones S\&P 500} * \text{Precio S\&P 500 a 1 semana} \\
 &= 360.43 * \$ 2,696.52 \\
 &= \$ 971,900.83
 \end{aligned}$$

6. Se calcula los precios iniciales de las 11 opciones, 6 *Calls* y 5 *Puts*, mediante el modelo Black and Scholes, estos precios que a continuación se muestra en la Tabla 5 son precios del 19 de marzo del 2018 y no cambiarán en la simulación.

Tabla 5 - Parámetros de las 11 opciones

Opciones	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5	Opción 6	Opción 7	Opción 8	Opción 9	Opción 10	Opción 11
Tipo	Call	Call	Call	Call	Call	Call	Put	Put	Put	Put	Put
Precio de ejercicio	2705	2775	2810	2830	2875	2835	2425	2475	2770	2270	2775
Vencimiento	23/04/2018	23/04/2018	23/04/2018	23/04/2018	23/04/2018	27/04/2018	23/04/2018	23/04/2018	23/04/2018	27/04/2018	27/04/2018
Días de vencimiento	26	26	26	26	26	30	26	26	26	30	30
Años de vencimiento	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.12	0.10	0.10	0.10	0.12	0.12
Tasa Libre de Riesgo	1.71%	1.71%	1.71%	1.71%	1.71%	1.71%	1.71%	1.71%	1.71%	1.71%	1.71%
Valor VIX	16.87%	16.87%	16.87%	16.87%	16.87%	16.87%	16.87%	16.87%	16.87%	16.87%	16.87%
Precio S&P 500	2,691.25	2,691.25	2,691.25	2,691.25	2,691.25	2,691.25	2,691.25	2,691.25	2,691.25	2,691.25	2,691.25
d1	-0.034	-0.506	-0.737	-0.868	-1.159	-0.830	1.982	1.605	-0.473	2.989	-0.462
d2	-0.089	-0.560	-0.791	-0.922	-1.213	-0.888	1.928	1.551	-0.527	2.930	-0.521
N(d1) o N(-d1)	0.486	0.306	0.231	0.193	0.123	0.203	0.024	0.054	0.682	0.001	0.678
N(d2) o N(-d2)	0.465	0.288	0.214	0.178	0.112	0.187	0.027	0.060	0.701	0.002	0.699
Precio Inicial	\$ 53.89	\$ 27.78	\$ 19.05	\$ 15.14	\$ 8.69	\$ 17.37	\$ 1.32	\$ 3.42	\$ 103.11	\$ 0.06	\$ 109.95

Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Tenemos 11 opciones entre *Call* y *Put*, sólo se invertirá en la opción 1 tipo *Call* como ejemplo para esta simulación, más adelante en el capítulo V se hicieron más combinaciones de portafolios.

7. Conocer los valores de la Opción 1, en este caso hemos supuesto que se invertirá el 3% restante del portafolio en la opción 1:

$$\begin{aligned}
 \text{a) Monto de Inversión Opción 1} &= \$ 1 \text{ MM} * 3\% = \$ 0.30 \text{ MM} \\
 \text{b) N}^\circ \text{ posiciones Opción 1} &= \$ 0.30 \text{ MM} / \$ 53.89 \\
 &= 556.71 \text{ posiciones}
 \end{aligned}$$

8. Pasa 1 semana, se hallan los nuevos precios de las 11 opciones, las mismas que se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6 - Parámetros de las 11 opciones después de 1 semana

Opciones	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5	Opción 6	Opción 7	Opción 8	Opción 9	Opción 10	Opción 11
Tipo	Call	Call	Call	Call	Call	Call	Put	Put	Put	Put	Put
Días de vencimiento	21	21	21	21	21	25	21	21	21	25	25
Años de vencimiento	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.10	0.08	0.08	0.08	0.10	0.10
Tasa Libre de Riesgo	1.70%	1.70%	1.70%	1.70%	1.70%	1.70%	1.70%	1.70%	1.70%	1.70%	1.70%
Valor VIX + Cambio VIX	16.81%	16.81%	16.81%	16.81%	16.81%	16.81%	16.81%	16.81%	16.81%	16.81%	16.81%
Precio S&P 500 a 1 semana	2,696.52	2,696.52	2,696.52	2,696.52	2,696.52	2,696.52	2,696.52	2,696.52	2,696.52	2,696.52	2,696.52
d1	-0.011	-0.538	-0.796	-0.942	-1.267	-0.888	2.241	1.820	-0.501	3.311	-0.484
d2	-0.060	-0.586	-0.845	-0.991	-1.316	-0.941	2.192	1.772	-0.549	3.258	-0.537
N(d1) o N(-d1)	0.495	0.295	0.213	0.173	0.103	0.187	0.013	0.034	0.692	0.000	0.686
N(d2) o N(-d2)	0.476	0.279	0.199	0.161	0.094	0.173	0.014	0.038	0.709	0.001	0.704
Precio a 1 semana	\$ 49.94	\$ 23.78	\$ 15.47	\$ 11.89	\$ 6.25	\$ 14.31	\$ 0.58	\$ 1.81	\$ 94.77	\$ 0.02	\$ 101.98

Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Es necesario precisar que el cambio en el VIX a 1 semana -0.061%, puede tomar valor negativo alto, por lo cual se acota la suma de la volatilidad actual más el cambio del VIX que sea mayor a 0. Además, el precio del S&P 500 y el cambio del VIX cambiarán en cada simulación. Por consiguiente, los precios de las 11 opciones a 1 semana, también cambiarán en cada simulación.

$$\begin{aligned}
 9. \text{Monto Invertido en la opción 1} &= N^{\circ} \text{ posiciones Opción 1} * \text{Precio Opción 1, 1 sem.} \\
 &= 556.71 * \$ 49.94 \\
 &= \$ 27,803.78
 \end{aligned}$$

Como se indicó hay 2 portafolios:

- Portafolio 1 (con opciones):
 - = Monto Invertido en la opción 1 + Monto Invertido S&P 500
 - = \$ 27,803.78 + \$ 971,900.83
 - = **\$ 999,704.60**
- Portafolio 2 (sin opciones):
 - = N° posiciones S&P 500 * Precio S&P 500 a 1 semana
 - = 371.57 * \$ 2,696.52
 - = **\$ 1,001,959.83**

Posteriormente, se lleva a cabo la simulación con 10,000 iteraciones y se calculan los estadísticos de las distribuciones como el monto promedio, la mediana, la moda, la desviación estándar, la asimetría, percentiles 1%,5% y 10% las cuales representan las potenciales pérdidas en el valor de portafolio y los percentiles 90%,95% y 99% representan las potenciales ganancias, mostrados en la Tabla 7.

Tabla 7 – Valores Finales del portafolio después de 1 semana

	S&P 500	Opciones	Total	Sólo S&P 500
			Portafolio 1	Portafolio 2
Monto promedio	\$ 972,173	\$ 31,355	\$ 1,003,528	\$ 1,002,240
Moda	\$ 971,645	\$ 24,645	\$ 996,855	\$ 1,001,696
Desviación estándar	\$ 23,215	\$ 16,576	\$ 39,003	\$ 23,933
Asimetría	0.09	2.08	0.92	0.09
Percentil 1%	\$ 914,868	\$ 7,805	\$ 923,781	\$ 943,163
Percentil 5%	\$ 934,968	\$ 12,217	\$ 947,833	\$ 963,885
Percentil 10%	\$ 944,203	\$ 15,186	\$ 960,009	\$ 973,406
Percentil 50%	\$ 971,896	\$ 28,113	\$ 999,636	\$ 1,001,955
Percentil 90%	\$ 1,000,394	\$ 50,772	\$ 1,051,079	\$ 1,031,334
Percentil 95%	\$ 1,010,269	\$ 62,315	\$ 1,072,384	\$ 1,041,514
Percentil 99%	\$ 1,032,336	\$ 91,464	\$ 1,123,558	\$ 1,064,264

Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

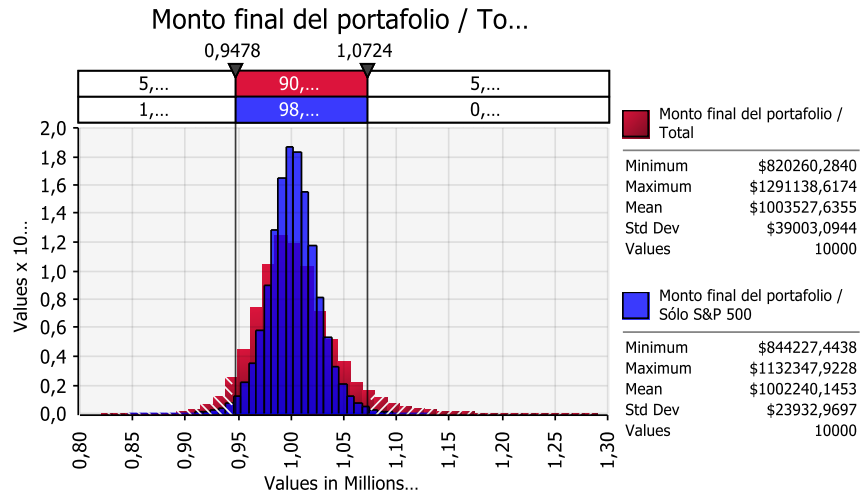
En la Tabla 7 se puede comparar resultados de dos portafolios de inversión, el primero que contiene opciones e índice S&P 500, y el segundo que contiene sólo índice S&P 500, los cuales presentan los siguientes valores:

- Montos promedios parecidos entre sí, con una ligera diferencia de \$ 1,289 a favor del portafolio 1.
- Portafolio 1: Desviación estándar más alta de \$15,090 y valores de portafolios más altos en los percentiles 90, 95 y 99%. Por lo tanto, un portafolio más agresivo.
- Portafolio 2: valores más altos de portafolio en los percentiles 1, 5 y 10%.

En la Figura 20, se muestra las distribuciones obtenidas de ambos portafolios, los cuales indican:

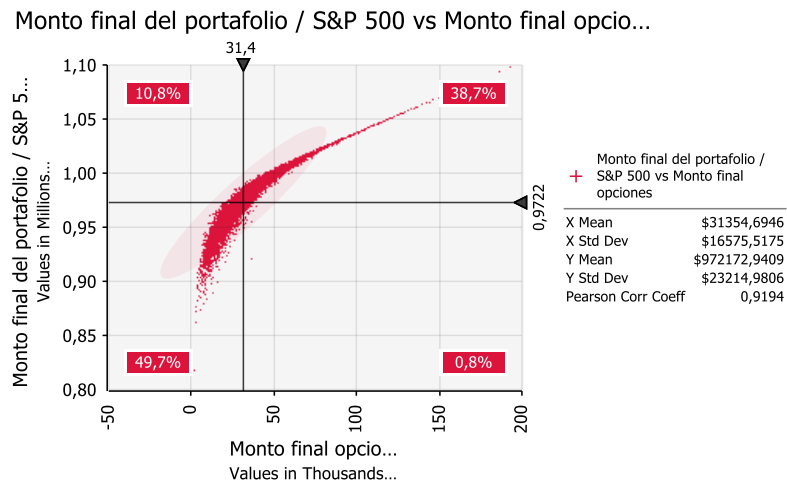
- Portafolio 1: asimetría positiva 0.92 por eso la distribución esta inclinada a la derecha y ancha en ambos lados, con más probabilidad de perder y ganar.
- Portafolio 2: asimetría 0.09, casi simétrica

Figura 20 – Distribución Portafolio (3% en Call)



La Figura 21 presenta una correlación positiva: a medida que el monto final del índice S&P 500 aumenta el monto final de la opción *Call*, y mientras que disminuye el monto final del índice, el valor de la opción disminuiría hasta un punto igual a la prima de la opción.

Figura 21 – Dispersión del Portafolio (3% en Call)



CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE SIMULACIÓN DE PORTAFOLIO DE OPCIONES

En la presente sección se analizan los distintos portafolios con diferentes pesos en opciones *Call* y *Put* e índices S&P 500, corriendo en cada portafolio 10,000 iteraciones, basados en la metodología descrita en el capítulo anterior. En la Tabla 8 se recopila de ellas distribuciones para 28 portafolios de opciones.

Tabla 8 - Resumen de 28 portafolios con opciones simulados

Comita N°	Precios iniciales		Portafolio con opciones					Portafolio con efecto de inversión en opciones					Portafolio con inversión sólo en S&P500				
	Opción 1	Opción 2	Peso asignado opción 1	Peso asignado opción 2	Peso de opciones en portafolio	Monto promedio	Desviación estándar	Asimetría	Percentil 1%	Percentil 50%	Percentil 99%	Valor promedio	Desviación estándar	Asimetría	Percentil 1%	Percentil 50%	Percentil 99%
1	PUT 103.11	PUT 109.95	50.0%	50.0%	2%	1,001,345	14,549	0.74	969,239	1,000,367	1,044,532	1,002,245	23,917	0.12	943,177	1,001,959	1,064,358
2	CALL 53.89	PUT 103.11	50.0%	50.0%	2%	1,002,213	24,122	0.77	950,079	1,000,357	1,074,392	1,002,246	23,923	0.12	943,191	1,001,959	1,064,363
3	CALL 53.89	PUT 1.32	90.0%	10.0%	2%	1,004,483	28,943	1.30	958,065	999,791	1,098,197	1,002,245	23,918	0.11	943,188	1,001,960	1,064,377
4	CALL 53.89	CALL 27.78	99.0%	1.0%	2%	1,003,096	33,919	0.75	930,133	1,000,379	1,104,606	1,002,245	23,917	0.11	943,172	1,001,959	1,064,366
5	CALL 53.89	CALL 27.78	50.0%	50.0%	2%	1,002,801	34,760	0.95	930,002	999,650	1,110,060	1,002,245	23,917	0.11	943,172	1,001,959	1,064,366
6	CALL 15.14	CALL 8.69	89.0%	11.0%	2%	1,000,624	37,381	2.28	929,586	996,557	1,123,839	1,002,245	23,917	0.12	943,179	1,001,959	1,064,368
7	PUT 3.42	PUT 0.06	50.0%	50.0%	2%	1,045,091	223,347	14.86	977,595	1,001,170	1,855,413	1,002,245	23,920	0.11	943,189	1,001,959	1,064,364
8	PUT 103.11	PUT 109.95	50.0%	50.0%	3%	1,000,945	10,068	1.59	982,057	999,711	1,033,864	1,002,245	23,970	0.08	942,532	1,000,268	1,063,812
9	CALL 53.89	CALL 27.78	50.0%	50.0%	3%	1,003,423	41,013	1.28	923,564	999,049	1,135,194	1,002,247	24,205	0.11	942,830	1,002,308	1,065,047
10	CALL 15.14	CALL 8.69	50.0%	50.0%	3%	1,000,619	44,704	2.47	921,626	994,172	1,155,138	1,002,276	23,968	0.13	942,440	1,001,830	1,064,058
11	PUT 103.11	PUT 109.95	50.0%	50.0%	4%	1,000,477	6,406	4.13	993,663	998,955	1,025,453	1,002,249	24,031	0.16	943,026	1,001,997	1,064,549
12	CALL 53.89	PUT 103.11	50.0%	50.0%	4%	1,002,157	25,155	1.76	959,697	998,105	1,089,861	1,002,246	23,915	0.12	943,168	1,001,958	1,064,377
13	CALL 53.89	CALL 27.78	50.0%	50.0%	4%	1,003,386	46,100	1.39	914,819	997,475	1,150,718	1,002,252	24,056	0.08	941,763	1,001,950	1,063,167
14	CALL 15.14	CALL 8.69	50.0%	50.0%	4%	1,000,426	52,435	3.03	915,696	992,369	1,183,285	1,002,234	23,958	0.12	942,748	1,002,071	1,065,322
15	PUT 3.42	PUT 0.06	50.0%	50.0%	4%	1,088,687	476,132	15.53	963,344	989,352	2,809,153	1,002,245	23,917	0.11	943,096	1,001,957	1,064,360
16	PUT 103.11	PUT 109.95	50.0%	50.0%	5%	999,998	4,719	3.84	992,604	999,349	1,016,529	1,002,245	23,917	0.12	943,166	1,001,957	1,064,255
17	CALL 53.89	PUT 103.11	50.0%	50.0%	5%	1,002,157	25,155	1.76	959,697	998,105	1,089,861	1,002,246	23,915	0.12	943,168	1,001,958	1,064,377
18	CALL 53.89	CALL 27.78	98.8%	1.2%	5%	1,004,374	49,420	1.22	910,122	998,246	1,164,596	1,002,245	23,917	0.11	943,186	1,001,960	1,064,381
19	CALL 53.89	CALL 27.78	50.0%	50.0%	5%	1,003,632	51,863	1.61	910,110	996,344	1,178,351	1,002,245	23,924	0.12	943,183	1,001,959	1,064,366
20	CALL 15.14	CALL 8.69	100%	90.0%	5%	998,225	60,262	3.81	907,671	988,556	1,215,288	1,002,244	23,908	0.11	943,182	1,001,956	1,064,281
21	PUT 3.42	PUT 0.06	50.0%	50.0%	5%	1,110,170	575,763	12.92	954,216	982,689	3,107,128	1,002,248	23,931	0.13	943,141	1,001,956	1,064,259
22	PUT 103.11	PUT 109.95	50.0%	50.0%	10%	999,986	4,725	3.76	992,415	999,337	1,017,004	1,002,244	23,920	0.11	943,187	1,001,956	1,064,305
23	CALL 53.89	PUT 103.11	50.0%	50.0%	10%	1,002,164	25,169	1.77	960,034	998,067	1,089,199	1,002,247	23,925	0.12	943,126	1,001,959	1,064,316
24	CALL 53.89	PUT 1.32	90.0%	10.0%	10%	1,013,441	62,090	2.37	932,548	998,571	1,245,706	1,002,244	23,910	0.11	943,131	1,001,955	1,064,311
25	CALL 53.89	CALL 27.78	98.8%	1.2%	10%	1,006,525	75,820	1.62	876,886	994,818	1,266,210	1,002,246	23,937	0.12	943,095	1,001,958	1,064,311
26	CALL 53.89	CALL 27.78	50.0%	50.0%	10%	1,005,041	81,135	2.10	875,567	991,020	1,294,400	1,002,247	23,922	0.12	943,085	1,001,959	1,064,348
27	CALL 15.14	CALL 8.69	100%	90.0%	10%	994,176	101,732	5.28	870,239	974,627	1,352,297	1,002,243	23,926	0.10	943,090	1,001,955	1,064,382
28	PUT 3.42	PUT 0.06	50.0%	50.0%	10%	1,217,560	1,137,851	11.56	909,553	946,482	5,596,504	1,002,246	23,932	0.12	943,141	1,001,958	1,064,285

De los 28 portafolios mostrados en la Tabla 8, se seleccionaron 9 portafolios que cumplieron con determinados criterios como: mayor asimetría, menor desviación estándar y mayores percentiles en 1%, 50% y 99%. Estos portafolios seleccionados resultaron interesantes por el efecto generado en el portafolio de inversión ya sea controlando pérdidas, generando mayores rendimientos, o compensando pérdidas del subyacente con ganancias de las opciones y viceversa. Estos portafolios se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9 – Resumen de 9 portafolios seleccionados con opciones simulados

Comida N°	Precios iniciales		Portafolio con opciones			Portafolio con efecto de inversión en opciones					Portafolio con inversión sólo en S&P500						
	Opción 1	Opción 2	Peso asignado opción 1	Peso asignado opción 2	Peso de opciones en portafolio	Monto promedio	Desviación estándar	Asimetría	Percentil 1%	Percentil 50%	Percentil 99%	Valor promedio	Desviación estándar	Asimetría	Percentil 1%	Percentil 50%	Percentil 99%
1	CALL 53.89	PUT 1.32	90.0%	10.0%	2%	1,004,483	28,943	1.30	958,065	999,791	1,098,197	1,002,245	23,918	0.11	943,188	1,001,960	1,064,377
2	PUT 103.11	PUT 109.95	50.0%	50.0%	2%	1,001,345	14,549	0.74	969,239	1,000,367	1,044,552	1,002,245	23,917	0.12	943,177	1,001,959	1,064,358
3	CALL 53.89	PUT 103.11	50.0%	50.0%	2%	1,002,213	24,122	0.77	950,079	1,000,357	1,074,392	1,002,246	23,923	0.12	943,191	1,001,959	1,064,363
4	PUT 103.11	PUT 109.95	50.0%	50.0%	3%	1,000,945	10,068	1.59	982,057	999,711	1,033,864	1,002,393	23,970	0.08	942,532	1,000,268	1,063,812
5	CALL 53.89	PUT 103.11	50.0%	50.0%	4%	1,002,157	25,155	1.76	959,697	998,105	1,089,861	1,002,246	23,915	0.12	943,168	1,001,958	1,064,377
6	CALL 53.89	PUT 103.11	50.0%	50.0%	5%	1,002,157	25,155	1.76	959,697	998,105	1,089,861	1,002,246	23,915	0.12	943,168	1,001,958	1,064,377
7	PUT 103.11	PUT 109.95	50.0%	50.0%	10%	999,986	4,725	3.76	992,415	999,337	1,017,004	1,002,244	23,920	0.11	943,187	1,001,956	1,064,305
8	CALL 53.89	PUT 103.11	50.0%	50.0%	10%	1,002,164	25,169	1.77	960,034	998,067	1,089,199	1,002,247	23,925	0.12	943,126	1,001,959	1,064,316
9	CALL 53.89	PUT 0.58	90.0%	10.0%	10%	1,013,441	62,090	2.37	932,548	998,571	1,245,706	1,002,244	23,910	0.11	943,131	1,001,955	1,064,311

A continuación pasaremos a explicar los resultados de tres escenarios seleccionados de la Tabla 9.

5.1. Portafolio simulado con opciones *Call* y *Put* (Escenario N° 1).

En la presente simulación se usaron dos opciones, una *Call* y una *Put* con una participación del 1% en cada una. Los precios iniciales de la *Call* y *Put* son \$ 53.89 y \$ 1.32 respectivamente. En la Tabla 10 se muestran los parámetros utilizados.

Tabla 10 – Parámetros de opciones *Call* y *Put*

Opciones	Opción 1	Opción 2
Tipo	Call	Put
Precio Inicial	\$ 53.89	\$ 1.32
Peso en el portafolio de Opciones (distribuyendo)	50.00%	50.00%
Peso en el portafolio	1.00%	1.00%

En la Tabla 11 se muestran los resultados de las simulaciones del portafolio:

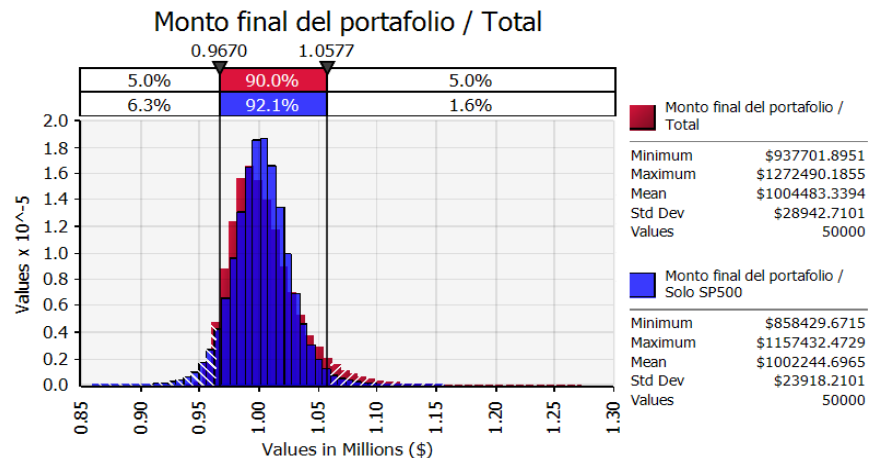
- Ambos portafolios presentan medias similares, sin embargo el portafolio simulado de opciones en el percentil 1% y 5% reporta menos pérdidas que el portafolio sólo con S&P 500.
- La desviación estándar es más elevada en el portafolio con opciones (\$ 28,943) respecto al portafolio sólo con S&P 500 (\$ 23,918).
- En el percentil 99% el portafolio con opciones presenta mayores ganancias (\$ 1,098,197) que el portafolio sólo con S&P 500 (\$ 1,064,377).
- Respecto a la asimetría; el portafolio con opciones se encuentra hacia la derecha lo que refuerza las ganancias generadas por el uso de las opciones.

Tabla 11 – Resultados de portafolio simulado N°1

	S & P 500	Opciones	Total	Sólo S & P 500
Monto promedio	\$ 982,200	\$ 22,284	\$ 1,004,483	\$ 1,002,245
Moda	\$ 982,696	\$ 17,130	\$ 988,530	\$ 1,002,751
Desviación estándar	\$ 23,440	\$ 10,047	\$ 28,943	\$ 23,918
Asimetría	0.11	3.46	1.3	0.11
Percentil 1%	\$ 924,324	\$ 10,371	\$ 958,065	\$ 943,188
Percentil 5%	\$ 944,619	\$ 12,605	\$ 967,006	\$ 963,897
Percentil 10%	\$ 953,947	\$ 13,897	\$ 972,801	\$ 973,415
Percentil 50%	\$ 981,920	\$ 19,841	\$ 999,791	\$ 1,001,960
Percentil 90%	\$ 1,010,711	\$ 33,014	\$ 1,041,160	\$ 1,031,338
Percentil 95%	\$ 1,020,692	\$ 40,354	\$ 1,057,742	\$ 1,041,522
Percentil 99%	\$ 1,043,090	\$ 61,103	\$ 1,098,197	\$ 1,064,377

En la Figura 22, se muestra la distribución de ambos portafolios. El portafolio de opciones presenta una asimetría positiva, ladeada hacia la derecha, generando mayores ganancias por el uso de opciones, mientras que el portafolio del S&P 500 presenta una distribución más simétrica.

Figura 22 – Distribución Portafolio (1% en Call, 1% en Put)

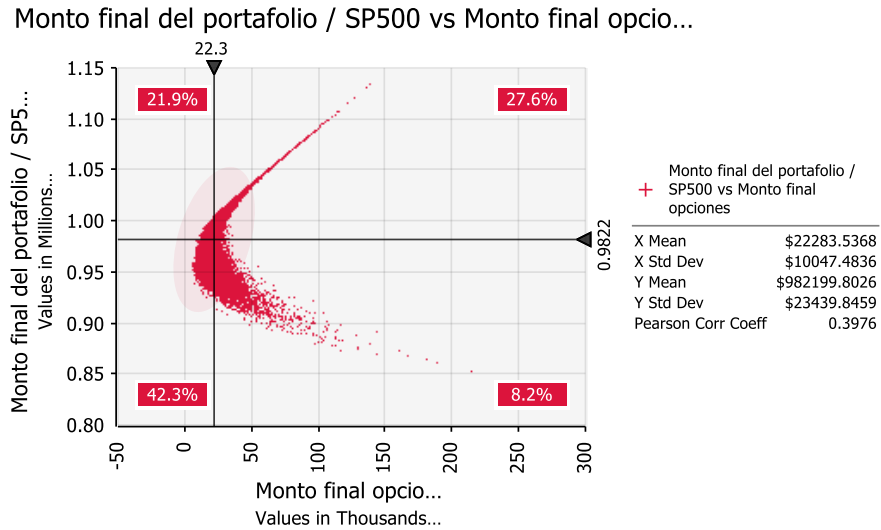


La Figura 23, muestra en el eje X la parte del valor de opciones mientras que en el eje Y se muestra la parte del valor del portafolio de S&P 500. Ambos forman el 100% del valor del portafolio en conjunto.

A medida que el valor del S&P 500 aumenta nuestro portafolio aumenta por el efecto del uso de las *Call*, así mismo a medida que el valor del S&P 500 disminuye el

valor de la pérdida está acotada por el efecto de la *Put*, es decir; bajo el escenario que el S&P 500 aumenta y disminuya su valor, el uso de opciones permite generar mayores ganancias limitando el riesgo.

Figura 23 – Dispersión del Portafolio (1% en *Call*, 1% en *Put*)



5.2. Portafolio con opciones *Put* (Escenario N° 2).

En la presente simulación se usaron dos opciones *Put* con una participación del 1% en cada una. Los precios iniciales de cada *Put* son \$ 103.11 y \$ 119.95 respectivamente. En la Tabla 12 se muestran los parámetros utilizados.

Tabla 12– Parámetros de opciones *Put*

Opciones	Opción 1	Opción 2
Tipo	Put	Put
Precio Inicial	\$ 103.11	\$ 109.95
Peso en el portafolio de Opciones (distribuyendo)	50.00%	50.00%
Peso en el portafolio	1.00%	1.00%

La Tabla 13 muestra los resultados de los portafolios simulados con el uso de dos *Put*:

- El monto promedio se muestra similar en ambos portafolios sin embargo el uso de las *Put* limita las pérdidas (percentil 1% y 5%) en el portafolio con opciones, así;

en el percentil 1% el valor total del portafolio asciende a \$ 969,239 mientras que en el portafolio S&P 500 el valor de portafolio asciende a \$ 943,177.

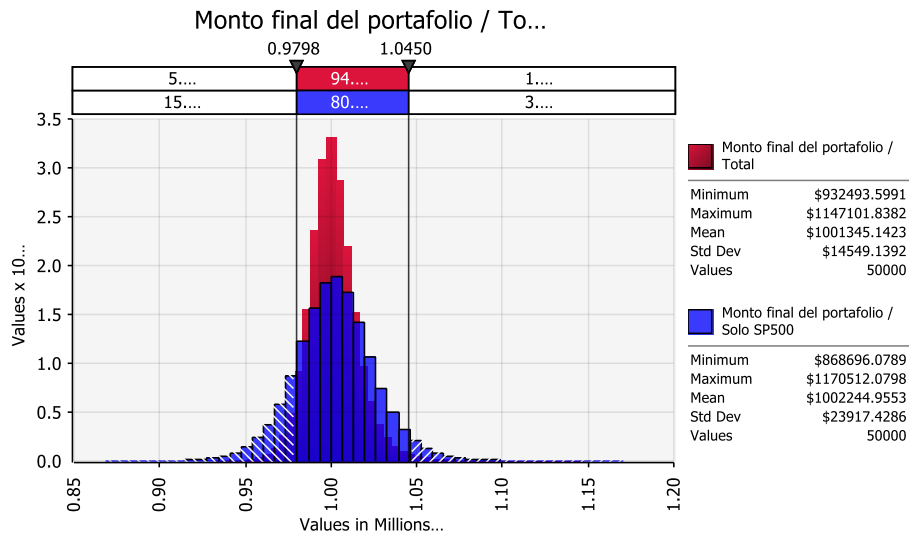
- La desviación estándar en el portafolio con opciones es menor (\$ 14,549) respecto al portafolio S&P 500 (\$ 23,917).
- Como se puede observar el uso de opciones *Put* limita las pérdidas y reduce el riesgo de portafolio.

Tabla 13 – Resultados de portafolio simulado N°2

	S&P 500	Opciones	Total	Sólo S&P 500
Monto promedio	\$ 982,200	\$ 19,145	\$ 1,001,345	\$ 1,002,245
Moda	\$ 981,662	\$ 17,734	\$ 998,438	\$ 1,001,696
Desviación estándar	\$ 23,439	\$ 9,208	\$ 14,549	\$ 23,917
Asimetría	0.12	0.61	0.74	0.12
Percentil 1%	\$ 924,314	\$ 1,138	\$ 969,239	\$ 943,177
Percentil 5%	\$ 944,616	\$ 5,099	\$ 979,809	\$ 963,894
Percentil 10%	\$ 953,947	\$ 7,901	\$ 984,757	\$ 973,415
Percentil 50%	\$ 981,920	\$ 18,492	\$ 1,000,367	\$ 1,001,959
Percentil 90%	\$ 1,010,710	\$ 30,895	\$ 1,018,768	\$ 1,031,336
Percentil 95%	\$ 1,020,689	\$ 35,302	\$ 1,026,033	\$ 1,041,520
Percentil 99%	\$ 1,043,070	\$ 45,040	\$ 1,044,552	\$ 1,064,358

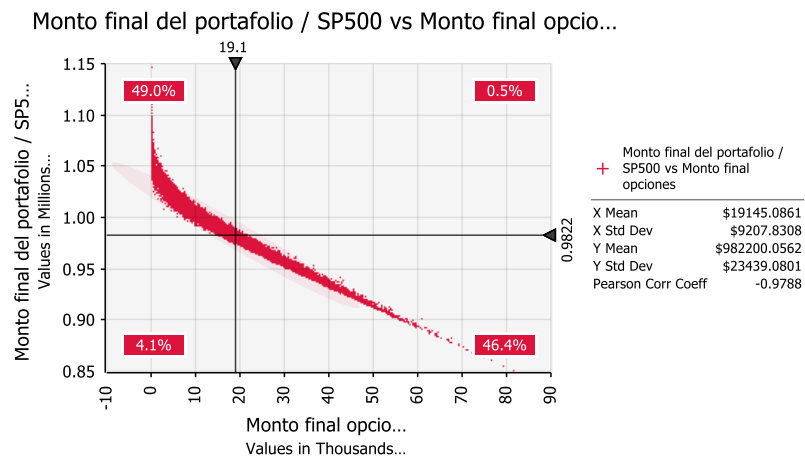
La Figura 24 muestra la distribución de los portafolio con opciones *Put* y S&P 500. El portafolio simulado con opciones *Put* muestra una mayor concentración de sus datos (pérdidas limitadas), mientras que el portafolio simulado con el S&P 500 se encuentra más disperso.

Figura 24 – Distribución Portafolio (2% en Put)



La Figura 25 muestra en el eje X la parte del valor de opciones mientras que en el eje Y se muestra la parte del valor del portafolio de S&P 500. Ambos forman el 100% del valor del portafolio en conjunto. El efecto de las *Put* en los portafolios es limitar la pérdida y aumentar el valor por portafolio cuando el valor del S&P 500 disminuye.

Figura 25– Dispersión del Portafolio (2% en Put)



5.3. Portafolio con opciones *Call* y *Put* (Escenario N°9).

En la presente simulación se usaron dos opciones, una *Call* y una *Put* con una participación total del 10% (9% *Call* y 1% *Put*). Los precios iniciales de la *Call* y *Put* son \$ 53.89 y \$ 0.58 respectivamente. En la Tabla 14 se muestran los parámetros utilizados.

Tabla 14– Parámetros de opciones *Call* y *Put*

Opciones	Opción 1	Opción 2
Tipo	Call	Put
Precio Inicial	\$ 53.89	\$ 0.58
Peso en el portafolio de Opciones (distribuyendo)	90%	10%
Peso en el portafolio	9%	1%

En la Tabla 15 se muestran los resultados de las simulaciones del portafolio:

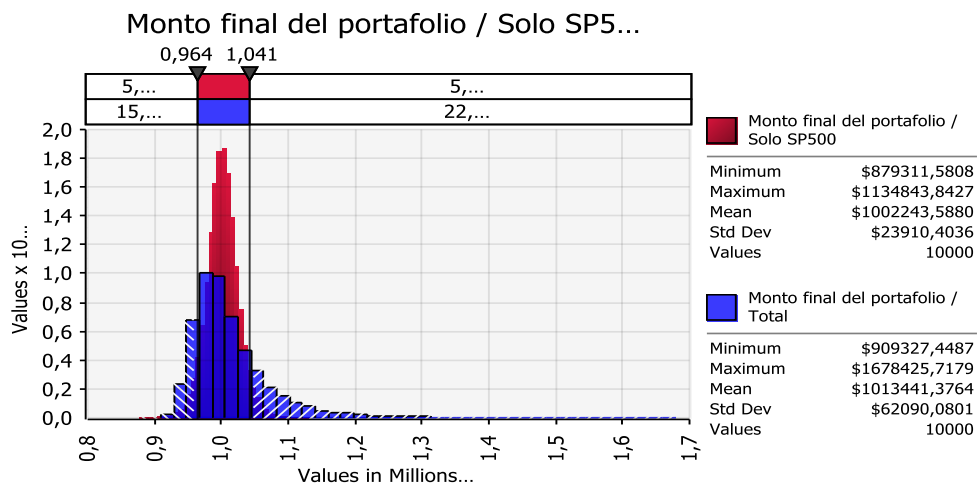
- La desviación estándar es mucho más elevada en el portafolio con opciones (\$ 62,090) respecto al portafolio sólo con S&P 500 (\$23,910).
- En el percentil 99% el portafolio con opciones presenta mayores ganancias (\$ 1,245,706) que el portafolio sólo con S&P 500 (\$ 1,064,311).
- Respecto la asimetría; el portafolio con opciones se encuentra más hacia la derecha (2.37) lo que refuerza las mayores ganancias generadas por el uso de una mayor proporción de opciones.
- A mayor proporción de opciones en el portafolio, mayor será el riesgo y en consecuencia mayor será la ganancia.

Tabla 15 – Resultados de portafolio simulado N°3

	S&P 500	Opciones	Total	Sólo S&P 500
Monto promedio	\$ 902.019	\$ 111.422	\$ 1.013.441	\$ 1.002.244
Moda	\$ 901.526	\$ 91.640	\$ 982.474	\$ 1.001.696
Desviación estándar	\$ 21.519	\$ 50.402	\$ 62.090	\$ 23.910
Asimetría	0,11	3,29	2,37	0,11
Percentil 1%	\$ 848.818	\$ 51.248	\$ 932.548	\$ 943.131
Percentil 5%	\$ 867.501	\$ 62.713	\$ 948.069	\$ 963.890
Percentil 10%	\$ 876.063	\$ 69.463	\$ 957.426	\$ 973.404
Percentil 50%	\$ 901.759	\$ 98.974	\$ 998.571	\$ 1.001.955
Percentil 90%	\$ 928.204	\$ 163.526	\$ 1.085.923	\$ 1.031.338
Percentil 95%	\$ 937.348	\$ 201.404	\$ 1.130.366	\$ 1.041.497
Percentil 99%	\$ 957.880	\$ 307.165	\$ 1.245.706	\$ 1.064.311

La Figura 26 muestra la distribución de los portafolio con opciones (10%) y S&P 500. El portafolio simulado con opciones se encuentra más disperso con una asimetría positiva ladeada hacia la derecha, mientras que el portafolio simulado con el S&P 500 muestra una mayor concentración de sus datos.

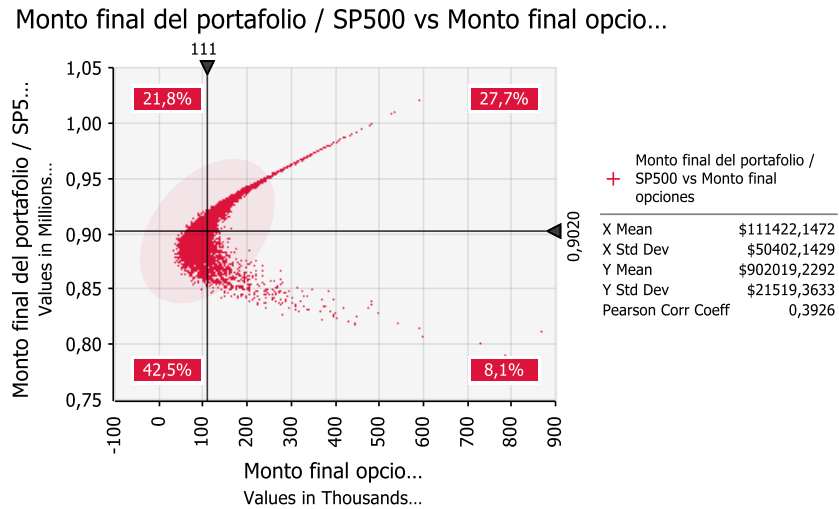
Figura 26 – Distribución Portafolio (9% en Call, 1% en Put)



La Figura 27 muestra en el eje X la parte del valor de opciones mientras que en el eje Y se muestra la parte del valor del portafolio de S&P 500. Ambos forman el 100% del valor del portafolio en conjunto.

A medida que el valor del S&P 500 aumenta nuestro portafolio aumenta por el efecto del uso de las *Call*, así mismo a medida que el valor del S&P 500 disminuye el valor de la pérdida está acotada por el efecto de la *Put*. Es importante mencionar que el efecto de incluir una mayor proporción de opción podría tener mayores ganancias sin embargo el riesgo también se incrementa.

Figura 27– Dispersión del Portafolio (9% en *Call*, 1% en *Put*)6



CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Objetivo 1: Valuar opciones Call y Put europeas utilizando el modelo de Black and Scholes, cuando el subyacente y la volatilidad cambian aleatoriamente.

La valuación de opciones *Call* y *Put* inició con la extracción de data histórica por el periodo de 10 años en escala semanal de las rentabilidades del S&P 500 y los cambios en el VIX. Con esta data se pudo construir un modelo que permitió proyectar la rentabilidad y volatilidad del activo subyacente a una semana, los cuales poseían una correlación negativa, y una distribución logística. Dicha información fue utilizada como input para simular los valores de los precios de las opciones europeas *Call* y *Put* a una semana con ayuda del modelo Black and Scholes

Objetivo 2: Encontrar empíricamente la distribución para un portafolio de opciones europeas sobre índices.

En nuestra investigación se armaron 100 portafolios con diferentes pesos en opciones *Call* y *Put* e índices S&P 500, y en cada simulación se corrieron 10,000 iteraciones, recopilando de ellas distribuciones para 28 portafolios Encontrando distribuciones simétrica para el portafolio que sólo considera el índice S&P 500, mientras que para los portafolios contruidos con opciones y S&P 500 las distribuciones mostraron principalmente asimetría positivas.

Objetivo 3: Medir el riesgo de portafolio de opciones europeas sobre índices utilizando Valor en Riesgo.

Para el medir el riesgo de los portafolios de opciones sobre índice se usó el Valor en Riesgo como metodología de medición utilizando la simulación Monte Carlo. Los resultados de la simulación se presentaron a través de los siguientes percentiles 1, 5, 10, 50, 90, 95 y 99%. Los tres primeros percentiles representan las potenciales pérdidas en el valor de portafolio mientras que los tres últimos representan las potenciales ganancias. El percentil 50% representa un escenario normal.

Objetivo 4: Discutir el efecto de incluir opciones Call y Put en un portafolio de inversión.

Con las simulaciones realizadas se pudo encontrar los efectos de incluir opciones *Call* y *Put* en un portafolio de inversión que se mencionan a continuación:

- a) Una mayor inversión en opciones podrían conllevar a mayores riesgos y las pérdidas podrían ser más grandes, por lo cual se debe buscar una inversión razonable de opciones.
- b) Incluir opciones *Puts* en el portafolio permitió controlar el riesgo del portafolio, pero también acota las ganancias. La explicación a esto es por la naturaleza de la *Put*, porque te paga cuando el índice subyacente cae, a diferencia de las opciones *Call*.
- c) Se encontró que portafolios contruidos con opciones y S&P 500 mostraron principalmente asimetrías positivas, lo cual permitirían generar mayores ganancias; mientras que el portafolio que sólo considera el índice S&P 500 una distribución simétrica.
- d) No es recomendable trabajar con opciones con precios bajos por estar alejados al valor real del activo subyacente, inyectando riesgo al portafolio. Por lo tanto, se debe incluir al portafolio sólo precios altos.
- e) Los portafolios que incluyeron opciones *Calls* y *Put*, permitieron compensar las pérdidas y ganancias, ya que las opciones deberían usarse para controlar el riesgo, acotar las pérdidas y maximizar las ganancias

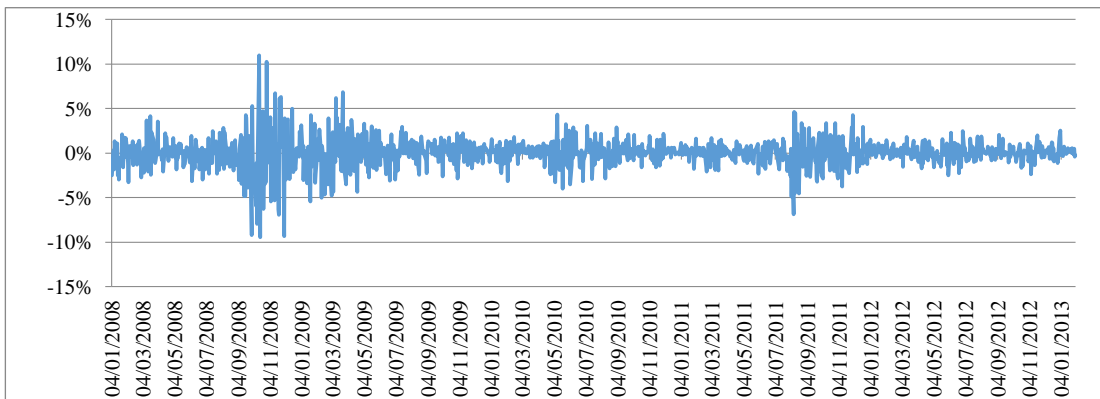
ANEXOS

En esta sección, los datos del primer lustro, en las diferentes periodicidades, fueron tratados de igual forma que en el punto 3.1.1. para mostrar los datos estadísticos de las rentabilidades mostrados en gráficos de línea, histogramas y diagramas de dispersión. Estos gráficos resaltan los eventos que influenciaron la economía en el primer lustro (2008 – 2012).

3.1.4 Evolución histórica de rentabilidad del S&P 500 2008 – 2012

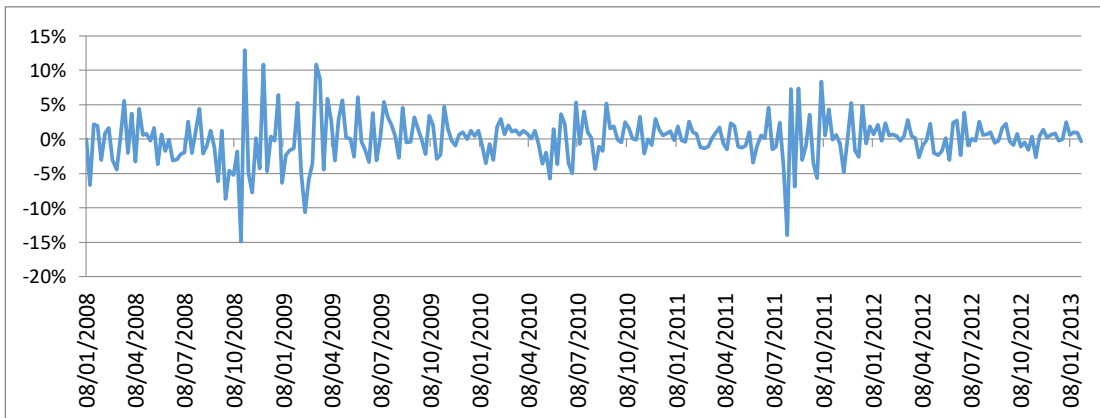
De acuerdo a lo expuesto, a continuación mostramos los resultados analíticos y estadísticos del primer lustro de los gráficos de línea en las Figuras 28, 29 y 30

Figura 28 - Evolución diaria de rentabilidad del S&P 500 (2008 – 2012)



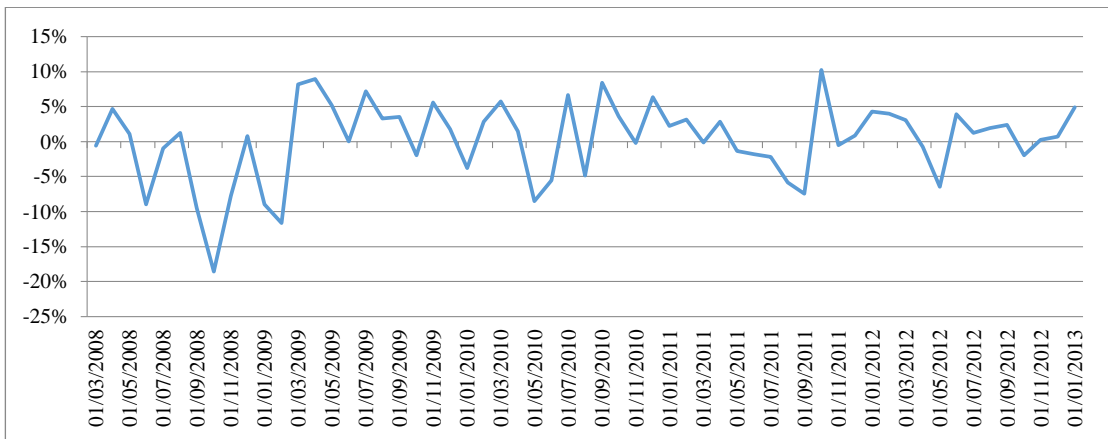
Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 29 - Evolución semanal de rentabilidad del S&P 500 (2008 – 2012)



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 30 - Evolución mensual de rentabilidad del S&P 500 (2008 – 2012)



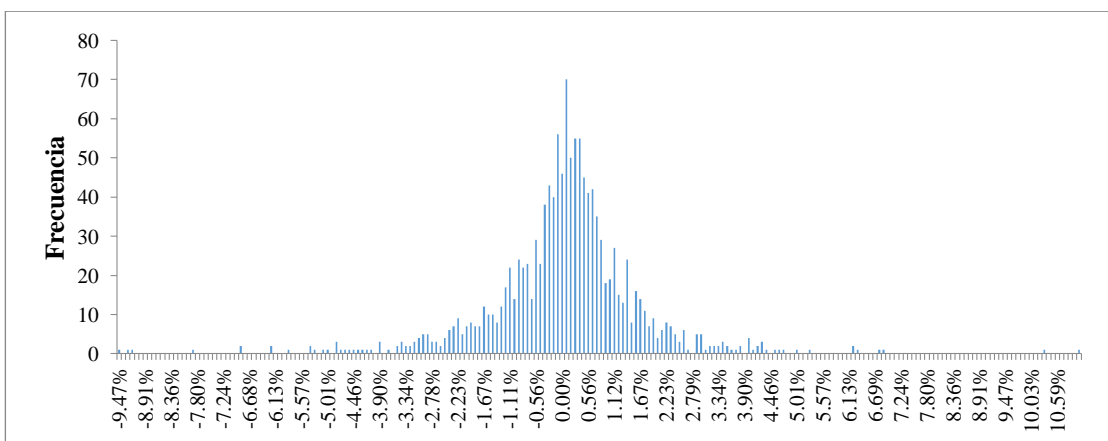
Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

En las Figuras 28, 29 y 30, se aprecia la presencia de picos de variación de las rentabilidades. Por ejemplo, en el periodo de octubre 2008 se muestra el punto más bajo de rentabilidad mostrada (-18.56%).

3.1.5 Histograma de rentabilidades del S&P 500 5 años (2008 – 2012)

De igual manera, en este punto, los datos reciben el mismo tratamiento que el punto anterior, para mostrar el histograma para cada periodicidad en el primer lustro de datos en las Figuras 31, 32 y 33.

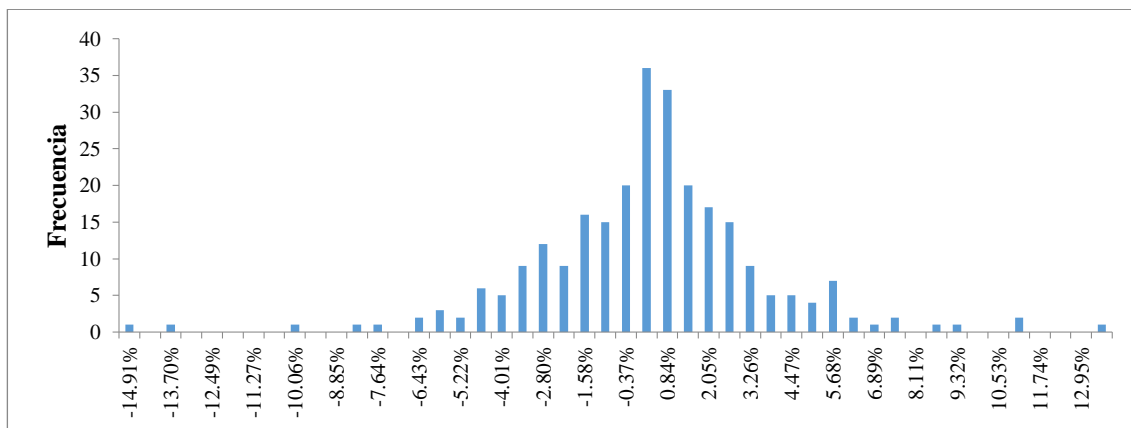
Figura 31 - Histograma de rentabilidades diarias del S&P 500 (2008 – 2012)



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Los datos diarios mostrados en la Figura 31 poseen una media de 0.0027%, desviación estándar 1.6487%, y asimetría de -0.250275.

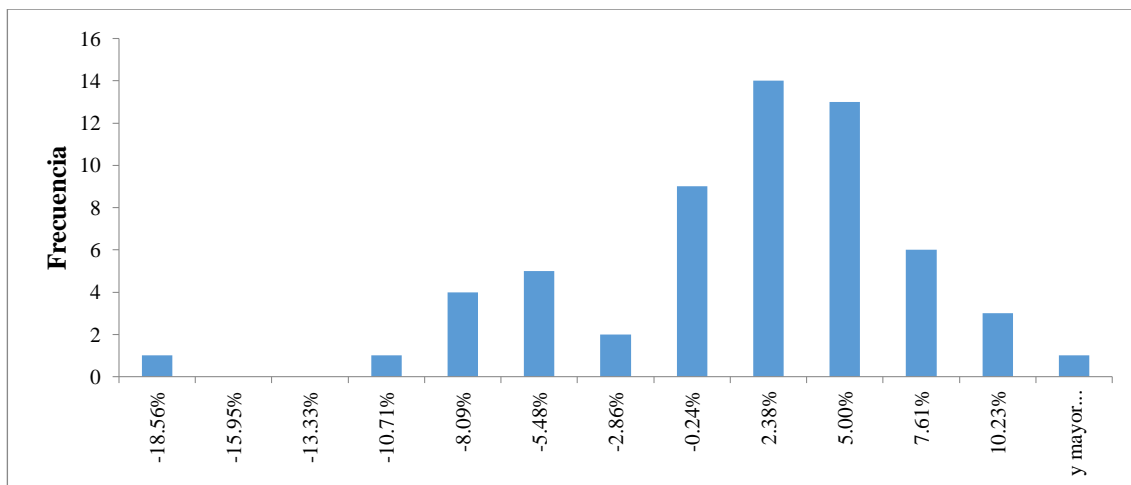
Figura 32 - Histograma de rentabilidades semanales del S&P 500 (2008 - 2012)



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Los datos semanales mostrados en la Figura 32 poseen una media de 0.0206%, desviación estándar 3.3847%, y asimetría de -0.226570

Figura 33 - Histograma de rentabilidades mensuales del S&P 500 (2008 – 2012)



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Los datos mensuales mostrados en la Figura 33 poseen una media de 0.2009%, desviación estándar 5.6084%, y asimetría de -0.879515.

Los resultados mostrados en los Figuras 31, 32 y 33 presentan diferentes datos estadísticos como la media, desviación estándar y coeficiente de asimetría, los cuales mostramos en la Tabla 16 para una mejor comparación de los mismos del primer lustro.

Tabla 16 – Resumen de variables estadísticas del S&P 500 (2008 – 2012)

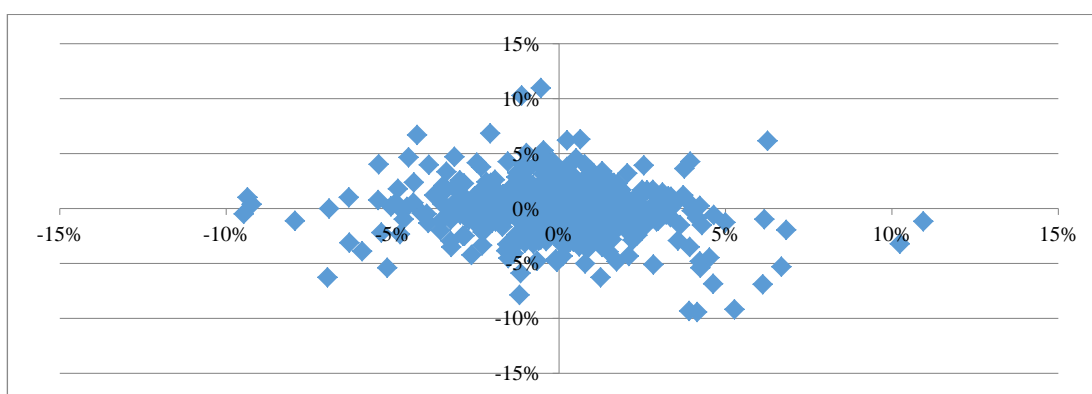
<i>Estadísticos</i>	<i>Diaria</i>	<i>Semanal</i>	<i>Mensual</i>
Media	0.0027%	0.0206%	0.2009%
Desviación estándar	1.6487%	3.3847%	5.6084%
Coeficiente de asimetría	-0.250275	-0.226570	-0.879515

Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

3.1.6 Dispersión de rentabilidades del S&P 500 5 años (2008 – 2012)

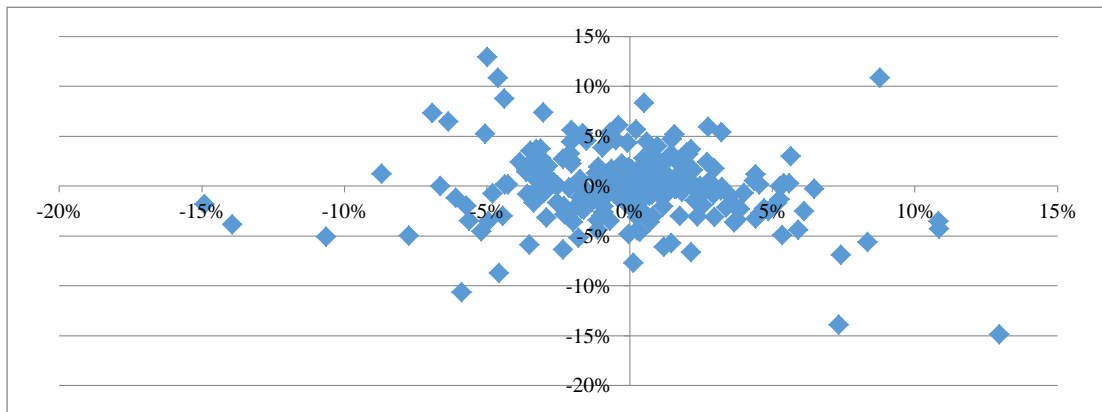
Asimismo, en este punto, los datos reciben el mismo tratamiento que el punto anterior, para mostrar en diagramas de dispersión los datos de cada periodicidad del primer lustro en las Figuras 34, 35 y 36.

Figura 34 - Dispersión de rentabilidades diarias del S&P 500 (2008 – 2012)



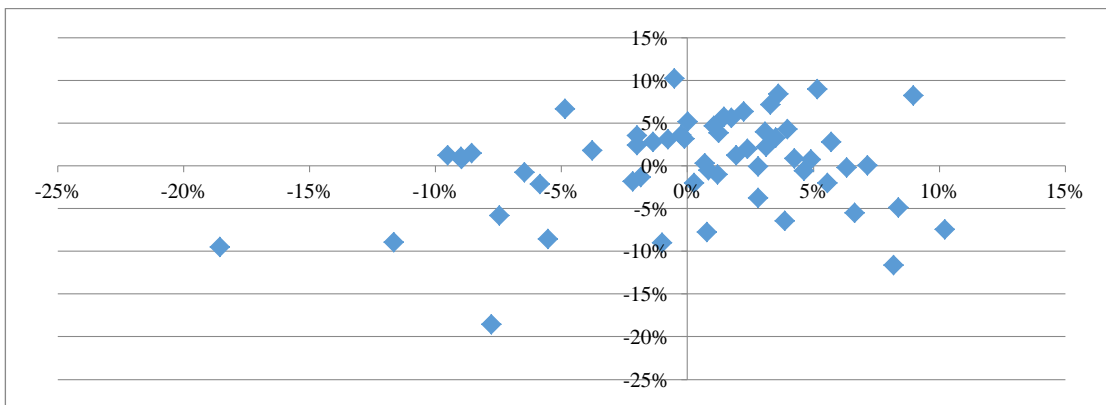
Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 35 - Dispersión de rentabilidades semanales del S&P 500 (2008 – 2012)



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 36 - Dispersión de rentabilidades mensuales del S&P 500 (2008 – 2012)



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

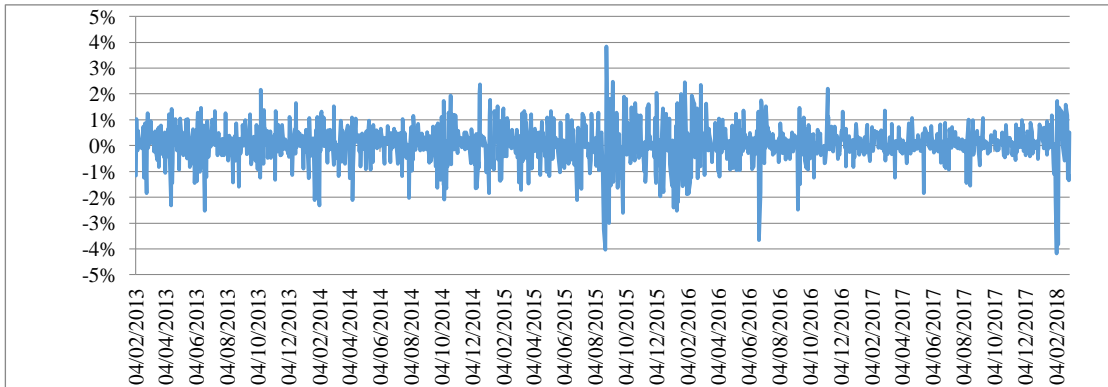
En los diagramas de dispersión, Figuras 34, 35 y 36 no se aprecia una presencia de tendencia en los resultados, al igual que en lo descrito en el párrafo de dispersión para los 10 años.

3.1.7 Evolución histórica de rentabilidad del S&P 500 2013 – 2018

En este punto, los datos del segundo lustro en las diferentes periodicidades fueron tratados de igual forma que en el punto 3.1.1. para mostrar los datos estadísticos de las rentabilidades de acuerdo a los eventos que sucedieron en el segundo lustro (2013 – 2018).

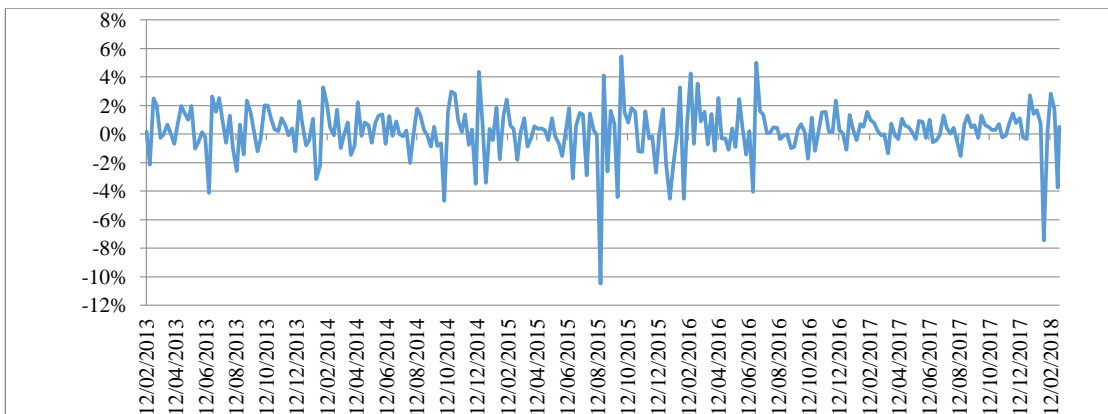
Así, a continuación mostramos los resultados del segundo lustro en gráficos de línea en la Figuras 37, 38 y 39.

Figura 37 - Evolución diaria de rentabilidad del S&P 500 (2013 – 2018)



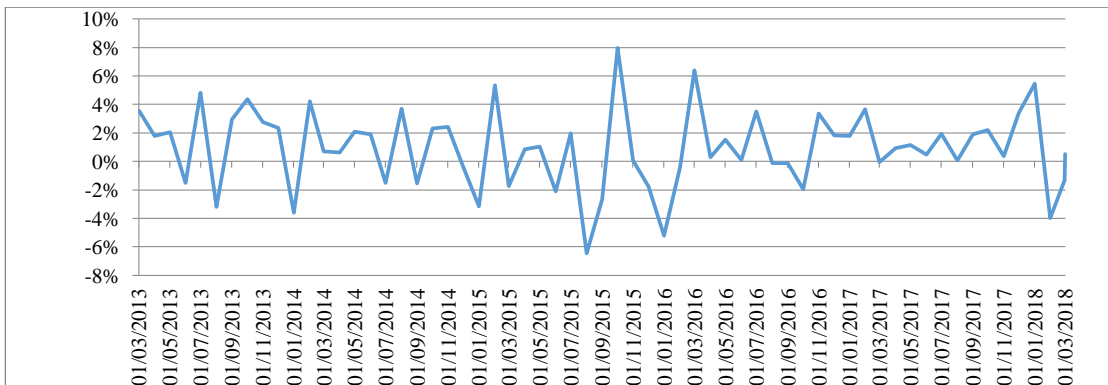
Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 38 - Evolución semanal de rentabilidad del S&P 500 (2013 – 2018)



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 39 - Evolución mensual de rentabilidad del S&P 500 (2013 – 2018)

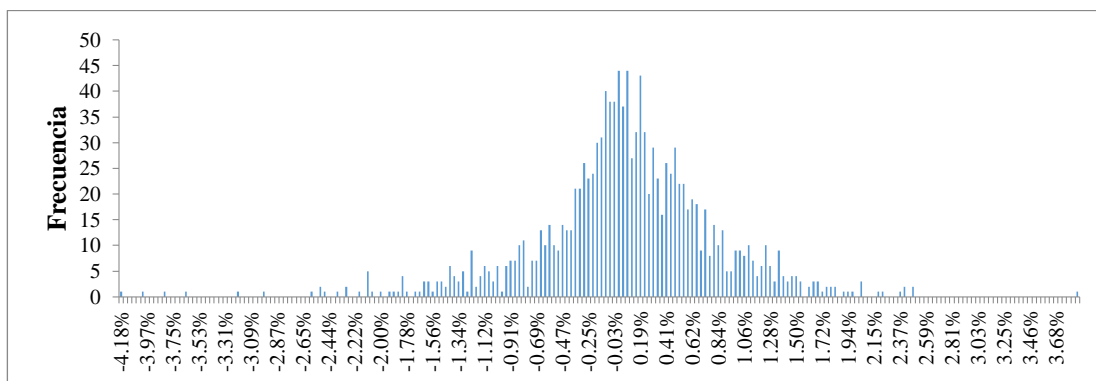


Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

3.1.8 Histograma de rentabilidades del S&P 500 5 años (2013 – 2018)

De igual manera, en este punto, los datos son tratados de igual forma que el punto anterior, para mostrar el histograma para cada periodicidad en el segundo lustro de datos en las Figuras 40, 41 y 42.

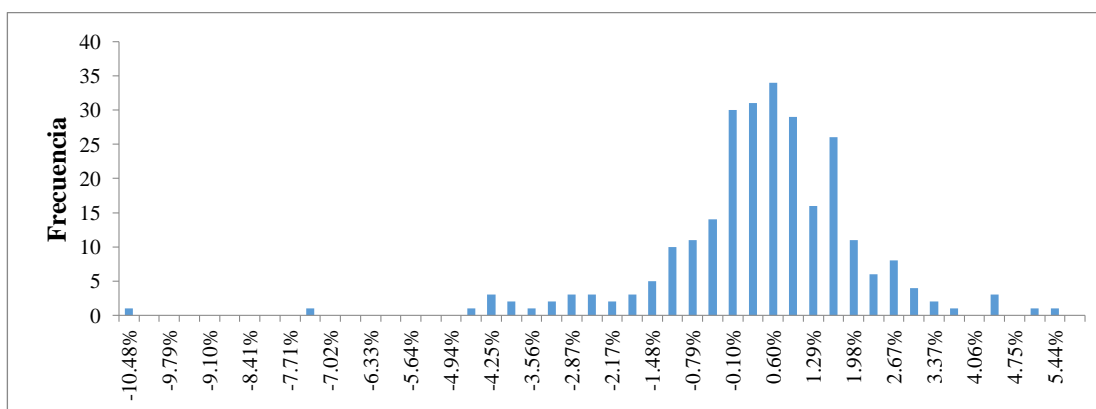
Figura 40 - Histograma de rentabilidades diarias del S&P 500 (2013 – 2018)



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Los datos diarios mostrados en la Figura 40 poseen una media de 0.0450%, desviación estándar 0.7727%, y asimetría de -0.600554.

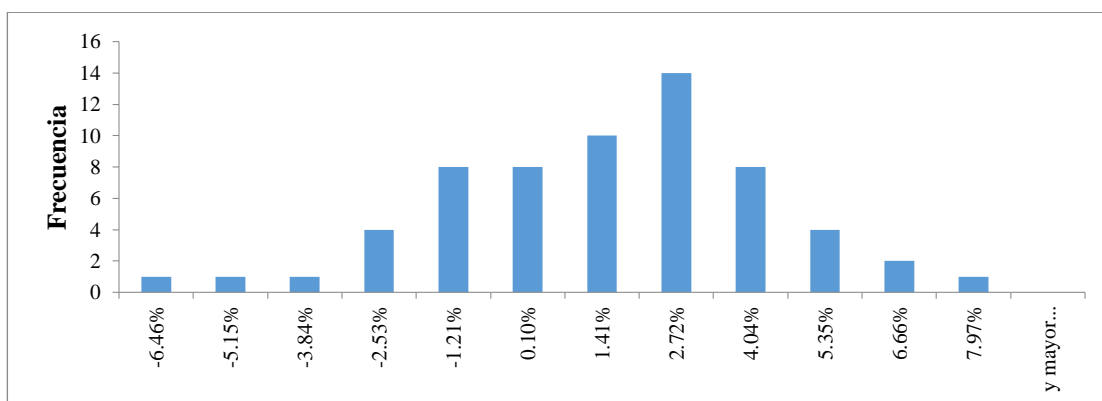
Figura 41 - Histograma de rentabilidades semanales del S&P 500 (2013 – 2018)



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Los datos semanales mostrados en la Figura 41 poseen una media de 0.2163%, desviación estándar 1.7541%, y asimetría de -1.352814.

Figura 42 - Histograma de rentabilidades mensuales del S&P 500 (2013 – 2018)



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Los datos mensuales mostrados en la Figura 42 poseen una media de 0.9271%, desviación estándar 2.7795%, y asimetría de -0.174509.

Los datos mostrados en las Figuras 40, 41 y 42 presentan diferentes datos estadísticos como la media, desviación estándar y coeficiente de asimetría, los cuales mostramos en la Tabla 17 para una mejor comparación de los mismos en el segundo lustro.

Tabla 17 – Resumen de variables estadísticas del S&P 500 (2013 – 2018)

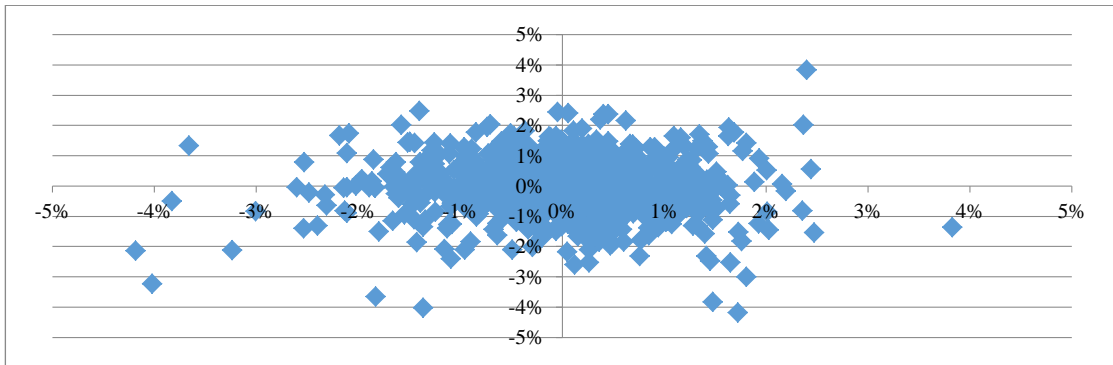
<i>Estadísticos</i>	<i>Diaria</i>	<i>Semanal</i>	<i>Mensual</i>
Media	0.0450%	0.2163%	0.9271%
Desviación estándar	0.7727%	1.7541%	2.7795%
Coeficiente de asimetría	-0.600554	-1.352814	-0.174509

Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

3.1.9 Dispersión de rentabilidades del S&P 500 5 años (2013 – 2018)

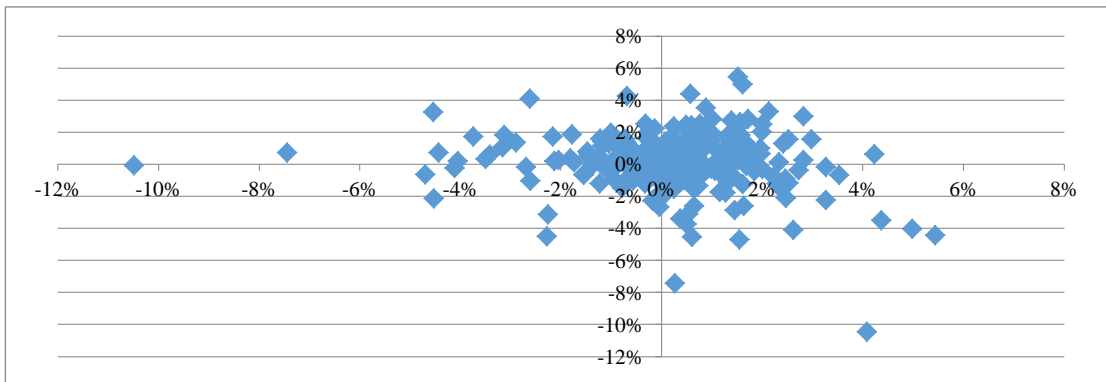
Asimismo, en este punto, los datos reciben el mismo tratamiento que el punto anterior, para mostrar en diagramas de dispersión los datos en cada periodo del segundo lustro en las Figuras 43, 44 y 45.

Figura 43 - Dispersión de rentabilidades diarias del S&P 500 (2013 – 2018)



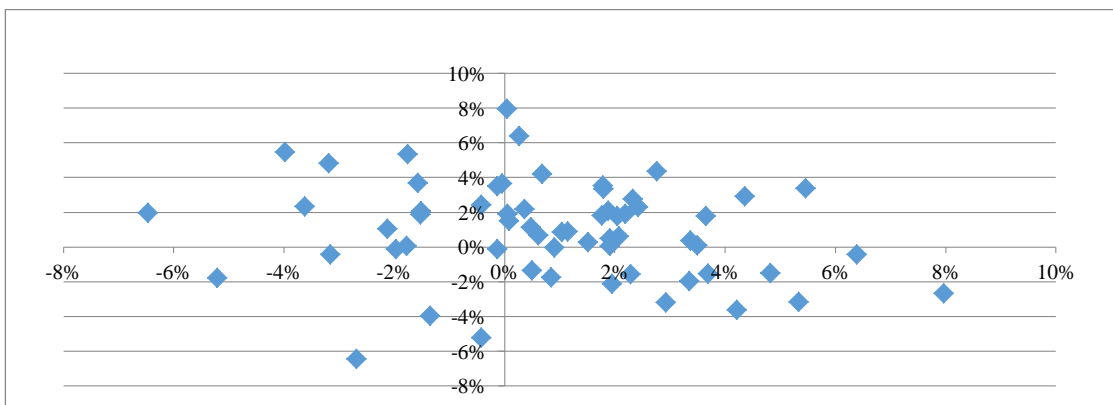
Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 44 - Dispersión de rentabilidades semanales del S&P 500 (2013 – 2018)



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 45 - Dispersión de rentabilidades mensuales del S&P 500 (2013 – 2018)



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

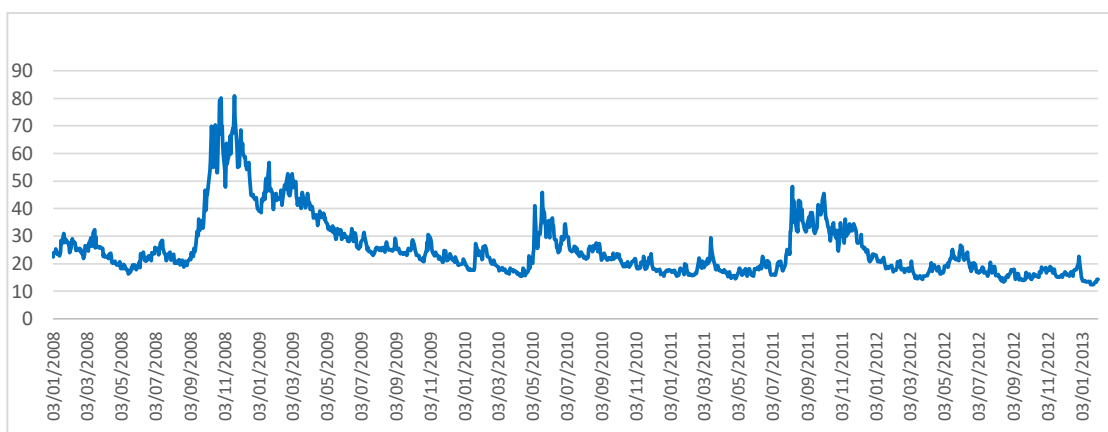
En las Figuras 43, 44 y 45 tampoco se aprecian la presencia de una tendencia, al igual que en lo descrito en el párrafo de dispersión para los 10 años.

3.2.4 Evolución histórica del VIX 2008 – 2012

En esta sección, los datos del VIX del primer lustro fueron tratados de igual forma que en el punto 3.2.1 para mostrar la volatilidad histórica durante los periodos 2008 – 2013.

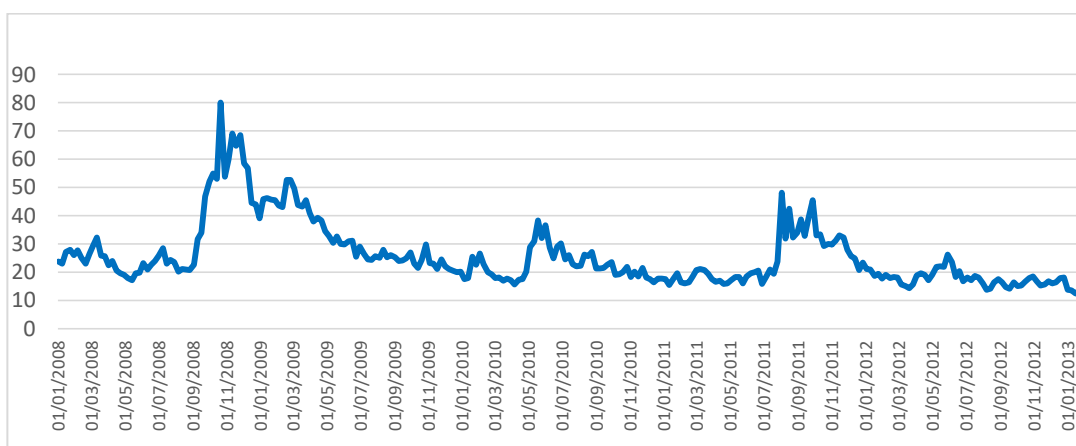
Las Figuras 46, 47 y 48 contienen la evolución diaria, semanal y mensual del VIX.

Figura 46 - Evolución diaria del VIX (2008 – 2012)



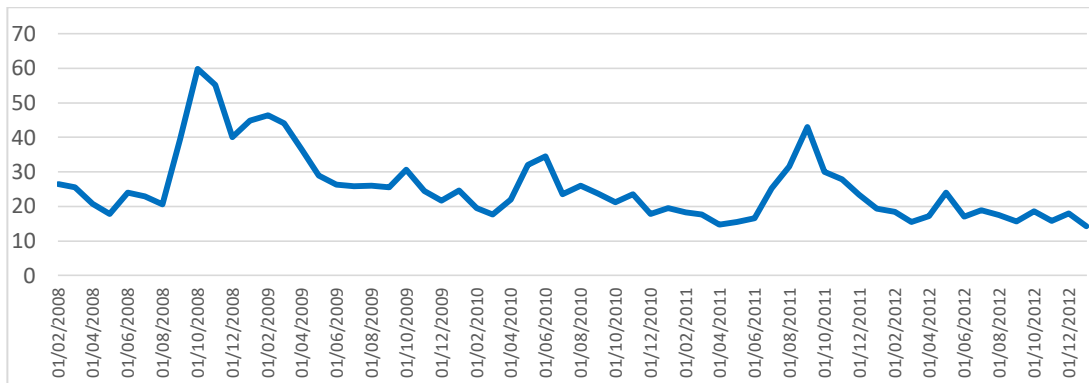
Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 47 - Evolución semanal del VIX (2008 – 2012)



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 48 - Evolución mensual del VIX (2008 – 2012)



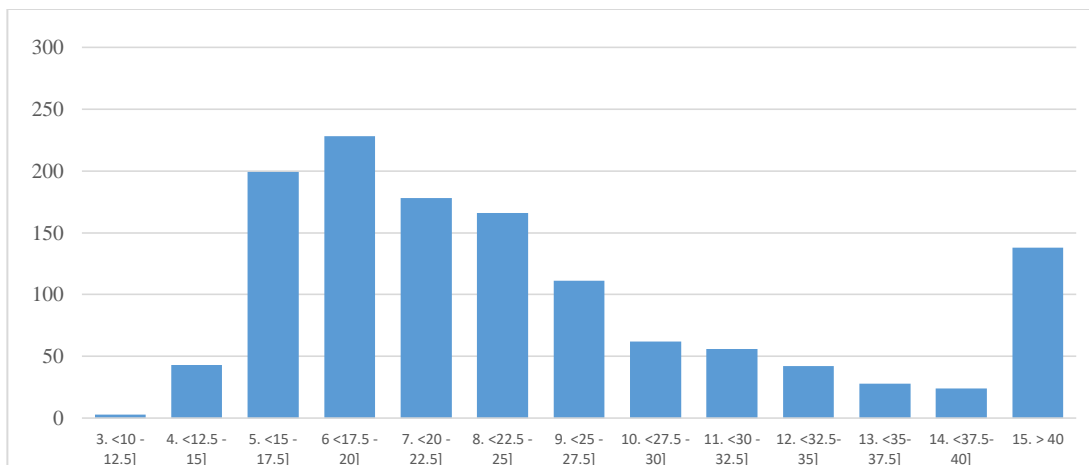
Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

3.2.5 Histograma del VIX 5 años (2008 – 2012)

En esta sección, los datos son tratados de igual forma que en el punto 3.2.2, para mostrar el histograma para cada periodicidad en el primer lustro de datos.

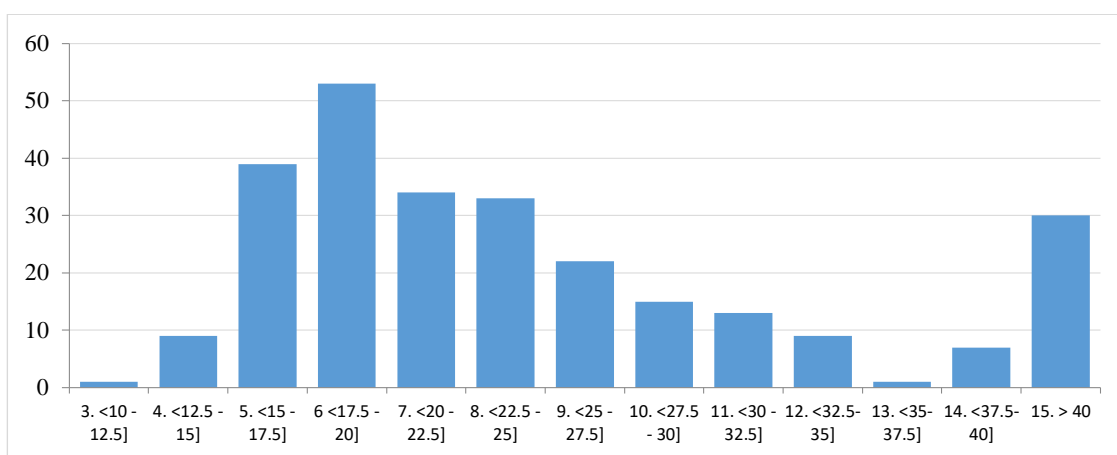
Las Figuras 49, 50 y 51 contienen los valores del VIX diaria, semanal y mensual del VIX agrupados por rangos durante los periodos 2008 al 2012.

Figura 49 - Histograma diaria del VIX (2008 – 2012)



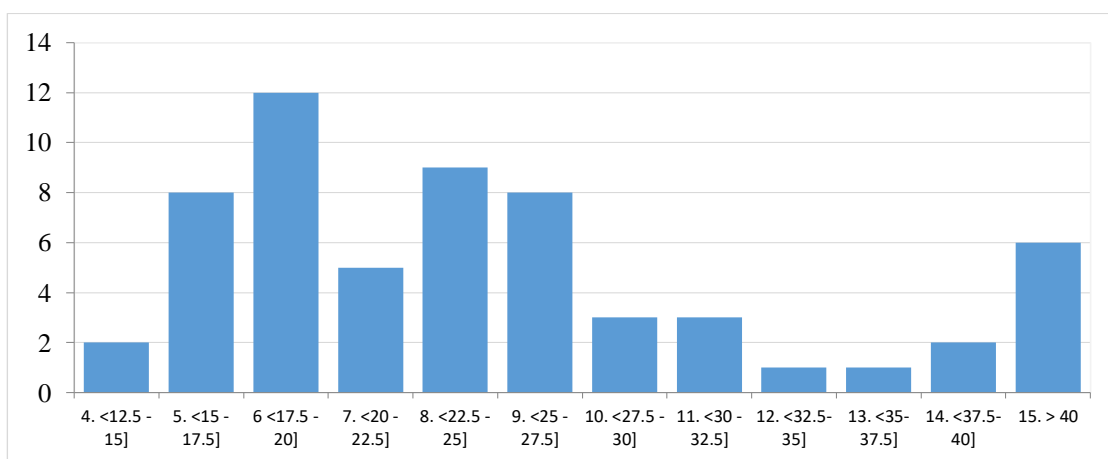
Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 50 - Histograma semanal del VIX (2008 – 2012)



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 51 – Histograma mensual del VIX (2008 – 2012)



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

A continuación la Tabla 18 muestra los siguientes estadísticos del VIX en su frecuencia diaria, semanal y mensual para los periodos de análisis 2008 – 2012.

Tabla 18 - Resumen de variables estadísticas del VIX (2008 – 2012)

<i>Estadísticos</i>	<i>Diario</i>	<i>Semanal</i>	<i>Mensual</i>
Media	25.56	25.62	25.57
Desviación estándar	11.05	11.19	10.01
Coefficiente de asimetría	1.93	1.89	1.55

Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

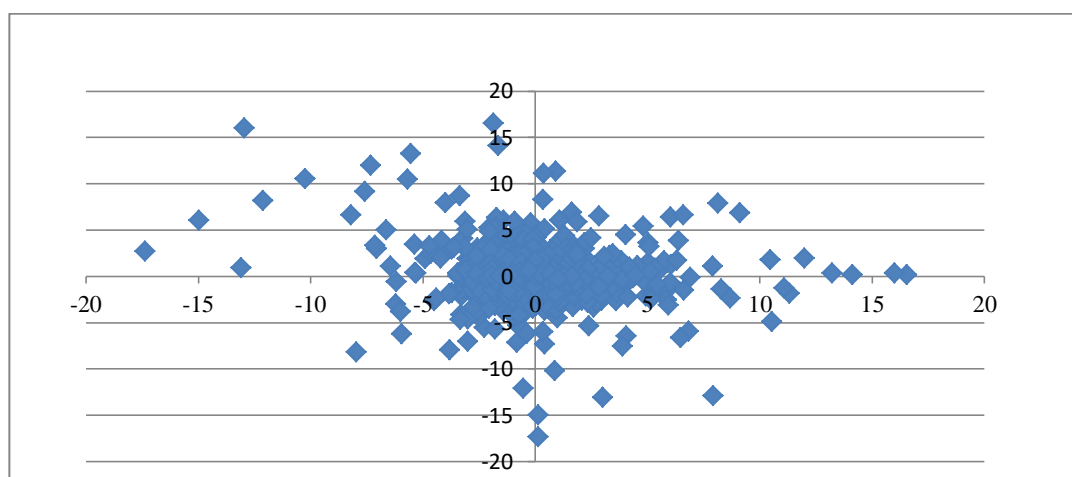
En la Tabla 18, la media se mantiene constante en las frecuencias diarias, semanales y mensuales con un promedio de 25%. La desviación estándar se encuentra en niveles de 10% a 11%. El coeficiente de asimetría se muestra un poco más elevado en la frecuencia diaria 2.29 y bajo en la frecuencia mensual 1.55.

3.2.6 Dispersión del VIX 5 años (2008 – 2012)

En esta sección, al igual que en punto 3.2.3, se consideraron los cambios en el valor del VIX durante el año 2008 hasta el año 2012. Estos datos fueron extraídos en periodicidades diarias, semanales y mensuales que finalmente son mostradas en los gráficos de dispersión.

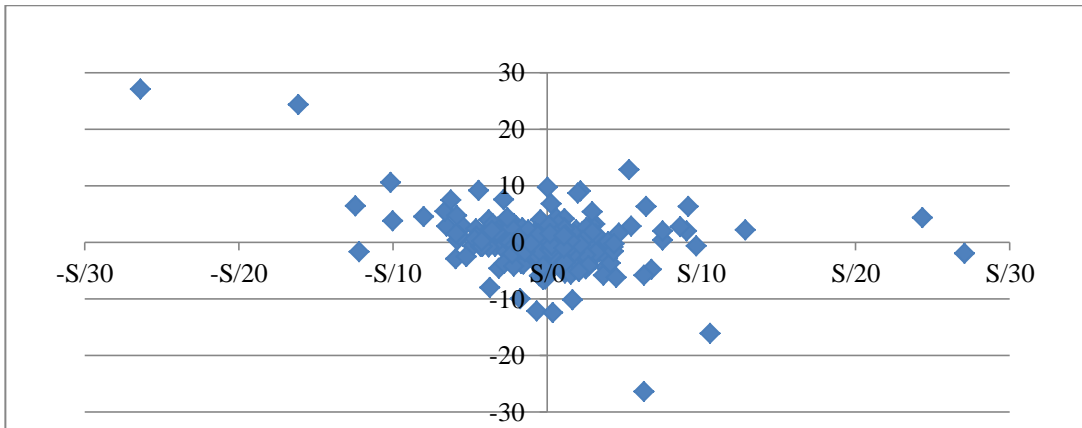
Las Figuras 52, 53 y 54 contienen los gráficos de dispersión de forma diaria, semanal y mensual del primer lustro.

Figura 52 - Dispersión diario del VIX (2008 – 2012)



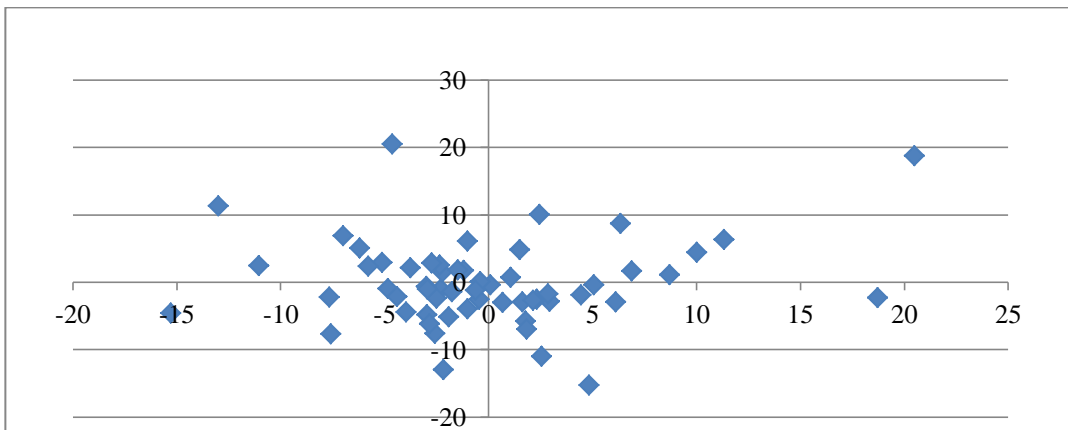
Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 53 - Dispersión semanal del VIX (2008 – 2012)



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 54 - Dispersión mensual del VIX (2008 – 2012)



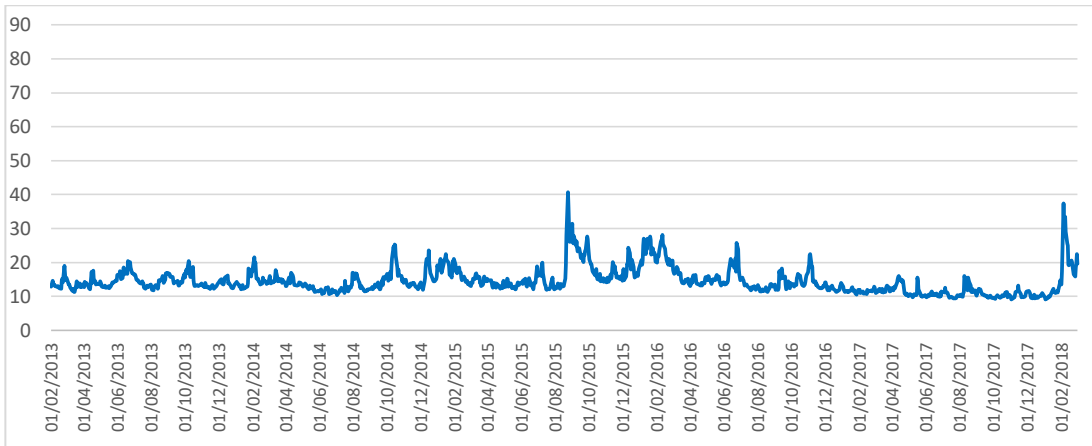
Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

3.2.7 Evolución histórica del VIX 2013 – 2018

En esta sección, los datos del VIX del primer lustro fueron tratados de igual forma que en el punto 3.2.1 para mostrar la volatilidad histórica durante los periodos 2013 – 2018.

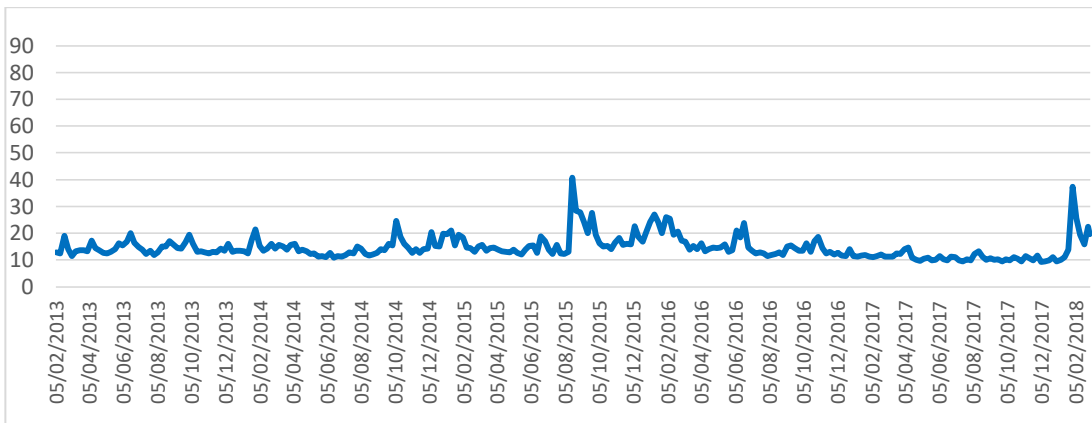
Las Figuras 55, 56 y 57 contienen la evolución diaria, semanal y mensual del VIX.

Figura 55 - Evolución diaria del VIX (2013 – 2018)



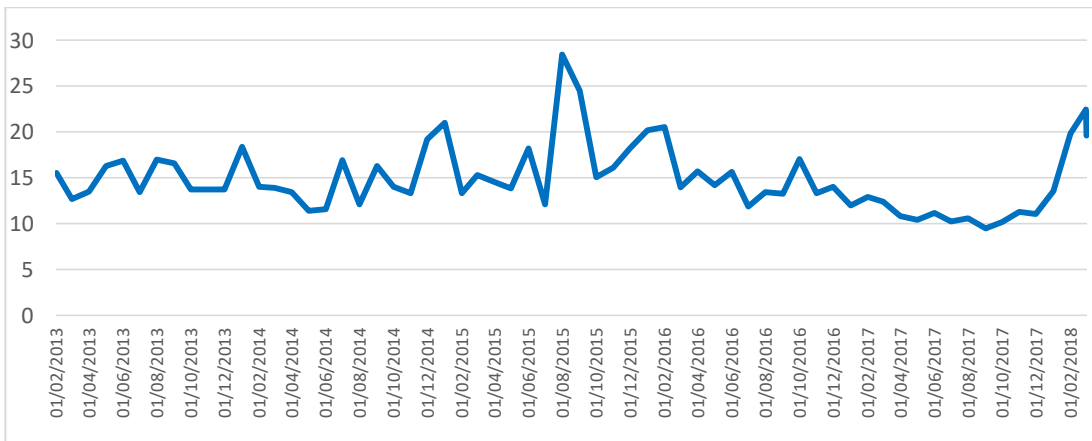
Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 56 - Evolución semanal del VIX (2013 – 2018)



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 57 - Evolución mensual del VIX (2013 – 2018)



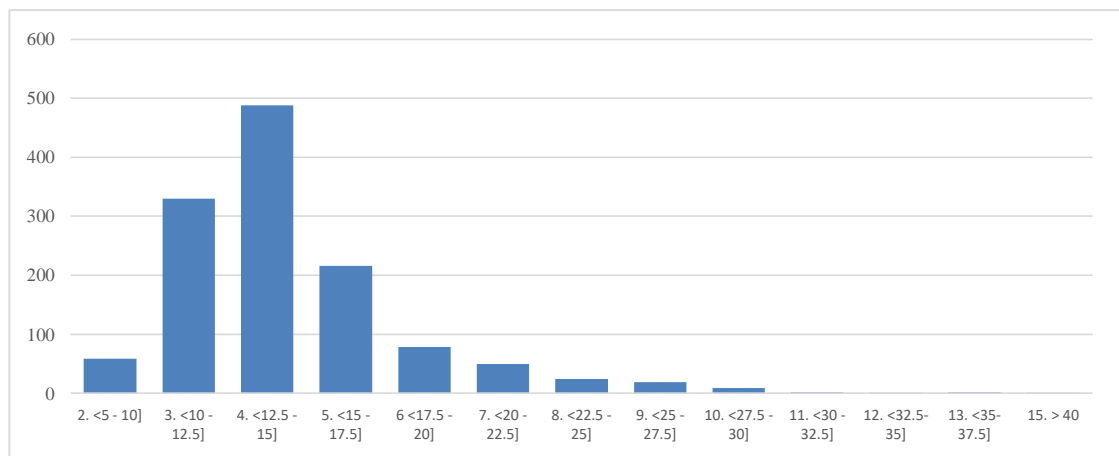
Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

3.2.8 Histograma del VIX 5 años (2013 – 2018)

De igual manera, en esta sección, los datos son tratados de igual forma que en el punto 3.2.2, para mostrar el histograma para cada periodicidad en el segundo lustro de datos.

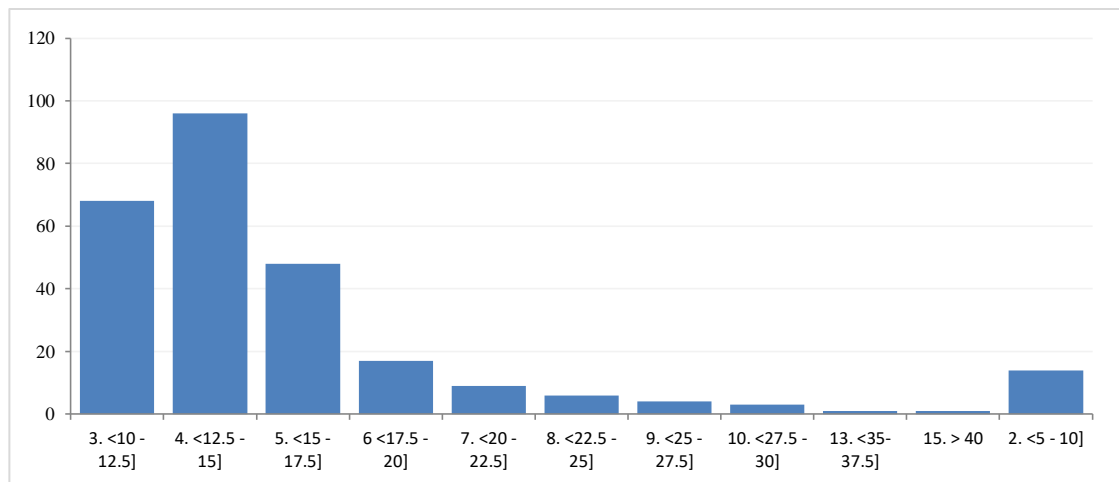
Las Figuras 58, 59 y 60 contienen los valores del VIX diario, semanal y mensual del VIX agrupados por rangos durante los periodos 2013 al 2018.

Figura 58 - Histograma diaria del VIX (2013 – 2018)



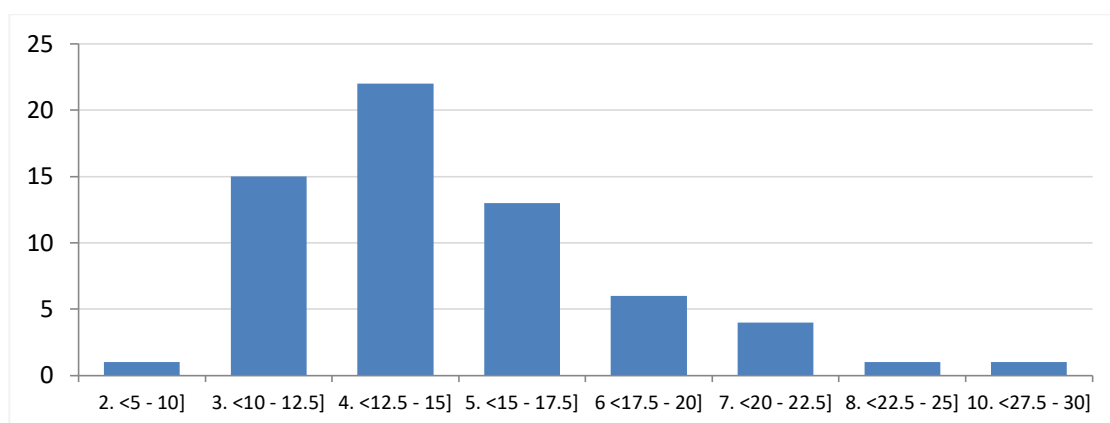
Fuente: Yahoo Finance Elaboración propia

Figura 59 - Histograma semanal del VIX (2013 – 2018)



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 60 - Histograma mensual del VIX (2013 – 2018)



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

A continuación la Tabla 19 muestra los siguientes datos estadísticos del VIX en la frecuencia diaria, semanal y mensual para los periodos de análisis 2013 – 2018.

Tabla 19 – Resumen de variables estadísticas del VIX (2013 – 2018)

<i>Estadísticos</i>	<i>Diario</i>	<i>Semanal</i>	<i>Mensual</i>
Media	14.49	14.65	14.91
Desviación estándar	3.81	4.25	3.65
Coefficiente de asimetría	1.90	2.32	1.29

Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

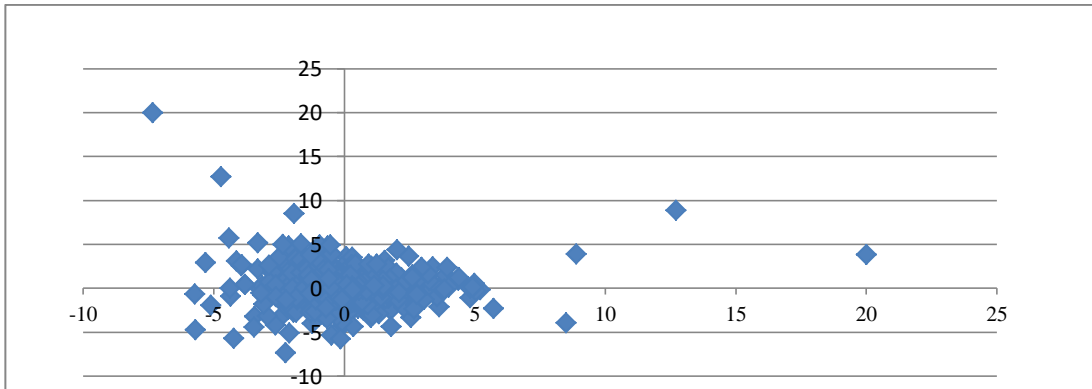
En la Tabla 19, la media se mantiene constante en las frecuencias diarias, semanales y mensuales con un promedio de 14%. La desviación estándar se encuentra en niveles de 3% a 4%. El coeficiente de asimetría se muestra un poco más elevado en la frecuencia diaria 2.29 y bajo en la frecuencia mensual 1.55.

3.2.9 Dispersión del VIX 5 años (2013 – 2018)

En esta sección, al igual que en punto 3.2.3, se tomaron los cambios en el valor del VIX durante el año 2013 hasta el año 2018. Estos datos fueron extraídos en periodicidades diarias, semanales y mensuales finalmente son mostradas en gráficos de dispersión.

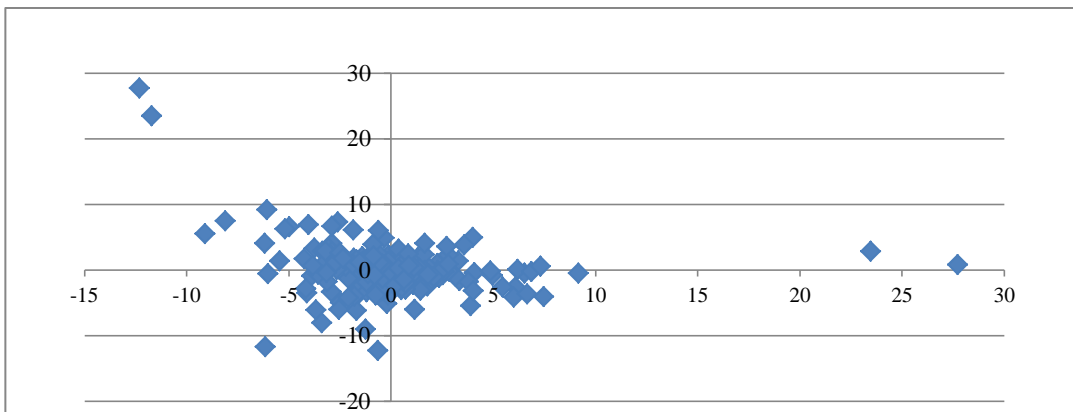
Las Figuras 61, 62 y 63 contienen los gráficos de dispersión de forma diaria, semanal y mensual del segundo lustro.

Figura 61 - Dispersión diaria del VIX (2013 – 2018)



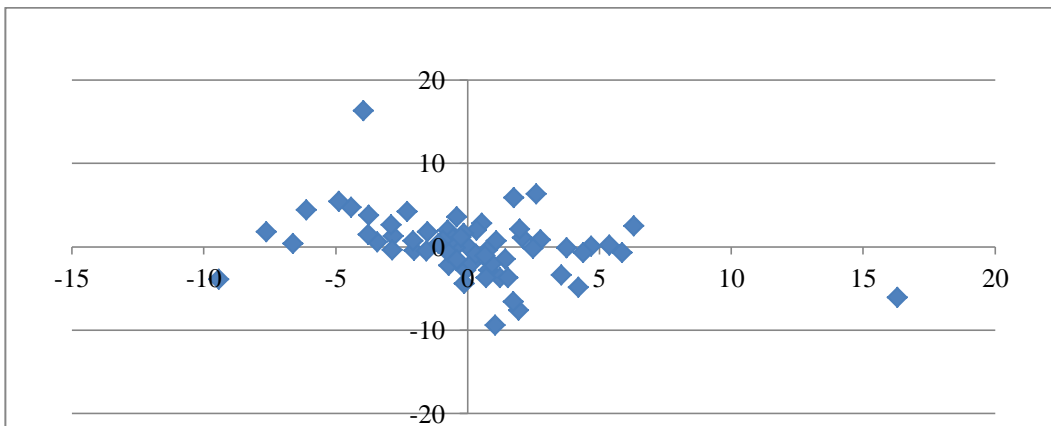
Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 62 - Dispersión semanal del VIX (2013 – 2018)



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

Figura 63 - Dispersión mensual del VIX (2013 – 2018)



Fuente: Yahoo Finance - Elaboración propia

BIBLIOGRAFÍA

- Amilcar M. (2006). *Valor en Riesgo. Metodología para la Administración del Riesgo Financiero*.
http://www.bcr.com.ar/Publicaciones/serie%20de%20lecturas/2006_01.pdf
(11/11/17; 10:20 h).
- Bedoya, M. (2005). “*Técnicas de Valuación, Estrategias y Aplicación de Opciones, sobre acciones que se negocian en la Bolsa de Valores de Lima*”. Tesis para optar por Título de Ingeniero Industrial. Lima.
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1013>
(11/11/17; 12:15 h).
- Banco Central de Chile (2002). *Valor en Riesgo: Teoría y Aplicaciones*.
http://www.bcentral.cl/documents/20143/32019/bcch_archivo_168009_es.pdf/f966fa79c-1f30-45db-b6f8-bdbe369e47f4. (08/04/18; 15:33 h)
- BBVA (2015) *¿Qué es el Valor en Riesgo - VaR?* <https://www.bbva.com/es/que-es-el-valor-en-riesgo-var/> (11/11/17; 15:05 h).
- CBOE. (2014). *The CBOE Volatility Index – VIX*
<https://www.cboe.com/micro/vix/vixwhite.pdf> (08/11/17; 19:25 h).
- Fernández V. (1999) *Teoría de Opciones: Una Síntesis*.
<http://www.dii.uchile.cl/~ceges/publicaciones/ceges16.pdf> (11/02/18; 10:10 h).
- HULL.J. (2014). *Introducción a los Mercados de Futuros y Opciones* (Octava edición). México: Pearson.
- IESE Universidad de Navarra. (1997) *Utilización de la fórmula de Black y Scholes para valorar opciones*. <http://web.iese.edu/pablofernandez/docs/FN-0425.pdf>
(11/02/18; 10:05 h).
- Stephen A., Randolph W., Ross W. (2012). *Finanzas Corporativas*. 9ª edición. México Mc Graw Hill.
- Torres, M. (2010) *Opciones Instrumentos financieros derivados*. –
http://aempresarial.com/servicios/revista/221_9_QNSSMISSTUDGZSFJPHRUQZSFAEIJLZJBMBUZJNRDHSVJHNORDWL.pdf (07/04/18; 22:15 h).