

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN – CHILE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**MAXIMIZACIÓN DE RENTABILIDAD DE
PORTAFOLIOS CON VOLATILIDAD. USO DE
SIMULACIÓN DE MONTE CARLO**

Por

Sergio Andrés González Garda

Profesor Guía:

Dr. Carlos Enrique Herrera López

Concepción, junio 2017

Tesis presentada a la

DIRECCIÓN DE POSTGRADO
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION



Para optar al grado de

MAGISTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Agradecimientos:

A mi esposa Romina:

“Gracias por tener una paciencia enorme conmigo, siempre estuviste en todos los escenarios para apoyarme. Muchas gracias amor”.

Al profesor Carlos:

“Me apoyó cuando nadie lo hizo. Esta investigación fue gracias a usted y por eso quedo enormemente agradecido”.



RESUMEN

MAXIMIZACIÓN DE RENTABILIDAD DE PORTAFOLIOS CON VOLATILIDAD. USO DE SIMULACIÓN DE MONTE CARLO.

Sergio Andrés González Garda

Junio 2017

PROFESOR GUÍA: Dr. Carlos Enrique Herrera López

Programa: Magíster en Ingeniería Industrial

Después de la crisis del 2008 que afectó a Estados Unidos, los analistas financieros empezaron a ver el mercado accionario con cierta desconfianza, debido a la poca fidelidad que traen los modelos determinísticos en general. Siempre se han usado métodos estadísticos que utilizan información pasada para predecir el futuro. Es un hecho que Harry Marvowitz planteó en sus inicios que el pasado se va a volver a repetir, pero la pregunta es cuándo. Es por eso que esta investigación abordó modelos determinísticos comúnmente usados, así como variaciones donde se toman en cuenta volatilidades y culmina con la simulación de Monte Carlo y optimización en el cual se plantean dos modelos estocásticos y uno multiobjetivo que brindan un análisis de mayor profundidad basados en un modelo de ingeniería con aplicación a gestión de portafolios.

Palabras claves: Volatilidad, Simulación de Monte Carlo, Portafolio, Optimización, Modelos determinísticos, Modelos estocásticos.

ABSTRACT

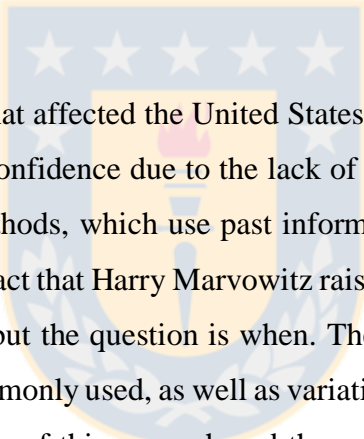
MAXIMIZATION OF PORTFOLIO RETURNS WITH VOLATILITIES. APPLICATION OF MONTE CARLO METHOD

Sergio Andrés González Garda

June 2017

THESIS SUPERVISOR: Dr. Carlos Enrique Herrera López

Program: Master in Industrial Engineering

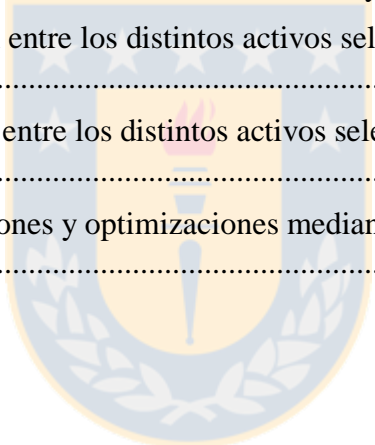


After the crisis of 2008 that affected the United States, financial analysts began to see stock markets with low confidence due to the lack of fidelity of deterministic models in general. Statistical methods, which use past information to predict the future have always been used. It is a fact that Harry Marvowitz raised in its beginnings that the past is going to repeat itself, but the question is when. Therefore, this research addressed deterministic models commonly used, as well as variations of models where volatilities are taking the major focus of this research and they culminate with the Monte Carlo simulations and optimizations in which two stochastic models and one multitarget are presented to provide an analysis in details based on an Engineering model flowchart to explain processes with applications to portfolio management.

Keywords: Volatility, Monte Carlo simulation, Portfolio, Optimization, Deterministic models, Stochastic models.

Tabla de contenidos	
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
Índice de figuras	vii
Índice de tablas	ix
Nomenclatura.....	x
Capítulo 1	1
1.1. Antecedentes generales del tema.....	1
1.2. Acercamientos al panorama actual y breve descripción histórica.....	1
1.3. Descripción del problema.....	3
1.4. Hipótesis	3
1.5. Objetivos generales y específicos.....	4
1.6. Alcances y limitaciones del estudio.....	4
1.7. Metodología.....	4
1.7.1. Levantar información financiera de acciones bursátiles	5
1.7.2. Aplicar análisis estadístico y obtención de resultados preliminares	5
1.7.3. Crear un modelo de maximización basado en volatilidades promedio de cartera y un segundo modelo basado en criterios similares como cálculos de volatilidad y aplicación de matriz de riesgo	5
1.7.4. Aplicación de simulación sobre modelos de maximización mediante un software de simulación.....	5
1.7.5. Obtener y comparar resultados del desempeño de ambos modelos:.....	5
Capítulo 2	6
2.1. Modelos previos de maximización de retorno y minimización del riesgo	6
2.2. Volatilidad como medida aleatoria o estocástica	8
2.3. Distribución de precios de acciones	11
Capítulo 3	15
3.1. Datos para modelamiento y planteamiento del problema	15
3.2. Portafolio en base a volatilidad promedio	16
3.3. Resultados de portafolio en base a volatilidad promedio	19
3.4. Portafolio en base a múltiples volatilidades	24
3.5. Resultados de portafolio en base a múltiples volatilidades	26
Capítulo 4	29

4.1. Aplicación de simulación de Monte Carlo y maximización a portfolio de acuerdo a sistema abierto de simulación y optimización	29
4.2. Simulación y optimización de portafolio en base a volatilidad promedio	34
4.3. Simulación y optimización de portafolio en base a múltiples volatilidades.....	40
Capítulo 5	44
5.1. Evolución de acciones y testeo de optimizaciones mediante rentabilidades acumuladas	44
5.2. Resultados en modelos determinísticos y modelos estocásticos	48
5.3. Análisis de resultados y recomendación.....	56
Capítulo 6:	58
Conclusiones:.....	58
Referencias:	59
Anexo 1: Resultados estadísticos de distribución de índices y activos	61
Anexo 2: Matriz de correlación entre los distintos activos seleccionados a nivel determinístico.	135
Anexo 3: Matriz de covarianza entre los distintos activos seleccionados a nivel determinístico.	136
Anexo 4: Informes de simulaciones y optimizaciones mediante @risk Optimizer y base datos.....	137



Índice de figuras

Figura 1: Serie de tiempo de Standard & Poor's 500 desde 01-Enero-2011 a 15-Julio-2015 Fuente: http://markets.ft.com/research/Markets/Tearsheets/Summary?s=INX:IOM	9
Figura 2: Distribución de Índice Dow Jones Industrial Average. Periodos a considerar fueron de 1613 días de información (01-04-2010 a 05-31-2016). Parámetros Mu y Sigma son equivalentes a retorno promedio y desviación estándar de Índice Dow Jones Industrial Average. SAS software da por defecto estos parámetros. Fuente: Elaboración propia.	12
Figura 3: Distribución acción 3M. Periodos a considerar 1613 días de información (01-04-2010 a 05-31-2016). Parámetros Mu y Sigma son equivalentes a retorno promedio y desviación estándar de acción Three_M (3M). SAS software da por defecto estos parámetros. Fuente: Elaboración propia.	12
Figura 4: Distribución de acción Apple Inc., en donde periodos a considerar fueron de 1613 días de información (01-04-2010 a 05-31-2016). Parámetros Mu y Sigma son equivalentes a retorno promedio y desviación estándar de acción Apple_Inc. SAS software da por defecto estos parámetros. Fuente: Elaboración propia.	13
Figura 5: Flujograma que resume el sistema de modelo de ingeniería aplicado simulación y optimización de portafolio basados en volatilidades. Fuente: Elaboración propia.	30
Figura 6: Cuadro de mando preliminar de entrada de distribuciones de índices y precios. Fuente: Elaboración propia.....	32
Figura 7: Matriz de covarianza estocástica de acuerdo a entrada de distribuciones. Valores preliminares de acuerdo a valores estocásticos. Fuente: Elaboración propia.	33
Figura 8: Módulo de entrada de Risk Optimizer. Fuente: Elaboración propia.....	33
Figura 9: Distribución de resultados de acuerdo a $0 \leq \beta_p < 1$ y $\sigma_p \leq 0,5$. Fuente: Elaboración propia.....	35
Figura 10: Diagrama de progreso de modelo de simulación y optimización de modelo 1. Fuente: Elaboración propia.....	36
Figura 11: Distribución de resultados de acuerdo a $\beta_p > 1$ y $\sigma_p \leq 0,5$. Fuente: Elaboración propia.....	38
Figura 12: Diagrama de progreso de modelo de simulación y optimización de modelo 2. Fuente: Elaboración propia.....	38
Figura 13: Distribución de resultados de acuerdo a $0 \leq \beta_1^*; \beta_2^*; \beta_3^* < 1$ y $\sigma_p \leq 0,5$. Fuente: Elaboración propia.....	41
Figura 14: Diagrama de progreso de modelo de simulación y optimización en base a múltiples volatilidades. Fuente: Elaboración propia.	41
Figura 15: Evolución acciones seleccionadas de Índice Dow Jones (Junio a Octubre 2016). Fuente: Elaboración propia.....	45
Figura 16: Evolución acciones seleccionadas de Índice Nasdaq Composite (Junio a Octubre 2016). Fuente: Elaboración propia.	46
Figura 17: Evolución acciones seleccionadas de Índice S&P 500 (Junio a Octubre 2016). Fuente: Elaboración propia.....	47

Figura 18: Resultados de retornos de modelo determinístico con $\beta_p = 0,6$; $\sigma_p < 0,5$. Fuente: Elaboración propia.....	49
Figura 19: Resultados de retornos de modelo determinístico con $\beta_p = 0,8$; $\sigma_p < 0,5$. Fuente: Elaboración propia.....	50
Figura 20: Resultados de retornos de modelo determinístico con $\beta_p = 1,0$; $\sigma_p < 0,5$. Fuente: Elaboración propia.....	50
Figura 21: Resultados de retornos de modelo determinístico con $\beta_p = 1,2$; $\sigma_p < 0,5$. Fuente: Elaboración propia.....	51
Figura 22: Resultados de retornos de modelo determinístico con $\beta_p = 1,4$; $\sigma_p < 0,5$. Fuente: Elaboración propia.....	51
Figura 23: Resultados de retornos de modelo determinístico con $\beta_p \geq 1,0$; $\sigma_p < 0,03$. Fuente: Elaboración propia.....	52
Figura 24: Resultados de retornos de modelo determinístico con $\beta_p \leq 1,0$; $\sigma_p < 0,03$. Fuente: Elaboración propia.....	52
Figura 25: Resultados de retornos de modelo determinístico multiobjetivo ($\beta_1^*, \beta_2^*, \beta_3^* < 1$; $\sigma_p < 0,03$). Fuente: Elaboración propia.	53
Figura 26: Resultados de retornos de modelo estocástico 1 con $\beta_p < 1$; $\sigma_p < 0,5$. Fuente: Elaboración propia.....	54
Figura 27: Resultados de retornos de modelo estocástico 2 con $\beta_p > 1$; $\sigma_p < 0,5$. Fuente: Elaboración propia.....	55
Figura 28: Resultados de retornos de modelo multiobjetivo estocástico con $\beta_1^*, \beta_2^*, \beta_3^* < 1$; $\sigma_p < 0,5$. Fuente: Elaboración propia.	55

Índice de tablas

Tabla 1: Índices y acciones seleccionadas. Fuente: Elaboración propia.	15
Tabla 2: Rendimiento índice y acción. Fuente: Elaboración propia.	16
Tabla 3: Cuadro inicial de acuerdo a medidas requeridas. Fuente: Elaboración propia.	19
Tabla 4: Resultados con $\overline{\beta}_p = 0,6$ y $\sigma_p \leq 0,5$. Fuente: Elaboración propia.	20
Tabla 5: Resultados con $\overline{\beta}_p = 0,8$ y $\sigma_p \leq 0,5$. Fuente: Elaboración propia.	20
Tabla 6: Resultados con $\overline{\beta}_p = 1$ y $\sigma_p \leq 0,5$. Fuente: Elaboración propia.	21
Tabla 7: Resultados con $\overline{\beta}_p = 1,2$ y $\sigma_p \leq 0,5$. Fuente: Elaboración propia.	21
Tabla 8: Resultados con $\overline{\beta}_p = 1,4$ y $\sigma_p \leq 0,5$. Fuente: Elaboración propia.	22
Tabla 9: Resultados con $\overline{\beta}_p \geq 1$ y $\sigma_p \leq 0,03$. Fuente: Elaboración propia.	22
Tabla 10: Resultados con $\overline{\beta}_p \leq 1$ y $\sigma_p \leq 0,03$. Fuente: Elaboración propia.	23
Tabla 11: Resultados con medidas performances. Fuente: Elaboración propia.	24
Tabla 12: Tabla inicial de acuerdo a multiobjetivos. Fuente: Elaboración propia.	26
Tabla 13: Resultados de modelo determinístico multiobjetivo. Fuente: Elaboración propia.	27
Tabla 14: Tabla de medidas performances de modelo determinístico multiobjetivo (cálculo de betas por índice). Fuente: Elaboración propia.	27
Tabla 15: Resultados de modelo optimización y simulación de modelo 1. Fuente: Elaboración propia.	37
Tabla 16: Resultados de modelo optimización y simulación de modelo 2. Fuente: Elaboración propia.	39
Tabla 17: Resultados de modelo optimización y simulación de modelo multiobjetivo. Fuente: Elaboración propia.	42
Tabla 18: Testeo de cuatro meses de índices de acuerdo a su rentabilidad. Fuente: Elaboración propia.	44
Tabla 19: Resultados de pesos relativos. Fuente: Elaboración propia.	48
Tabla 20: Resultados de pesos relativos y retornos acumulados de modelos estocásticos. Fuente: Elaboración propia.	54

Nomenclatura

σ_p : Riesgo de cartera

x : Porcentaje a invertir de acuerdo a Teoría de Portafolio de Markowitz

R_p : Retorno de portafolio

β_p : Volatilidad de portafolio

β_i : Volatilidad de activo i

ε_i : Error de los residuales de seguimiento de activo i

r_i : Rentabilidad de activo i

R_m : Retorno de mercado

R_f : Tasa libre de riesgo

α_i : Corte de tendencia al alza de activo i

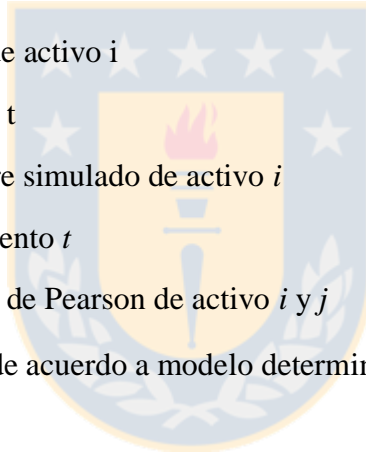
Pr_t : Precio de cierre al periodo t

μ_i : Promedio de precio de cierre simulado de activo i

R_t : Retorno de activo i al momento t

$\rho_{i,j}$: Coeficiente de correlación de Pearson de activo i y j

W_i : Peso de activo i a invertir de acuerdo a modelo determinístico u optimizado



Capítulo 1

1.1. Antecedentes generales del tema

Dentro del actual entorno en lo que se refiere con el mercado bursátil, la presente investigación, la cual está orientada al estudio de un área de las finanzas y específicamente a acciones financieras, se ha vuelto un desafío cada vez mayor en esta época. Cada vez se requiere más estudios que proyecten rentabilidades positivas y por ende reducir el riesgo, por lo tanto, este estudio nace como una propuesta para tomar en cuenta no solo el riesgo como una medida cuantitativa a afectar un modelo determinístico, sino que además agregar otra serie de variables que pueden afectar a un modelo de por si al tratar de obtener una mayor rentabilidad.

Cabe destacar que éste estudio, además de tomar en cuenta el riesgo como una medida de desempeño, también se agregará la volatilidad como medida cuantitativa de desempeño, y será de gran importancia, ya que, de acuerdo a escenarios cambiantes, podremos alterar dichos valores y manipular la selección de acciones y sus porcentajes (pesos ponderados) de acuerdo a comportamiento pasado, para poder proyectar el futuro y así maximizar el retorno de dicha selección.

1.2. Acercamientos al panorama actual y breve descripción histórica

El presente estudio involucra índices y acciones norteamericanas por su rentabilidad y atractivo de inversionistas tanto nacionales como internacionales, el cual comparándolo con el mercado Chileno, ofrece mucha más variabilidad respecto a industrias y empresas, de las cuales de una u otra forma terminan impactando a nivel mundial su desempeño. Los índices fueron los siguientes:

- Dow Jones Industrial Average: Índice conocido como uno de los que tiene mayor presencia bursátil a nivel norteamericano y mundial. Éste índice se compone de 30 empresas seleccionadas de acuerdo a criterios bursátiles, ya sea por precio de acción, rendimiento de activo, situación financiera, etc. abiertas al mercado bursátil con presencia a nivel mundial.
- Nasdaq Composite: Índice conocido por albergar mayormente empresas de la industria tecnológica y comunicación. La investigación y desarrollo (I+D) es una característica esencial de dicho índice en donde su volatilidad hace de este una característica interesante de investigar. Este alberga 5.073. empresas al presente.

- Standard and Poor's 500: Índice conocido como el indicador económico de Estados Unidos. Alberga 500 empresas de todo tipo de industrias, pero el criterio para entrar en este es el "peso capitalizado" en donde consta que cada acción debe valer por lo menos 0,25% de su valor empresa capitalizado. De acuerdo a este método se puede seguir en dicho índice o ser cambiado a otro índice de acuerdo a otros criterios. Es uno de los pocos índices de los cuales sigue este criterio que ha sido cuestionado por investigadores del área financiera.

Tal como se mencionó anteriormente, otras de las razones para invertir en el mercado norteamericano es el nivel país. De acuerdo a la consultora Euler Hermes de Francia, en su informe internacional Estados Unidos cuenta con la clasificación de riesgo AA1, que se define como "muy bajo riesgo". Esto hace que este país posea una economía con una fuerte política económica, la cual puede controlar su inflación y problemas que puedan surgir en su actual administración. Por otro lado, Chile tiene clasificación A2, la cual se define como "riesgo controlado". Esto debido a su fuerte dependencia de mercados internacionales, hace que al momento de comparar dichos países Estados Unidos cuente con tendencias a investigar más su mercado.

Dentro de los investigadores pioneros en este tipo de estudios y teoría financiera se encuentra Harry Markowitz, que en 1952 publicó un artículo titulado "Portfolio Selection" en el Journal of Finance, en el que estudiaba el proceso de selección de una cartera de inversión. De acuerdo con Markowitz, el proceso de selección de una cartera consta de dos etapas, la primera comienza con la observación y la experiencia, y termina con las expectativas del comportamiento futuro de los valores, y la segunda etapa comienza con las expectativas y finaliza con la selección de la cartera.

El artículo de Markowitz se ocupa de estudiar la segunda parte del proceso de selección de una cartera. De esta teoría se deriva la Frontera de eficiencia de Markowitz que es el conjunto de carteras que obtienen el retorno esperado más alto para un determinado nivel de riesgo asumido.

Ambos conceptos fueron fundamentales para el desarrollo del Modelo de fijación de precios de activos de Capital, en inglés Capital Asset Pricing Model o CAPM.

Cabe destacar que este estudio, además de tomar en cuenta el riesgo como una medida de desempeño, también se agregará la volatilidad como medida cuantitativa de desempeño, y

será de gran importancia, ya que, de acuerdo a escenarios cambiantes, podremos alterar dichos valores y manipular la selección de activos y su porcentaje (pesos ponderados) de acuerdo a comportamiento pasado, para poder proyectar el futuro y así maximizar la utilidad de dicha selección.

1.3. Descripción del problema

En un escenario globalizado nos damos cuenta que la economía y mercado bursátil reflejan diferentes estados o periodos ya sea de bonanza o decadencia. Prever movimientos de activos financieros de acuerdo a información presente brinda apoyo a los analistas al momento de distribuir fondos monetarios para poder rentabilizarlos más, pero es necesario el apoyo de información estadística que no solo refleje el presente, si no también proyecciones que puedan servir para tomar decisiones entre el mediano y largo plazo.

Existen diversos modelos determinísticos que apoyan la toma de decisión, pero muy pocos que se puedan simular y optimizar al mismo, ya sea por la complejidad que hay en la elaboración de estos o el constante trabajo de recalibrar dichos modelos para poder adaptarlos de forma dinámica.

De acuerdo a Edelheim (2007) la simulación es una herramienta que permite modelar sistemas complejos como es el caso de procesos de cierres bursátiles de activos financieros. Dicha herramienta permite testear múltiples escenarios sin interrumpir las actividades cotidianas del trabajo.

1.4. Hipótesis

“Mediante la gestión eficiente de activos financieros de rentabilidad variable, se pueden crear modelos de maximización, dado que estos siguen parámetros aleatorios se pueden llevar a cabo mediante simulaciones”.

1.5. Objetivos generales y específicos

- Realizar un modelo de maximización de rentabilidad, dentro de una selección de activos financieros de renta variable que tomará como medida principal restricción, la volatilidad, para posterior simulación y maximización mediante un software.
 - Calcular medidas performances de cada acción de acuerdo a su precio de cierre bursátil diario.
 - Probar la selección de acciones y evaluar rentabilidades.
 - Aplicar la simulación de Monte Carlo y maximización a la selección del conjunto de acciones y evaluar los resultados.
 - Crear un segundo modelo basado en el original para aplicar simulación de Monte Carlo y evaluar dichos resultados en comparación con resultados del primer modelo.

1.6. Alcances y limitaciones del estudio

El presente estudio es para fines académicos y de apoyo a investigaciones que lleva a cabo la empresa radicada en Chile, Evalueserve Chile S.A. en donde servirá de apoyo al departamento de riesgos financieros. Cabe destacar que la fuente de los datos es adquirida a través de páginas web www.yahoo.com, en la sección de Finanzas en la cual se mencionan precios de cierre, últimos movimientos bursátiles en donde se pueden comparar diversas acciones y balances con estados de resultados. Dicha información es de carácter libre.

Este estudio se relaciona con información estadística, predecir el futuro mediante herramientas estadísticas, no será necesariamente cierto, ya que las fluctuaciones en el mercado pueden alterar dicha información en un tiempo muy corto. Por lo tanto, dicho análisis servirá de apoyo para acotar aún más la obtención de probabilidades de acuerdo a acciones en constante cambio.

1.7. Metodología

- Levantar información financiera de acciones bursátiles.
- Aplicar análisis estadístico y obtención de resultados preliminares.

- Crear un modelo de maximización basado en volatilidad promedio de cartera y un segundo modelo basado en criterios similares como cálculos de volatilidad por índice y aplicación de matriz de riesgo.
- Aplicación de simulación sobre modelos de maximización mediante un software de simulación.
- Obtener y comparar resultados del desempeño de ambos modelos.

1.7.1. *Levantar información financiera de acciones bursátiles*

Una vez seleccionados los acciones e índices financieros se debió proceder a descargar información de precios de cierre de cada uno para poder realizar modelamiento financiero para ser testeadas en carteras y experimentos.

1.7.2. *Aplicar análisis estadístico y obtención de resultados preliminares*

Ya teniendo el modelamiento financiero previo se procedió a hacer pruebas de carácter determinístico ya sea obteniendo coeficientes de correlaciones, promedio y/o desviaciones entre otros.

1.7.3. *Crear un modelo de maximización basado en volatilidades promedio de cartera y un segundo modelo basado en criterios similares como cálculos de volatilidad y aplicación de matriz de riesgo*

Teniendo información de sección 1.7.2, se procedió a realizar experimentos de obtención parámetros alternativos a los clásicos para manejar comportamiento de rentabilidades de acuerdo a restricciones ya sean asignación de volatilidad y control de matriz de riesgo.

1.7.4. *Aplicación de simulación sobre modelos de maximización mediante un software de simulación*

Ya obtenido la sección de modelos determinísticos en punto 1.7.3, se procedió a aplicar un software de simulación y optimización, y a la vez realizar modificaciones en restricciones por la naturaleza de aleatoriedad de parámetros de ingreso, en este caso distribuciones a precios de cierre.

1.7.5. *Obtener y comparar resultados del desempeño de ambos modelos:*

Una vez tenido resultados de las simulaciones y optimizaciones estos se vieron comparados en tablas con breves descripciones de las posibles causas y que medidas de deben adoptar para mejorar modelos.

Capítulo 2

2.1. Modelos previos de maximización de retorno y minimización del riesgo

Markowitz (1952) introdujo un modelo de optimización para la selección de la cartera óptima teniendo en cuenta sólo el riesgo de la cartera y el retorno esperado de la cartera:

$$\text{Min } \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \sigma_{ij} x_i x_j \quad (1)$$

S.a.

$$(R1) \quad \sum_{i=1}^k r_i x_i = R_p$$

$$(R2) \quad \sum_{i=1}^k x_i = 1 \quad \forall \quad i = 1, \dots, k$$

$$(R3) \quad 0 \leq x_i \leq u_i, \quad \forall \quad i = 1, \dots, k$$

Donde x_i es el porcentaje a invertir en la acción i , r_i es el retorno al azar de la acción i y j , σ_{ij} es la covarianza entre r_i y r_j , R_p es el valor esperado del retorno de la cartera, y u_i es el valor límite superior de la inversión de la acción i . Cuanto mayor sea la varianza, mayor es la dispersión de retorno, y también más incierto son los rendimientos, y por tanto se consideraría una cartera arriesgada.

El modelo de Markowitz (1) puede ser visto como un modelo de optimización bi-objetivo donde el inversionista minimiza la varianza de retorno de la cartera y maximiza la cartera a través del retorno esperado (maximizar R_0). Muchos autores ampliaron el modelo bi-objetivo (1) a un modelo multiobjetivo considerando otros objetivos relacionados con el problema de selección de cartera. Por ejemplo, los autores Xidonas, Askounis y Psarras (2009) propusieron un modelo multiobjetivo tomando en cuenta la rentabilidad sobre acciones (Return on Assets) y retorno sobre el patrimonio (Return on equity), la rotación de activos e inventarios (Turnover of assets and goods), y la estructura de capital (activos a pasivos y pasivos a patrimonio).

Otros autores como Anagnostopoulos y Mamanis (2010) agregaron una tercera función objetivo en el modelo de Markowitz, en donde se minimizan el número de valores incluidos en la cartera. En otro trabajo de los autores Steuer, Qi y Hirschberger (2007), toman en cuenta otros objetivos como la maximización de los dividendos, el monto invertido en Investigación y Desarrollo (I + D), la responsabilidad social empresarial, la liquidez y la reducción al mínimo

de varianza del porcentaje de asignación de activos, el número de títulos en cartera, el volumen de negocios, o los costos de ajuste, entre otros factores. Cabe destacar que este último autor se refiere a proyectar el futuro tomando en cuenta análisis fundamental, que corresponde a información de último minuto que la empresa entrega al público para dar a conocer sus antecedentes y evitar que haya especulación negativa.

Si bien es cierto que estamos transando con acciones que son de rentabilidad variable y de un momento a otro pueden cambiar sus precios sin previo aviso, ya que el mercado siempre está al tanto de lo que pasa. Por lo tanto, debemos considerar diferentes tipos de riesgos según los autores Zienos y Ziemba (2006):

- 1- Riesgo de mercado: es el riesgo emitido por los cambios y/o ajustes en los precios y tarifas de los mercados financieros.
- 2- Riesgo de crédito: es el riesgo de no hacer el pago (default).
- 3- Riesgo de liquidez: es el riesgo relacionado con la nula disponibilidad de dinero en efectivo para apoyar las actividades de inversión.
- 4- Riesgo operacional: es el riesgo que se refiere a las pérdidas debido a errores operacionales.
- 5- Riesgo empresarial: es el riesgo debido a la volatilidad de los volúmenes de activos.

Estos corresponden a algunos riesgos, ya que puede haber muchos más, pero estos corresponden a los más comunes. En la literatura, se utilizaron muchas medidas de riesgo para evaluar el riesgo de la cartera y las acciones. La varianza es considerada como la medida ampliamente utilizada para cuantificar el riesgo de una acción y se puede definir en general como "el promedio de la diferencia al cuadrado entre cada una de las observaciones en un conjunto de datos y la media" según los autores Kagan y Shepp (1998). Cabe destacar que, como medida ampliamente reconocida como riesgo, esta unifica todos los riesgos anteriormente mencionados.

A esto hay que agregar que la varianza y la covarianza de las acciones forman parte de las medidas que indican que tan riesgosas son estas, pero a la vez también está la volatilidad de las acciones. Dicho parámetro fue introducido por los autores Sharpe (1964) y Lintner (1965) en el denominado "Modelo de valoración de activos financieros (Capital Asset Pricing Model)".

2.2. Volatilidad como medida aleatoria o estocástica

El modelo de valoración de activos financieros de Sharpe (1964) y Lintner (1965) ofrece a los inversionistas un modelo de regresión lineal para medir el retorno de la acción i (r_i), tomando en cuenta una combinación de la rentabilidad del mercado (R_m) y covarianza de la acción con ese mercado:

$$r_i = \alpha_i + \beta_i R_m + \varepsilon_i \quad (2)$$

Donde α_i y β_i son intersecciones y pendientes respectivamente de una regresión de la información histórica del retorno de la acción (r_i) y retorno del mercado (R_m), y ε_i es el error de seguimiento de la regresión lineal. En la ecuación (2) β_i se ve reflejado como la volatilidad de la acción i , y este es igual a la covarianza entre el retorno de acción i (r_i) y retorno del mercado (R_m), dividido por la varianza del mercado del portafolio.

$$\beta_i = COV(r_i, R_m) / VAR(R_m) \quad (3)$$

Analizando la ecuación (3) podemos tener tres posibles valores para parámetro β_i y diferentes interpretaciones para dicho valor:

- Si $\beta_i = 1$, quiere decir que el retorno de la acción i se mueve igual que el mercado.
- Si $\beta_i > 1$, quiere decir que el retorno de la acción i se mueve más rápido que el mercado, es decir las fluctuaciones serán más pronunciadas que el mismo índice.
- Si $\beta_i < 1$, quiere decir que el retorno de la acción i se mueve más lento que el mercado, es decir las fluctuaciones serán menos pronunciadas que el mismo índice.

Por un lado, estos valores nos muestran un análisis rápido tomando en cuenta series de tiempo que posiblemente se pueden proyectar a un futuro mediante la regresión lineal como medida predictiva. Sin embargo, los autores Bilbao, Arenas, Jiménez, Pérez y Rodríguez (2006) estudiaron el impacto de esta medida en determinado grupo de acciones bursátiles y lo asignaron como un número estocástico o aleatorio. En trabajos anteriores dentro de la época de 1980, el autor e investigador Chen (1982) expuso que cuando se trabaja con series de tiempo, este parámetro permanecía estático y en base a esa premisa se realiza el análisis de predicción, pero éste debería variar para adecuarse al mercado, quedando la siguiente ecuación:

$$\beta_{it} = \beta_i + \mu_{it} \quad (4)$$

Donde β_{it} corresponde a la volatilidad de la acción i en determinado tiempo t , y μ_{it} valor aleatorio que le asignamos a β_{it} . En adición a este estudio, McDonald (1985) evaluó que el parámetro β_{it} y el valor aleatorio μ_{it} seguían una distribución normal con covarianza entre β_{it} y μ_{it} igual a 0.

Por otro lado, las alzas y bajas que presentan los mercados fueron materia de estudio para los autores Kim y Zumbalt (1979), los cuales estudiaron el impacto de las alzas y bajas de mercado y de como se ve afectada la volatilidad al momento de calcularla. Un alza de mercado se puede definir como un conjunto de acciones de rentabilidad variable que están subiendo o se pretende que estos suban. Los movimientos alcistas se traducen como la confianza que se ve manifestada en una especulación.



Figura 1: Serie de tiempo de Standard & Poor's 500 desde 01-Enero-2011 a 15-Julio-2015
Fuente: <http://markets.ft.com/research/Markets/Tearsheets/Summary?s=INX:IOM>

A modo de ejemplo se puede apreciar un gráfico del índice norteamericano Standard and Poor's 500 (S&P 500) a través de Financial Time. Este índice representa la economía de Estados Unidos. Trayendo datos desde cinco años se puede apreciar de como la confianza de los inversionistas tanto nacionales como internacionales a traído alzas al mercado y en último periodo en desde Enero 2015 en adelante, se puede ver una caída producto de problemas

políticos, y esto se traduce a una especulación negativa, la cual se va a ver reflejada en retiro de inversiones y por lo tanto a periodos de bajas en dicho mercado o desconfianza en este. En general muchos inversionistas están interesados en adquirir acciones de rentabilidad variable siempre y cuando sepan que el retorno de mercado sea más alto que una tasa libre de riesgo. En caso contrario, ellos preferirán activos libres de riesgo. Esto es un claro ejemplo de inversionistas adversos al riesgo y pequeños inversionistas según Blavatsky (2008).

Dadas estas condiciones, tenemos dos posibles escenarios para la volatilidad de mercado según los autores Mitchell y Pulvino (2001) y estos corresponden a dos estados para el mercado: un mercado con tendencia al alza y un mercado con tendencia a la baja.

Un mercado con tendencia alcista tendrá un retorno mayor o igual que un activo libre de riesgo, y un mercado con tendencia a la baja tendrá un retorno menor que un activo libre de riesgo. Bajo esta premisa usando el modelo de valoración de activos financieros (CAPM) para obtener la rentabilidad o retorno de acción i , quedaría de la siguiente manera expresado en las siguientes ecuaciones:

$$r_i = \begin{cases} \alpha_{i1} + \beta_{i1}R_m + \varepsilon_{i1} & \text{Si } R_m \geq R_f & (5) \\ \alpha_{i2} + \beta_{i2}R_m + \varepsilon_{i2} & \text{Si } R_m < R_f & (6) \end{cases}$$

Donde R_f corresponde al activo con retorno libre de riesgo, α_{i1} , β_{i1} y α_{i2} , β_{i2} corresponden a mercados con tendencia al alza y baja respectivamente.

Cabe destacar que el parámetro β corresponde a la regresión de la recta de los mínimos cuadrados que se va ajustando a los datos que corresponden a retornos, por lo tanto, para β_{i1} y β_{i2} son pendientes de regresión de los mínimos cuadrados. Estos parámetros serán de gran utilidad para ver el impacto en cada simulación. Ya con esta información y usando la ecuación (3) podemos reescribir el cálculo del parámetro Beta para los dos siguientes escenarios tomando las condicionantes para que se cumplan dichos cálculos en ecuación (5) y (6) para escenario con tendencia al alza y la baja respectivamente:

$$\beta_{i1} = COV(r_i, R_m | R_m \geq R_f) / VAR(R_m | R_m \geq R_f) \quad (7)$$

$$\beta_{i2} = COV(r_i, R_m | R_m < R_f) / VAR(R_m | R_m < R_f) \quad (8)$$

Dichos parámetros fueron tomados en cuenta para poder simular dos clases de modelos a maximizar. El primero fue un modelo alternativo al planteado por Markowitz (1952), y el segundo modelo en base a los criterios Mitchell y Pulvino (2001) en donde se consideró un Beta aleatorio como principal restricción en modelo a maximizar mediante cierres de precios simulados con previa asignación de distribuciones normales bajo la premisa de McDonald (1985).

2.3. Distribución de precios de acciones

Existen diversos estudios en donde se discute que forma de distribución adquieren los precios de las acciones bursátiles. Los autores Aparacio y Estrada (1997) plantean y demuestran que las distribuciones normales se asemejan al comportamiento de dichos retornos de acciones (datos ya transformados provenientes de precios), pero solamente como un acercamiento o aproximación ya que el mercado financiero está en constante movimiento, sumando a esto que los precios extremos van a jugar un rol importante al momento de explicar datos atípicos, ya sea por diversas razones económicas como aumento de capital, especulaciones económicas de industrias, entre otras razones. A continuación, se muestran a modo de ejemplo histogramas de índice Dow Jones y dos acciones de este mismo índice en el estudio. El resto de las distribuciones se pueden encontrar en Anexo 1 para mayor detalle.

- Índice Dow Jones Industrial Average y acciones

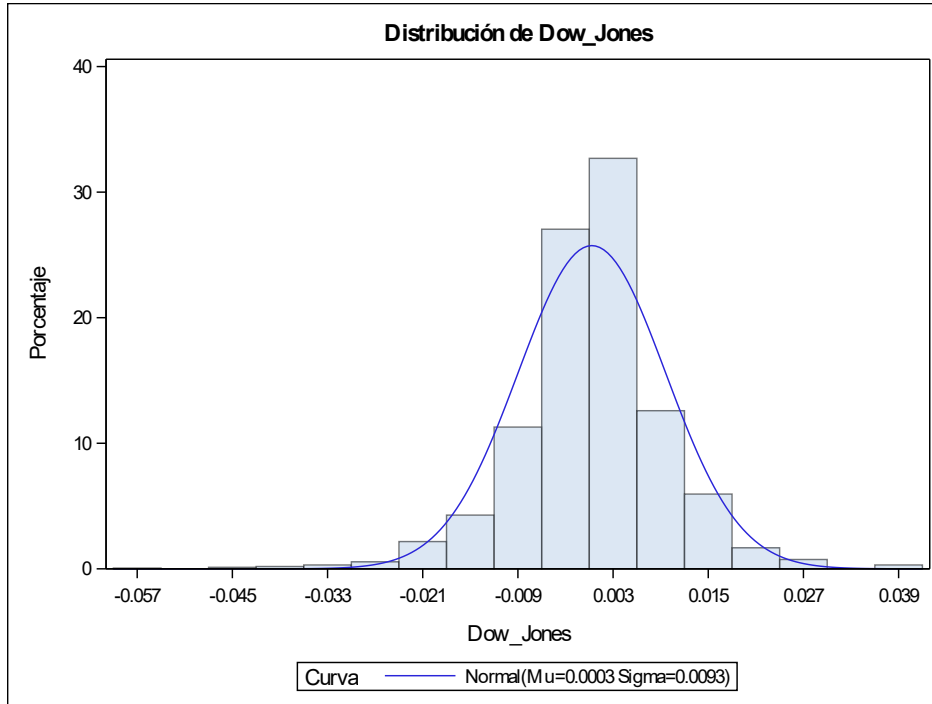


Figura 2: Distribución de Índice Dow Jones Industrial Average. Periodos a considerar fueron de 1613 días de información (01-04-2010 a 05-31-2016). Parámetros Mu y Sigma son equivalentes a retorno promedio y desviación estándar de Índice Dow Jones Industrial Average. SAS software da por defecto estos parámetros. Fuente: Elaboración propia.

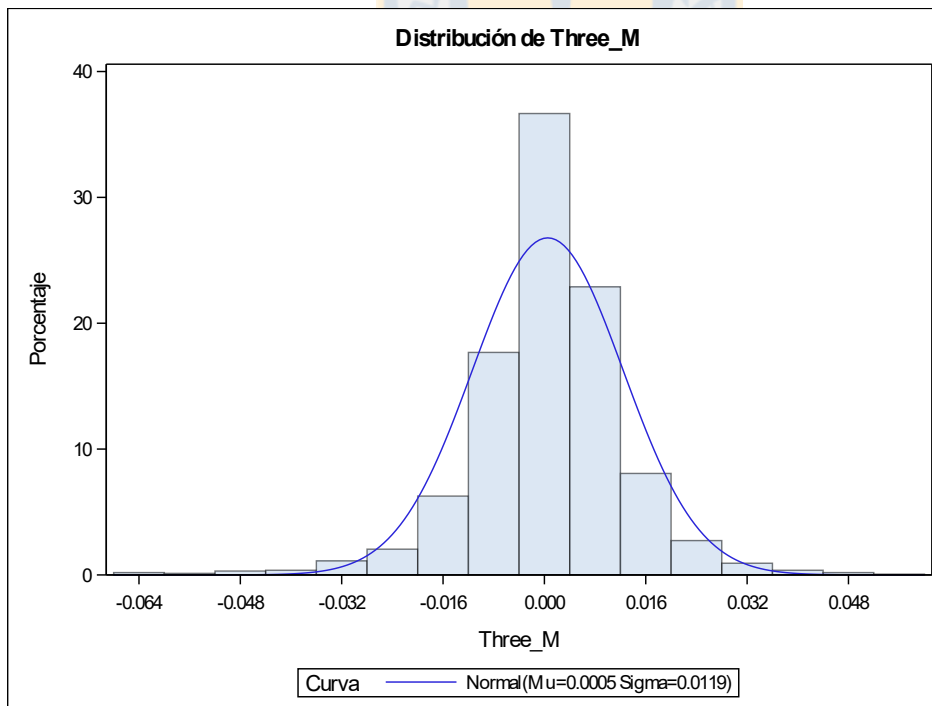


Figura 3: Distribución acción 3M. Periodos a considerar 1613 días de información (01-04-2010 a 05-31-2016). Parámetros Mu y Sigma son equivalentes a retorno promedio y desviación estándar de acción Three_M (3M). SAS software da por defecto estos parámetros. Fuente: Elaboración propia.

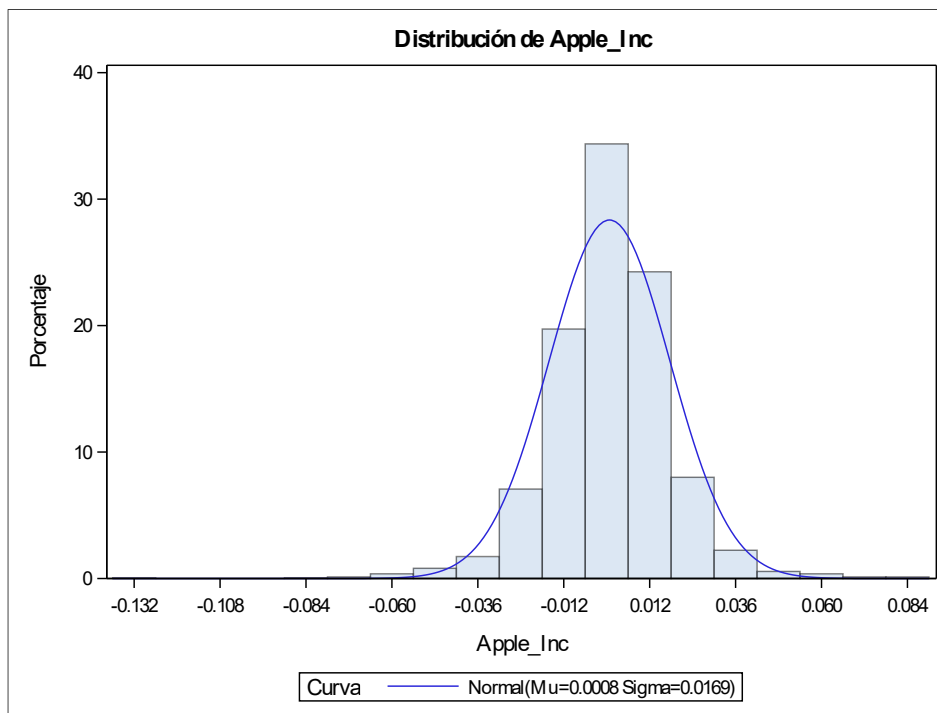


Figura 4: Distribución de acción Apple Inc., en donde periodos a considerar fueron de 1613 días de información (01-04-2010 a 05-31-2016). Parámetros Mu y Sigma son equivalentes a retorno promedio y desviación estándar de acción Apple_Inc. SAS software da por defecto estos parámetros. Fuente: Elaboración propia.

En Anexo 1 se pueden encontrar los pruebas estadísticas, gráficos Q-Q y curvas de distribución acumulativa para apoyar las pruebas anteriormente demostradas que en primera instancia demuestran cómo se asemejan las distribuciones normales a las series de tiempos estudiadas, pero cabe destacar que, para poder realizar las simulaciones en los siguientes apartados, se tienen que saber las distribuciones de los precios de cierre, con lo cual hay que recalcar que debemos asumir que los retornos de las acciones poseen una distribución normal para poder aplicar transformación de los datos de acuerdo a logaritmo natural.

De acuerdo a los criterios de distribución normal que poseen los retornos de cada acción en el periodo t (R_t), se puede concluir que los precios de cierre poseen una distribución log-normal de acuerdo a la siguiente ecuación en donde se detalla el componente de continuidad y reemplazo para obtener cálculos de retorno diarios:

$$Pr_t = Pr_{t-1} * e^{R_t}$$

Para este el componente e viene a representar el componente de continuidad entre la evaluación que es diaria.

$\frac{Pr_t}{Pr_{t-1}} = e^{R_t}$, usando la propiedad de logaritmo natural se obtiene la siguiente fórmula para obtener retornos de acciones para obtener datos transformados:

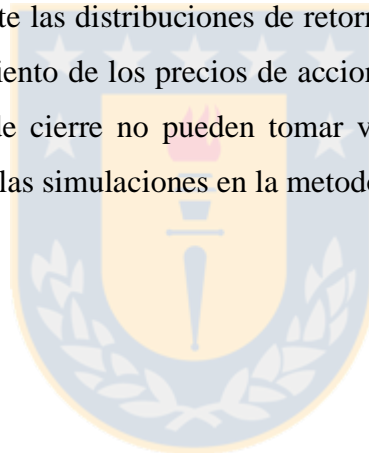
$$R_t = \text{Ln} \left(\frac{Pr_t}{Pr_{t-1}} \right) \quad (9)$$

Con esto se puede concluir lo siguiente:

$$\text{Si } R_t = \text{Ln} \left(\frac{Pr_t}{Pr_{t-1}} \right) \sim N(\mu, \sigma^2) \rightarrow Pr \sim \text{LnN}(\mu, \sigma^2)$$

Donde Pr_t representa el precio de cierre ajustado en el periodo t , que en este caso va a representar el día t , y Pr_{t-1} representa el precio de cierre ajustado en el periodo $t-1$, es decir el día anterior a t . Cabe destacar que la aplicación de logaritmo natural, se debe a la distribución logarítmica normal que se aplicarán en las simulaciones posteriores.

Demostrado mediante las distribuciones de retornos, de acuerdo a Janakiraman (2011) reafirma que el comportamiento de los precios de acciones tiene una distribución log-normal, debido a que los precios de cierre no pueden tomar valores negativos. Por lo tanto, dicha distribución será aplicada a las simulaciones en la metodología a mencionar.



Capítulo 3

3.1. Datos para modelamiento y planteamiento del problema

Para dicho modelamiento se tomaron en cuenta series de tiempo de precios de cierre de cada acción. Estos fueron los siguientes índices como se mencionó en capítulo 1:

- Dow Jones Industrial Average
- Nasdaq Composite
- Standard and Poor's 500

Para esto de estos mismos índices se tomaron cinco acciones de cada uno de forma aleatoria, dando un total de 15 acciones en total, las cuales se demuestran en la siguiente tabla:

Tabla 1: Índices y acciones seleccionadas. Fuente: Elaboración propia.

Índices	Acciones
Dow Jones Industrial Average (^DJI)	3M Company (MMM) Apple Inc. (AAPL) Johnson & Johnson (JNJ) NIKE, Inc. (NKE) Wal-Mart Stores Inc. (WMT)
NASDAQ Composite (^IXIC)	Akorn, Inc. (AKRX) Autobitel, Inc. (ABTL) DURECT Corporation (DRRX) Pegasystems Inc.(PEGA) US Energy Corp. (USEG)
Standard & Poor's 500 (^GSPC)	Hasbro Inc. (HAS) Macy's, Inc. (M) MetLife, Inc. (MET) Starbucks Corporation (SBUX) Wells Fargo & Company (WFC)

Para esto se tomó una muestra de cinco años y cinco meses (información de mercado bursátil desde 01-01-2010 a 31-05-2016) con precios de cierre ajustados en forma diaria para hacer el seguimiento, y medir el rendimiento diario de cada uno de estas acciones de acuerdo a la siguiente fórmula que se indica en el punto 2.3:

$$R_t = \ln\left(\frac{Pr_t}{Pr_{t-1}}\right) \quad (9)$$

A esto hay que agregar que, mediante el cálculo de retorno mediante logaritmo natural, se muestra el recorrido o continuidad que realizó la extracción de la serie de tiempo o sucesos que pasaron durante ese periodo de tiempo. A modo ilustrativo se obtuvieron las covarianzas entre dichas acciones solo para demostrar que vamos a aplicar una medida alternativa de riesgo que va a ser la volatilidad (Anexo 2 y 3). A continuación, se mostrarán tres aplicaciones en donde el primero modelo de maximización es en base a series de tiempo históricas.

3.2. Portafolio en base a volatilidad promedio

Para el siguiente modelo determinístico de maximización, se usaron series de tiempo desde la fecha de 01-01-2010 hasta 31-05-2016, de los cuales fueron precios de cierre diarios tanto de los índices estudiados como de las acciones involucrados como se mencionó en punto 3.1.

A continuación, se muestra un ejemplo de la aplicación de ecuación (9) en el siguiente periodo de tiempo:

Tabla 2: Rendimiento índice y acción. Fuente: Elaboración propia.

Dow Jones Industrial Average (^DJI)			3M Company (MMM)		
Fecha	Precio de cierre	Rendimiento	Fecha	Precio de cierre	Rendimiento
1/4/2010	10.583,96	-	1/4/2010	71,94	-
1/5/2010	10.572,02	-0,11%	1/5/2010	71,49	-0,63%
1/6/2010	10.573,68	0,02%	1/6/2010	72,51	1,41%
1/7/2010	10.606,86	0,31%	1/7/2010	72,56	0,07%
1/8/2010	10.618,19	0,11%	1/8/2010	73,07	0,70%
1/11/2010	10.663,99	0,43%	1/11/2010	72,78	-0,40%
1/12/2010	10.627,26	-0,35%	1/12/2010	72,84	0,08%
1/13/2010	10.680,77	0,50%	1/13/2010	72,60	-0,32%
1/14/2010	10.710,55	0,28%	1/14/2010	72,36	-0,33%
1/15/2010	10.609,65	-0,95%	1/15/2010	72,25	-0,16%
1/19/2010	10.725,43	1,09%	1/19/2010	73,76	2,08%
1/20/2010	10.603,15	-1,15%	1/20/2010	73,42	-0,47%
1/21/2010	10.389,88	-2,03%	1/21/2010	71,67	-2,41%
1/22/2010	10.172,98	-2,11%	1/22/2010	70,61	-1,49%
1/25/2010	10.196,86	0,23%	1/25/2010	70,91	0,43%
1/26/2010	10.194,29	-0,03%	1/26/2010	70,74	-0,24%
1/27/2010	10.236,16	0,41%	1/27/2010	71,32	0,82%
1/28/2010	10.120,46	-1,14%	1/28/2010	69,98	-1,90%
1/29/2010	10.067,33	-0,53%	1/29/2010	69,75	-0,32%

Dichas tablas muestran el rendimiento de cada diario. Con esta información necesitamos obtener el retorno promedio de todos los rendimientos que se tomaron en cuenta y desviación estándar de esta misma muestra. Estos indicadores funcionarán como medidas de desempeño de dichas acciones e índice. Esto descrito en las siguientes ecuaciones de promedio y desviación estándar de acciones i respectivamente:

$$\bar{R}_i = \sum_{t=1}^k \frac{R_t}{n} \quad (10)$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^k (R_t - \bar{R}_i)^2}{n-1}} \quad (11)$$

$$\rho_{i,j} = \frac{\sigma_{i,j}}{\sigma_i \sigma_j} \quad (12)$$

Para el retorno promedio \bar{R}_i en ecuación (10), donde R_t representa el rendimiento diario obtenido de ecuación (9) dividido por el número de observaciones n que se tomaron en cuenta, y σ_i como la desviación estándar de la acción i en ecuación (11). Para evitar anomalía de los datos en ecuación (12) se incluyó coeficiente de correlación de Pearson para demostrar si las selecciones de acciones están correlacionadas entre sí. Estos coeficientes de correlación se encuentran en Anexo 2 de esta investigación.

Una vez obtenidas estas medidas performance de cada activo procedemos a plantear el modelo determinístico basado en las premisas de Markowitz (1952) pero con variaciones en ecuación (1), cambiando de minimización de riesgo, a maximización de retorno promedio como objetivo quedando en el siguiente:

$$Max \bar{R}_p = \sum_{i=1}^k \bar{R}_i W_i \quad (13)$$

S.a.

$$(R1) \quad \beta_p = \bar{\beta}_p \text{ donde } \beta_p = \sum_{i=1}^k W_i \beta_i \quad \text{y} \quad \beta_i = COV(r_i, R_m) / VAR(R_m)$$

$$(R2) \quad \sigma_p \leq n \text{ donde } \sigma_p = \sum_{i,j=1}^k \sqrt{W_i^2 \sigma_i^2 + W_j^2 \sigma_j^2 + 2W_i W_j * COV_{i,j}} \quad \forall i = 1, 2 \dots k \quad \text{y}$$

$$\forall j = 1, 2 \dots k$$

$$(R3) \quad \sum_{i=1}^k W_i = 1 \quad \forall i = 1, 2 \dots k$$

$$(R4) \quad W_i \geq 0 \quad \forall i = 1, 2 \dots k$$

En donde \bar{R}_p representa el retorno del portfolio tomando en cuenta la suma de los retornos promedio de los activos i , medidos en medias aritméticas por cada periodo de evaluación, multiplicado por su peso medido en porcentaje W_i , sujeto a R1 en donde la beta del portfolio ponderado (β_p), el cual vamos a designar mediante elección si queremos que esta se mueva más rápido o lento que su índice ($\bar{\beta}_p$). Para esto debemos tomar en cuenta el cálculo de cada beta de cada activo visto en ecuación (3) para poder asignar beta ponderado.

En R2 se aplicó una medida de riesgo a minimizar que en este caso va a representar n como un parámetro de tolerancia al riesgo como medida promedio de portfolio para resguardar y garantizar una rentabilidad. Este índice puede tomar valores que el modelador matemático estime conveniente. Por ejemplo, desde 0,02 para modelos determinísticos y/o 0,5 en donde se asignará dicho valor de tolerancia para controlar la matriz de riesgo de acuerdo a valores aleatorios por la distribución que se van a asignar a las variables de entrada, pero para evitar sesgos, se aplicará dicho parámetro en modelos determinísticos solo para efectos de prueba. Dicha restricción está basada en la matriz de riesgo que representa cada activo i hasta j que tiene una desviación por separado. En conjunto y comparando cada activo tenemos covarianzas que representan medidas de riesgo en conjunto. Mayor detalle se puede apreciar en Anexo 2 en donde se muestra matriz de covarianza.

En R3 la sumatoria de los porcentajes no debe superar el cien por ciento y hay que agregar principio de no negatividad para evitar endeudamiento si es que se quiere plantear en términos prácticos y visto en R4 para todo porcentaje i el cual debe ser mayor o igual a cero. Nuestra tabla inicial sería la siguiente, antes de aplicar el método solver:

Tabla 3: Cuadro inicial de acuerdo a medidas requeridas. Fuente: Elaboración propia.

Acción financiera	R_i	σ_i	β_i	W_i	$R_i * W_i$	$\beta_i * W_i$
3M Company (MMM)	0,05%	1,19%	1,08	0%	0,00%	0,00
Apple Inc. (AAPL)	0,08%	1,69%	0,92	0%	0,00%	0,00
Johnson & Johnson (JNJ)	0,05%	0,89%	0,70	0%	0,00%	0,00
NIKE, Inc. (NKE)	0,08%	1,49%	0,98	0%	0,00%	0,00
Wal-Mart Stores Inc. (WMT)	0,03%	1,04%	0,57	0%	0,00%	0,00
Akorn, Inc. (AKRX)	0,17%	3,32%	1,06	0%	0,00%	0,00
Autobitel, Inc. (ABTL)	0,07%	3,72%	0,80	0%	0,00%	0,00
DURECT Corporation (DRRX)	-0,05%	4,80%	1,25	0%	0,00%	0,00
Pegasystems Inc.(PEGA)	0,03%	2,73%	1,25	0%	0,00%	0,00
US Energy Corp. (USEG)	-0,18%	4,74%	1,61	0%	0,00%	0,00
Hasbro Inc. (HAS)	0,07%	1,52%	0,85	0%	0,00%	0,00
Macy's, Inc. (M)	0,05%	1,92%	1,13	0%	0,00%	0,00
MetLife, Inc. (MET)	0,02%	1,94%	1,58	0%	0,00%	0,00
Starbucks Corporation (SBUX)	0,10%	1,61%	1,03	0%	0,00%	0,00
Wells Fargo & Company (WFC)	0,05%	1,62%	1,32	0%	0,00%	0,00
Total				0%	0,00%	0,00

3.3. Resultados de portafolio en base a volatilidad promedio

Los experimentos se llevaron a cabo con computador Intel(R) Core(TM) i5-4210u de 2.40 GHz y 8 GB de memoria RAM. El sistema operativo fue Windows 10. En cuanto al software se aplicó Evolver 7.5, el cual es un software y complemento de Microsoft Excel 2016, creado en lenguaje VBA por la empresa Palisade el cual plantea de forma automática el método de búsqueda de solución que se ajuste a las restricciones a aplicar.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos alterando el parámetro $\bar{\beta}_p$ de acuerdo a la volatilidad o rapidez que se quiere lograr para obtener cinco pruebas, que en este caso fueron de 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,4 y valores menores o igual y mayores o iguales que 1 con dicha maximización de activos y la distribución propiamente tal de acuerdo a las siguientes iteraciones:

Tabla 4: Resultados con $\bar{\beta}_p = 0,6$ y $\sigma_p \leq 0,5$. Fuente: Elaboración propia.

Acción financiera	R_i	σ_i	β_i	W_i	$R_i * W_i$	$\beta_i * W_i$
3M Company (MMM)	0,05%	1,19%	1,08	0%	0,00%	0,00
Apple Inc. (AAPL)	0,08%	1,69%	0,92	0%	0,00%	0,00
Johnson & Johnson (JNJ)	0,05%	0,89%	0,70	0%	0,00%	0,00
NIKE, Inc. (NKE)	0,08%	1,49%	0,98	0%	0,00%	0,00
Wal-Mart Stores Inc. (WMT)	0,03%	1,04%	0,57	93%	0,02%	0,53
Akorn, Inc. (AKRX)	0,17%	3,32%	1,06	7%	0,01%	0,07
Autobitel, Inc. (ABTL)	0,07%	3,72%	0,80	0%	0,00%	0,00
DURECT Corporation (DRRX)	-0,05%	4,80%	1,25	0%	0,00%	0,00
Pegasystems Inc.(PEGA)	0,03%	2,73%	1,25	0%	0,00%	0,00
US Energy Corp. (USEG)	-0,18%	4,74%	1,61	0%	0,00%	0,00
Hasbro Inc. (HAS)	0,07%	1,52%	0,85	0%	0,00%	0,00
Macy's, Inc. (M)	0,05%	1,92%	1,13	0%	0,00%	0,00
MetLife, Inc. (MET)	0,02%	1,94%	1,58	0%	0,00%	0,00
Starbucks Corporation (SBUX)	0,10%	1,61%	1,03	0%	0,00%	0,00
Wells Fargo & Company (WFC)	0,05%	1,62%	1,32	0%	0,00%	0,00
Total				1,0	0,04%	0,60

Tabla 5: Resultados con $\bar{\beta}_p = 0,8$ y $\sigma_p \leq 0,5$. Fuente: Elaboración propia.

Acción financiera	R_i	σ_i	β_i	W_i	$R_i * W_i$	$\beta_i * W_i$
3M Company (MMM)	0,05%	1,19%	1,08	0%	0,00%	0,00
Apple Inc. (AAPL)	0,08%	1,69%	0,92	0%	0,00%	0,00
Johnson & Johnson (JNJ)	0,05%	0,89%	0,70	0%	0,00%	0,00
NIKE, Inc. (NKE)	0,08%	1,49%	0,98	0%	0,00%	0,00
Wal-Mart Stores Inc. (WMT)	0,03%	1,04%	0,57	53%	0,01%	0,30
Akorn, Inc. (AKRX)	0,17%	3,32%	1,06	47%	0,08%	0,50
Autobitel, Inc. (ABTL)	0,07%	3,72%	0,80	0%	0,00%	0,00
DURECT Corporation (DRRX)	-0,05%	4,80%	1,25	0%	0,00%	0,00
Pegasystems Inc.(PEGA)	0,03%	2,73%	1,25	0%	0,00%	0,00
US Energy Corp. (USEG)	-0,18%	4,74%	1,61	0%	0,00%	0,00
Hasbro Inc. (HAS)	0,07%	1,52%	0,85	0%	0,00%	0,00
Macy's, Inc. (M)	0,05%	1,92%	1,13	0%	0,00%	0,00
MetLife, Inc. (MET)	0,02%	1,94%	1,58	0%	0,00%	0,00
Starbucks Corporation (SBUX)	0,10%	1,61%	1,03	0%	0,00%	0,00
Wells Fargo & Company (WFC)	0,05%	1,62%	1,32	0%	0,00%	0,00
Total				1,0	0,09%	0,80

Tabla 6: Resultados con $\bar{\beta}_p = 1$ y $\sigma_p \leq 0,5$. Fuente: Elaboración propia.

Acción financiera	R_i	σ_i	β_i	W_i	$R_i * W_i$	$\beta_i * W_i$
3M Company (MMM)	0,05%	1,19%	1,08	0%	0,00%	0,00
Apple Inc. (AAPL)	0,08%	1,69%	0,92	0%	0,00%	0,00
Johnson & Johnson (JNJ)	0,05%	0,89%	0,70	0%	0,00%	0,00
NIKE, Inc. (NKE)	0,08%	1,49%	0,98	0%	0,00%	0,00
Wal-Mart Stores Inc. (WMT)	0,03%	1,04%	0,57	13%	0,00%	0,07
Akorn, Inc. (AKRX)	0,17%	3,32%	1,06	87%	0,15%	0,93
Autobitel, Inc. (ABTL)	0,07%	3,72%	0,80	0%	0,00%	0,00
DURECT Corporation (DRRX)	-0,05%	4,80%	1,25	0%	0,00%	0,00
Pegasystems Inc.(PEGA)	0,03%	2,73%	1,25	0%	0,00%	0,00
US Energy Corp. (USEG)	-0,18%	4,74%	1,61	0%	0,00%	0,00
Hasbro Inc. (HAS)	0,07%	1,52%	0,85	0%	0,00%	0,00
Macy's, Inc. (M)	0,05%	1,92%	1,13	0%	0,00%	0,00
MetLife, Inc. (MET)	0,02%	1,94%	1,58	0%	0,00%	0,00
Starbucks Corporation (SBUX)	0,10%	1,61%	1,03	0%	0,00%	0,00
Wells Fargo & Company (WFC)	0,05%	1,62%	1,32	0%	0,00%	0,00
Total				1,0	0,15%	1,00

Tabla 7: Resultados con $\bar{\beta}_p = 1,2$ y $\sigma_p \leq 0,5$. Fuente: Elaboración propia.

Acción financiera	R_i	σ_i	β_i	W_i	$R_i * W_i$	$\beta_i * W_i$
3M Company (MMM)	0,05%	1,19%	1,08	0%	0,00%	0,00
Apple Inc. (AAPL)	0,08%	1,69%	0,92	0%	0,00%	0,00
Johnson & Johnson (JNJ)	0,05%	0,89%	0,70	0%	0,00%	0,00
NIKE, Inc. (NKE)	0,08%	1,49%	0,98	0%	0,00%	0,00
Wal-Mart Stores Inc. (WMT)	0,03%	1,04%	0,57	0%	0,00%	0,00
Akorn, Inc. (AKRX)	0,17%	3,32%	1,06	74%	0,13%	0,78
Autobitel, Inc. (ABTL)	0,07%	3,72%	0,80	0%	0,00%	0,00
DURECT Corporation (DRRX)	-0,05%	4,80%	1,25	0%	0,00%	0,00
Pegasystems Inc.(PEGA)	0,03%	2,73%	1,25	0%	0,00%	0,00
US Energy Corp. (USEG)	-0,18%	4,74%	1,61	0%	0,00%	0,00
Hasbro Inc. (HAS)	0,07%	1,52%	0,85	0%	0,00%	0,00
Macy's, Inc. (M)	0,05%	1,92%	1,13	0%	0,00%	0,00
MetLife, Inc. (MET)	0,02%	1,94%	1,58	26%	0,01%	0,42
Starbucks Corporation (SBUX)	0,10%	1,61%	1,03	0%	0,00%	0,00
Wells Fargo & Company (WFC)	0,05%	1,62%	1,32	0%	0,00%	0,00
Total				1,0	0,13%	1,20

Tabla 8: Resultados con $\bar{\beta}_p = 1,4$ y $\sigma_p \leq 0,5$. Fuente: Elaboración propia.

Acción financiera	R_i	σ_i	β_i	W_i	$R_i * W_i$	$\beta_i * W_i$
3M Company (MMM)	0,05%	1,19%	1,08	0%	0,00%	0,00
Apple Inc. (AAPL)	0,08%	1,69%	0,92	0%	0,00%	0,00
Johnson & Johnson (JNJ)	0,05%	0,89%	0,70	0%	0,00%	0,00
NIKE, Inc. (NKE)	0,08%	1,49%	0,98	0%	0,00%	0,00
Wal-Mart Stores Inc. (WMT)	0,03%	1,04%	0,57	0%	0,00%	0,00
Akorn, Inc. (AKRX)	0,17%	3,32%	1,06	35%	0,06%	0,37
Autobitel, Inc. (ABTL)	0,07%	3,72%	0,80	0%	0,00%	0,00
DURECT Corporation (DRRX)	-0,05%	4,80%	1,25	0%	0,00%	0,00
Pegasystems Inc.(PEGA)	0,03%	2,73%	1,25	0%	0,00%	0,00
US Energy Corp. (USEG)	-0,18%	4,74%	1,61	0%	0,00%	0,00
Hasbro Inc. (HAS)	0,07%	1,52%	0,85	0%	0,00%	0,00
Macy's, Inc. (M)	0,05%	1,92%	1,13	0%	0,00%	0,00
MetLife, Inc. (MET)	0,02%	1,94%	1,58	65%	0,01%	1,03
Starbucks Corporation (SBUX)	0,10%	1,61%	1,03	0%	0,00%	0,00
Wells Fargo & Company (WFC)	0,05%	1,62%	1,32	0%	0,00%	0,00
Total				1,0	0,07%	1,40

Tabla 9: Resultados con $\bar{\beta}_p \geq 1$ y $\sigma_p \leq 0,03$. Fuente: Elaboración propia.

Acción financiera	R_i	σ_i	β_i	W_i	$R_i * W_i$	$\beta_i * W_i$
3M Company (MMM)	0,05%	1,19%	1,08	0%	0,00%	0,00
Apple Inc. (AAPL)	0,08%	1,69%	0,92	0%	0,00%	0,00
Johnson & Johnson (JNJ)	0,05%	0,89%	0,70	0%	0,00%	0,00
NIKE, Inc. (NKE)	0,08%	1,49%	0,98	0%	0,00%	0,00
Wal-Mart Stores Inc. (WMT)	0,03%	1,04%	0,57	0%	0,00%	0,00
Akorn, Inc. (AKRX)	0,17%	3,32%	1,06	89%	0,15%	0,95
Autobitel, Inc. (ABTL)	0,07%	3,72%	0,80	0%	0,00%	0,00
DURECT Corporation (DRRX)	-0,05%	4,80%	1,25	0%	0,00%	0,00
Pegasystems Inc.(PEGA)	0,03%	2,73%	1,25	0%	0,00%	0,00
US Energy Corp. (USEG)	-0,18%	4,74%	1,61	0%	0,00%	0,00
Hasbro Inc. (HAS)	0,07%	1,52%	0,85	0%	0,00%	0,00
Macy's, Inc. (M)	0,05%	1,92%	1,13	0%	0,00%	0,00
MetLife, Inc. (MET)	0,02%	1,94%	1,58	0%	0,00%	0,00
Starbucks Corporation (SBUX)	0,10%	1,61%	1,03	11%	0,01%	0,11
Wells Fargo & Company (WFC)	0,05%	1,62%	1,32	0%	0,00%	0,00
Total				1,0	0,16%	1,06

Tabla 10: Resultados con $\bar{\beta}_p \leq 1$ y $\sigma_p \leq 0,03$. Fuente: Elaboración propia.

Acción financiera	R_i	σ_i	β_i	W_i	$R_i * W_i$	$\beta_i * W_i$
3M Company (MMM)	0,05%	1,19%	1,08	0%	0,00%	0,00
Apple Inc. (AAPL)	0,08%	1,69%	0,92	0%	0,00%	0,00
Johnson & Johnson (JNJ)	0,05%	0,89%	0,70	0%	0,00%	0,00
NIKE, Inc. (NKE)	0,08%	1,49%	0,98	0%	0,00%	0,00
Wal-Mart Stores Inc. (WMT)	0,03%	1,04%	0,57	13%	0,00%	0,07
Akorn, Inc. (AKRX)	0,17%	3,32%	1,06	87%	0,15%	0,93
Autobitel, Inc. (ABTL)	0,07%	3,72%	0,80	0%	0,00%	0,00
DURECT Corporation (DRRX)	-0,05%	4,80%	1,25	0%	0,00%	0,00
Pegasystems Inc.(PEGA)	0,03%	2,73%	1,25	0%	0,00%	0,00
US Energy Corp. (USEG)	-0,18%	4,74%	1,61	0%	0,00%	0,00
Hasbro Inc. (HAS)	0,07%	1,52%	0,85	0%	0,00%	0,00
Macy's, Inc. (M)	0,05%	1,92%	1,13	0%	0,00%	0,00
MetLife, Inc. (MET)	0,02%	1,94%	1,58	0%	0,00%	0,00
Starbucks Corporation (SBUX)	0,10%	1,61%	1,03	0%	0,00%	0,00
Wells Fargo & Company (WFC)	0,05%	1,62%	1,32	0%	0,00%	0,00
Total				1,0	0,15%	1,00

A esto hay que agregar medidas performance que se incluyeron en dicho análisis, las cuales son ratio de Sharpe y Treynor, en donde toman en cuenta punto de riesgo y volatilidad invertidas en dichos portafolios respectivamente.

Ratio de Sharpe = $\frac{\bar{R}_p - R_f}{\sigma_p}$, donde mide la diferencia y/o exceso de rentabilidad por puntos de riesgo invertidos en el portafolio.

Ratio de Treynor = $\frac{\bar{R}_p - R_f}{\beta_p}$, donde mide la diferencia y/o exceso de rentabilidad por puntos de volatilidad invertidos en el portafolio.

A continuación, se muestra la tabla de resultados:

Tabla 11: Resultados con medidas performances. Fuente: Elaboración propia.

Modelo	Retorno	β portafolio	σ portafolio	Tasa libre de riesgo (R_f)	Ratio de Sharpe	Ratio de Treynor
Con $\bar{\beta}_p = 0,6$ y $\sigma_p \leq 0,5$	0,04%	0,6	0,0103	1,89%	-1,81	-0,03
Con $\bar{\beta}_p = 0,8$ y $\sigma_p \leq 0,5$	0,09%	0,8	0,0172	1,89%	-1,04	-0,02
Con $\bar{\beta}_p = 1$ y $\sigma_p \leq$ 0,5	0,15%	1	0,0291	1,89%	-0,60	-0,02
Con $\bar{\beta}_p = 1,2$ y $\sigma_p \leq 0,5$	0,13%	1,2	0,0262	1,89%	-0,67	-0,01
Con $\bar{\beta}_p = 1,4$ y $\sigma_p \leq 0,5$	0,07%	1,4	0,0192	1,89%	-0,95	-0,01
Con $\bar{\beta}_p \geq 1$ y $\sigma_p \leq$ 0,03	0,16%	1,06	0,0300	1,89%	-0,58	-0,02
Con $\bar{\beta}_p \leq 1$ y $\sigma_p \leq$ 0,03	0,15%	1	0,0291	1,89%	-0,60	-0,02

En este caso todos los resultados performance de Sharpe y Treynor han dado valores negativos, pero no se debe a que se hayan detectado fallas en los cálculos, esto se debe a que la rentabilidad de los portafolios, a nivel determinístico, no ha superado la rentabilidad libre de riesgo, por lo tanto, la diferencia muestra los puntos de riesgo y volatilidad que faltan por alcanzar a llegar a la rentabilidad libre de riesgo.

3.4. Portafolio en base a múltiples volatilidades

En el punto 3.3 se mostró el funcionamiento de un modelo determinístico basado en volatilidades en donde se tomaba como medida principal el movimiento de dichos activos financiero como un valor ponderado a nuestra cartera para poder maximizar nuestra rentabilidad. Del modelo anterior señalado en ecuación (13) se puede confeccionar un modelo determinístico multiobjetivo basado en volatilidades, pero que funciona de forma separada de acuerdo al número de índices involucrados, que en este caso van a ser tres.

$$\text{Max } \bar{R}_p = \sum_{i=1}^k \bar{R}_i W_i \quad (14)$$

S.a.

$$(R1) \quad \beta_n^* < 1 \text{ donde } \beta_n^* = \sum_{i=1}^k W_i \beta_i \text{ y } \beta_i = \text{COV}(r_i, R_m) / \text{VAR}(R_m)$$

$$(R2) \quad \sigma_p \leq n \text{ donde } \sigma_p = \sum_{i,j=1}^k \sqrt{W_i^2 \sigma_i^2 + W_j^2 \sigma_j^2 + 2W_i W_j * \text{COV}_{i,j}} \quad \forall i = 1, 2 \dots k \text{ y}$$

$$\forall j = 1, 2 \dots k$$

$$(R3) \quad \sum_{i=1}^k W_i = 1 \quad \forall i = 1, 2 \dots k$$

$$(R4) \quad W_i \geq 0 \quad \forall i = 1, 2 \dots k$$

En este caso el parámetro β_n^* visto en R1 representa las volatilidades ponderadas de cada índice por separado (en este caso índice Dow Jones Industrial Average, NASDAQ Composite y Standard & Poor's 500), por eso la diferencia con el símbolo * y los movimientos serán menores al mercado para reducir las oscilaciones, pero se mantendrá la idea de maximizar la rentabilidad.

En R2 se agrega la restricción de la matriz de riesgo del portafolio para minimizar o reducir la desviación estándar. Para este caso n será igual a 0,03.

A continuación, se muestra la tabla de datos originales y adecuados para realizar los nuevos cálculos:

Tabla 12: Tabla inicial de acuerdo a multiobjetivos. Fuente: Elaboración propia.

Acción	R_i	σ_i	β_i	W_i	$R_i * W_i$	$\beta_i * W_i$	β_p^*
3M Company (MMM)	0,05%	1,19%	1,08	0%	0,00%	0,00	
Apple Inc. (AAPL)	0,08%	1,69%	0,92	0%	0,00%	0,00	
Johnson & Johnson (JNJ)	0,05%	0,89%	0,70	0%	0,00%	0,00	0,00
NIKE, Inc. (NKE)	0,08%	1,49%	0,98	0%	0,00%	0,00	
Wal-Mart Stores Inc. (WMT)	0,03%	1,04%	0,57	0%	0,00%	0,00	
Akorn, Inc. (AKRX)	0,17%	3,32%	1,06	0%	0,00%	0,00	
Autobitel, Inc. (ABTL)	0,07%	3,72%	0,80	0%	0,00%	0,00	
DURECT Corporation (DRRX)	-0,05%	4,80%	1,25	0%	0,00%	0,00	0,00
Pegasystems Inc.(PEGA)	0,03%	2,73%	1,25	0%	0,00%	0,00	
US Energy Corp. (USEG)	-0,18%	4,74%	1,61	0%	0,00%	0,00	
Hasbro Inc. (HAS)	0,07%	1,52%	0,85	0%	0,00%	0,00	
Macy's, Inc. (M)	0,05%	1,92%	1,13	0%	0,00%	0,00	
MetLife, Inc. (MET)	0,02%	1,94%	1,58	0%	0,00%	0,00	0,00
Starbucks Corporation (SBUX)	0,10%	1,61%	1,03	0%	0,00%	0,00	
Wells Fargo & Company (WFC)	0,05%	1,62%	1,32	0%	0,00%	0,00	
Total				0,0	0,00%	0,00	

3.5. Resultados de portafolio en base a múltiples volatilidades

Como se demostró en todos los escenarios descritos anteriormente, en donde beta objetivo ponderado de cartera (β_p) se asignaban diferentes valores y obtenemos rentabilidades que satisfacen nuestras restricciones.

Tabla 13: Resultados de modelo determinístico multiobjetivo. Fuente: Elaboración propia.

Acción	R_i	σ_i	β_i	W_i	$R_i * W_i$	$\beta_i * W_i$	β_p^*
3M Company (MMM)	0,05%	1,19%	1,08	0%	0,00%	0,00	
Apple Inc. (AAPL)	0,08%	1,69%	0,92	0%	0,00%	0,00	
Johnson & Johnson (JNJ)	0,05%	0,89%	0,70	0%	0,00%	0,00	0,08
NIKE, Inc. (NKE)	0,08%	1,49%	0,98	0%	0,00%	0,00	
Wal-Mart Stores Inc. (WMT)	0,03%	1,04%	0,57	0%	0,00%	0,00	
Akorn, Inc. (AKRX)	0,17%	3,32%	1,06	89%	0,15%	0,95	
Autobitel, Inc. (ABTL)	0,07%	3,72%	0,80	0%	0,00%	0,00	
DURECT Corporation (DRRX)	-0,05%	4,80%	1,25	0%	0,00%	0,00	0,95
Pegasystems Inc.(PEGA)	0,03%	2,73%	1,25	0%	0,00%	0,00	
US Energy Corp. (USEG)	-0,18%	4,74%	1,61	0%	0,00%	0,00	
Hasbro Inc. (HAS)	0,07%	1,52%	0,85	0%	0,00%	0,00	
Macy's, Inc. (M)	0,05%	1,92%	1,13	0%	0,00%	0,00	
MetLife, Inc. (MET)	0,02%	1,94%	1,58	0%	0,00%	0,00	0,00
Starbucks Corporation (SBUX)	0,10%	1,61%	1,03	11%	0,01%	0,11	
Wells Fargo & Company (WFC)	0,05%	1,62%	1,32	0%	0,00%	0,00	
Total				1,0	0,16%	1,06	

Hay que agregar las medidas performance como se realizó en el caso anterior:

Tabla 14: Tabla de medidas performances de modelo determinístico multiobjetivo (cálculo de betas por índice). Fuente: Elaboración propia.

Modelo	Retorno	β portafolio	σ portafolio	Tasa libre de riesgo (Rf)	Ratio de Sharpe	Ratio de Treynor
$\beta_1^*, \beta_2^*, \beta_3^* \leq 1$ y $\sigma_p \leq 0,03$	0,16%	1,06	0,0300	1,89%	-0,58	-0,02

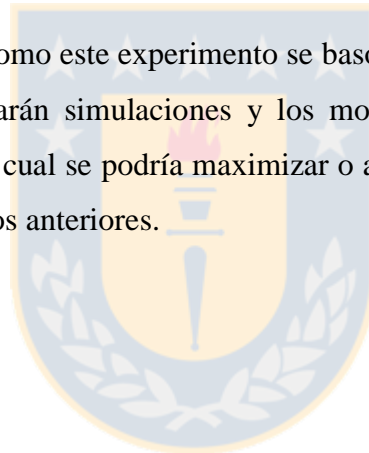
Al igual que en el caso anterior, el resultado negativo de ambas medidas performances, muestran la diferencia que se necesita alcanzar para llegar a la tasa libre de riesgo por puntos de riesgo y volatilidad, medidos en ratio de Sharpe y Treynor respectivamente.

Tomando en cuenta que los inversionistas buscan maximizar la rentabilidad, los supuestos de betas multiobjetivo demuestran el manejo de medidas tanto de riesgo como de volatilidad, pero contrario a lo puesto expuesto por Markowitz (1952) en su exposición, aquí se

toma en cuenta la desviación estándar como medida de riesgo como una restricción que ayuda a contribuir a los movimientos de la volatilidad, por el contrario, se toma en cuenta la volatilidad como parámetro de riesgo y estructuración del portafolio el cual queremos modificar e ir adecuando según los requerimientos y que estipule conveniente el interesado, y el riesgo de portafolio que en este caso calculado y considerado como una restricción con valor n que el modelador estime conveniente. Al igual que en el segundo modelo determinístico en donde el cálculo de la volatilidad por cada índice por separado (β_p^*) también satisface al inversionista en maximizar la rentabilidad.

Lo que si hay que agregar es que estos experimentos se aplicaron a parámetros estáticos que no tienen aleatoriedad al momento de realizar dicho experimento. Por eso en capítulos posteriores se testearán estos modelos con algunas modificaciones de acuerdo a los estocásticos que se originarán de acuerdo a la simulación de las series de tiempo.

Cabe destacar que como este experimento se basó en análisis de series de tiempo, en el siguiente capítulo se aplicarán simulaciones y los movimientos de una beta de portafolio dinámica de cada activo, el cual se podría maximizar o adecuar, tal cual como se demostró en experimentos determinísticos anteriores.



Capítulo 4

4.1. Aplicación de simulación de Monte Carlo y maximización a portfolio de acuerdo a sistema abierto de simulación y optimización

Los modelos determinísticos anteriores se basaron en series de tiempo, representando resultados en base a información histórica, y de acuerdo a esto una posible distribución de activos, en este caso representado por el parámetro W_i de cada uno de los activos involucrados. Hay que destacar que como se trataron de series de datos históricos estos no tienen aleatoriedad, o simplemente permanecen estáticos dentro del tiempo en que se obtuvo la muestra, lo cual deja en claro que no representa un análisis muy completo si tomamos en cuenta que tanto hechos políticos como económicos pueden alterar las tendencias de los activos financieros, ya sea por una crisis que esté viviendo un país o el desplome de una industria, o en caso positivo en haya un crecimiento nunca antes visto por parte de un sector y en donde haya una fuerte correlación en torno a diversas empresas que estén tranzando en la bolsa o índices.

Ahora bien, hay que tomar en cuenta que como es información histórica, podemos proyectar y obtener posibles resultados de lo que supuestamente podría pasar, específicamente en los precios de cierre de las acciones. Este proceso se puede proyectar a través de la simulación de Monte Carlo en base a un software que permita hacer caculos de simulaciones y optimizaciones al mismo tiempo. Dicho método se basa en pruebas las cuales van alterando los valores a sensibilizar de acuerdo a diferentes tipos de distribuciones que podemos ir asignando.

Como se mencionó anteriormente, no solo debemos ejecutar una simulación mediante este método, también necesitamos maximizar la rentabilidad sujeta a restricciones ya estipuladas a nuestros modelos. Para esto se creó un sistema abierto de gestión de operaciones aplicado a activos de rentabilidad variables (acciones) en conjunto con el software @risk, de la empresa Palisade. Para poder aplicar esta simulación, la modelación completa de las simulaciones y optimizaciones se basaron en un análisis determinístico riguroso que fue explicado en el capítulo 3. Estos fueron basados en los mismos modelos determinísticos planteados anteriormente en donde se explicaron conceptos con que se deben estar familiarizados para entender esta sección. A continuación, se muestra un diagrama de los procesos involucrados en donde se muestra todo el sistema de ingeniería focalizada en gestión de operaciones financieras que da como resultado un sistema de información de entrada y salida de acuerdo a procesos estocásticos que serán testeados de forma muy detallada.

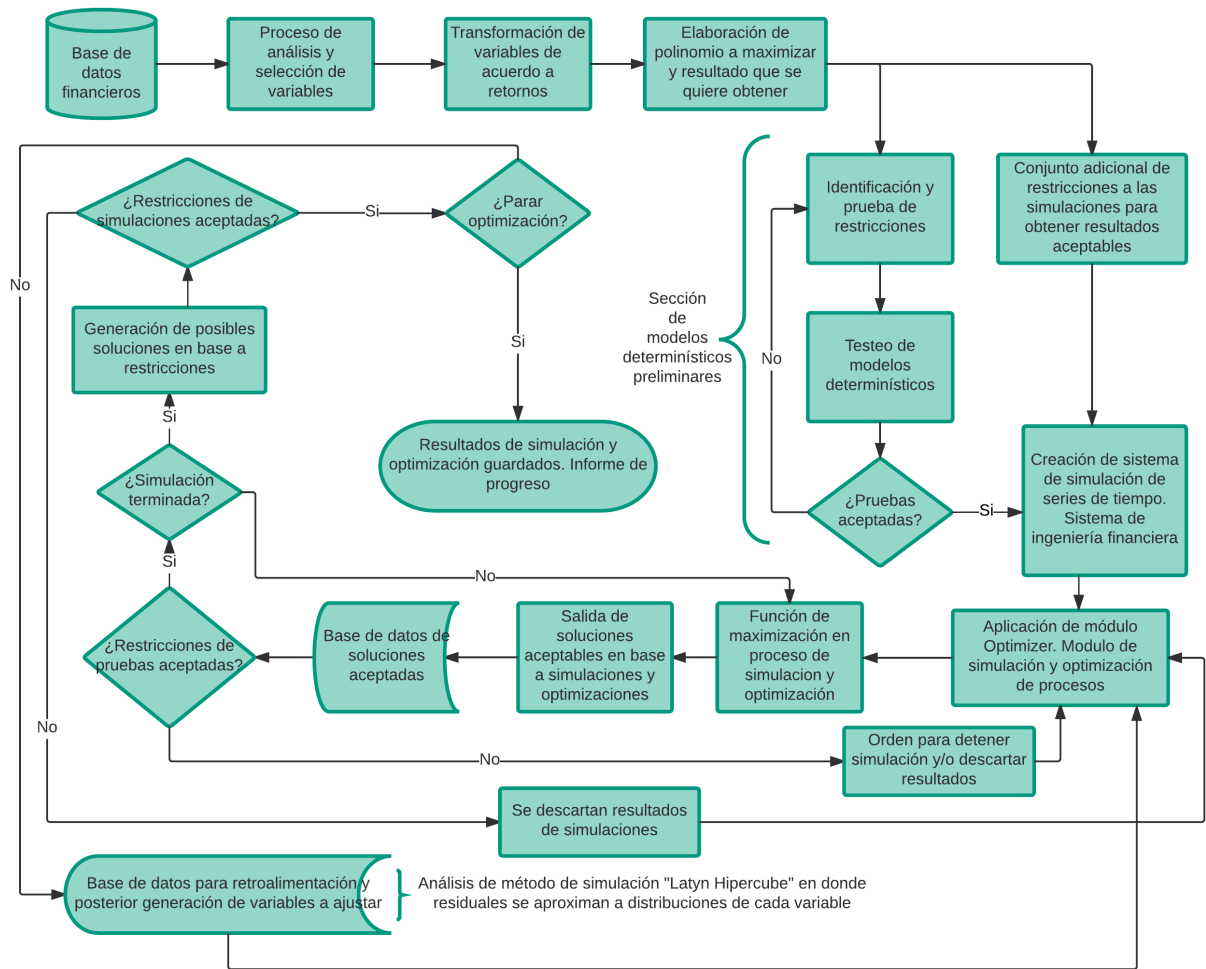


Figura 5: Flujograma que resume el sistema de modelo de ingeniería aplicado simulación y optimización de portafolio basados en volatilidades. Fuente: Elaboración propia.

La principal idea para este caso es la simulación de las series de tiempo usando la simulación de Monte Carlo (SMC) mediante método de simulación “Latyn Hypercube” en conjunto con el módulo Optimizer de @risk, pero antes necesitamos saber definición de método. La simulación de Monte Carlo (SMC) es un método en donde se obtienen valores aleatorios determinados mediante el ingreso de cierto tipo de distribución que siguen las muestras en particular para poder obtener recorridos o probabilidades de ocurrencia cuando hay incertidumbre. Este método es mayormente usado en ciencias físicas y matemáticas para enfrentar principalmente tres tipos de problemas: optimizaciones, integración numérica y obtención de probabilidades. Para este caso dado que se realizaron simulaciones de carácter financiero (series de tiempo) basadas en distribuciones analizadas en punto 2.3 de dicha investigación, estas estarían en la clasificación de investigación de operaciones financieras.

Para esta investigación se aplicó el método de simulación “Latin Hipercube” (método de simulación de Monte Carlo con variantes) que estratifica las distribuciones de probabilidad de entrada y las acerca mucho más a su promedio de entrada reduciendo así el error estándar de cada simulación. Por lo tanto, incluso para un número menor de iteraciones, el método “Latin Hypercube” hace que todos o casi todas las muestras significativas caigan dentro de una pequeña fracción del error estándar. Cuando se están realizando múltiples simulaciones, los promedios serán mucho más juntos con “Latin Hypercube” que con el método clásico de Monte Carlo.

Cabe destacar que como las variables a ingresar no tendrán una distribución normal y el método de simulación Monte Carlo con variantes no sigue los estándares comunes (en este caso “Latin Hypercube”), el número de réplicas no puede ser calculado y debe ser asignado por el modelador matemático o investigador.

Al estar realizando las réplicas, por cada una que se aplique Optimizer realizará 500 simulaciones en donde las maximizaciones evaluarán en cada simulación el escenario que será óptimo en determinada replica. Al momento de terminar dicho proceso, Optimizer arrojará un informe de salida de todos los escenarios y comportamientos que tuvo el portafolio. Dichos resultados serán nombrados 4.2 y 4.3.

A continuación, estos fueron los pasos que se aplicaron dentro del proceso de selección, análisis de variables y creación de sistema de simulación financiera.

1. Selección y definición de n variables de entrada (Input variable), para este caso se simula y/o recrea mediante 191 variables compuestas por precios de acciones e índices (benchmarking) que representan el conjunto total de las acciones.
2. Selección de distribución de dichas variables, que para este caso como son precios y en punto 2.3 se demostró que va a ser necesario ingresar los precios con una distribución logarítmica normal para evitar caer en valores negativos.
3. Recrear el recorrido mediante la simulación de series de tiempo como se puede apreciar en archivo de recreación del sistema de simulación financiera:

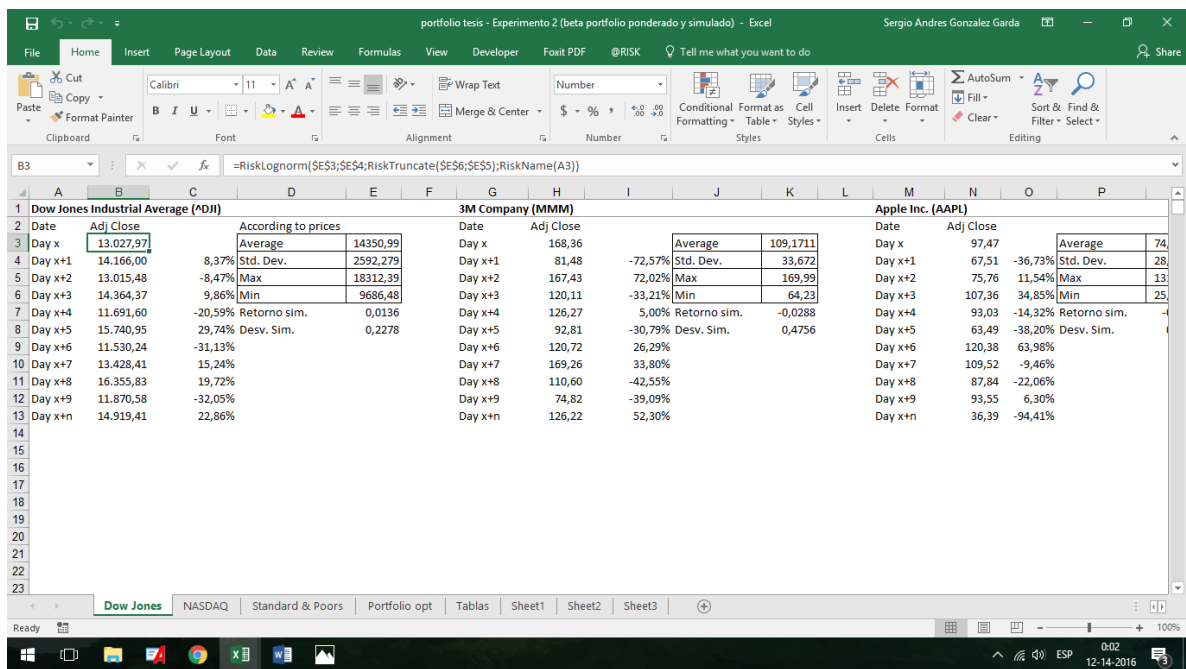


Figura 6: Cuadro de mando preliminar de entrada de distribuciones de índices y precios.
Fuente: Elaboración propia.

4. Cada recorrido va a ser compuesto por 11 observaciones a simular aplicadas a 15 acciones y 3 índices, dando un total de 191 variables a ingresar como se mencionó que van a ser precios. A esto hay que mencionar que se tuvo que agregar una matriz de riesgo, también llamada matriz de covarianza para ver la aleatoriedad de los valores a simular para poder evaluar comportamiento de intercambio de acuerdo a sus desviaciones estándar. También hay que agregar que, dado que todos valores están indexados y debido a la aleatoriedad con la cual funciona @risk, todas las formulas irán cambiando de acuerdo a su aleatoriedad.

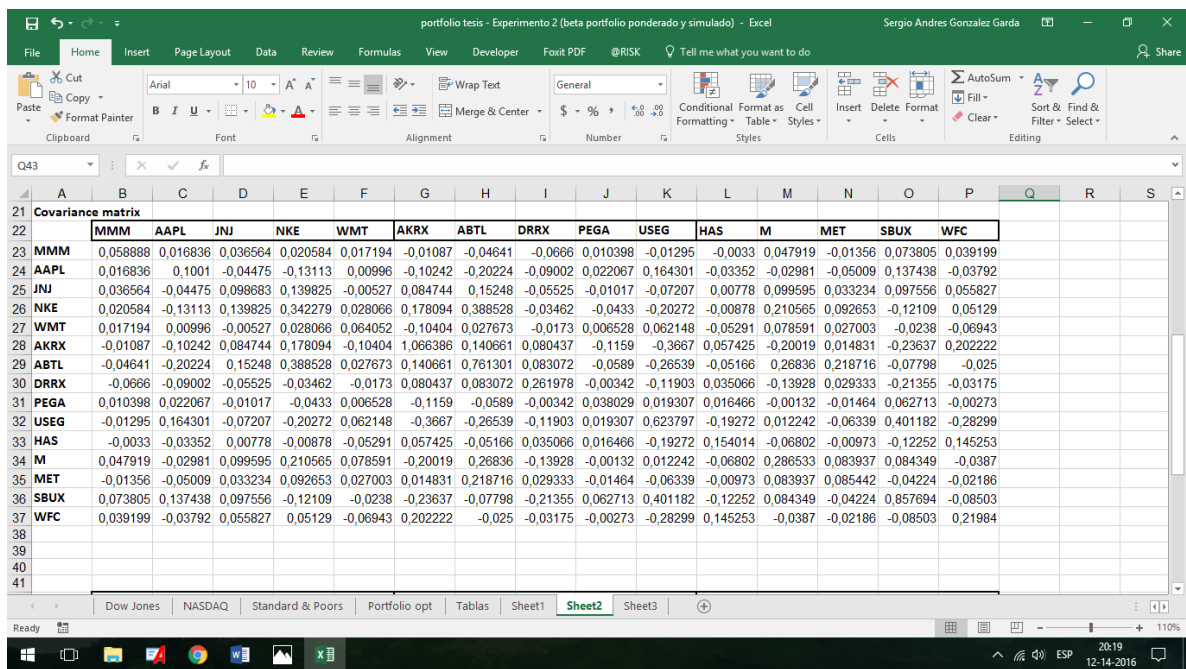


Figura 7: Matriz de covarianza estocástica de acuerdo a entrada de distribuciones. Valores preliminares de acuerdo a valores estocásticos. Fuente: Elaboración propia.

5. Seleccionar y agregar restricciones en módulo “Risk Optimizer”, y variables a cambiar de acuerdo a nuestro modelo matemático a simular y optimizar.

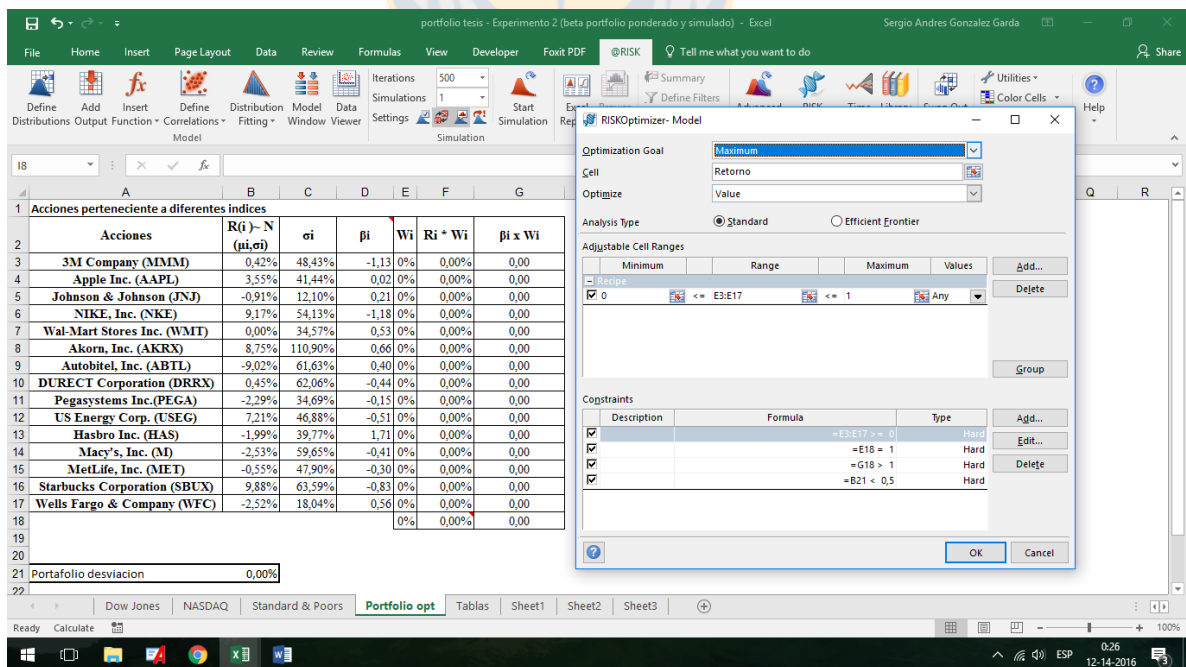


Figura 8: Módulo de entrada de Risk Optimizer. Fuente: Elaboración propia.

6. Seleccionar número de pruebas para evaluar comportamiento de la simulación, que en este caso van a ser 1.000 réplicas.
7. Filtrar soluciones aceptables de simulación y optimización y evaluar resultados (output variable)

Ahora en las siguientes secciones se simularán y optimizarán ambos modelos determinísticos planteados en capítulo 3. Cabe destacar que por la naturaleza de las simulaciones y la complejidad en que fueron testeados dichos modelos, las restricciones se debieron modificar de acuerdo a las simulaciones como se menciona en flujograma para poder obtener resultados y posterior análisis de estos.

4.2. Simulación y optimización de portafolio en base a volatilidad promedio

En esta sección se testeó el modelo determinístico en punto 3.2, el cual quedo de la siguiente manera para efectos estocásticos de simulación y optimización:

- Modelo de simulación y optimización 1:

$$\text{Max } \bar{R}_p = \sum_{i=1}^k \bar{R}_i W_i \quad (15)$$

S.a.

$$(R1) \quad 0 \leq \beta_p < 1 \text{ donde } \beta_p = \sum_{i=1}^k W_i \beta_i \text{ y } \beta_i = COV(r_i, R_m) / VAR(R_m)$$

$$(R2) \quad \sigma_p \leq 0,5 \text{ donde } \sigma_p = \sum_{i,j=1}^k \sqrt{W_i^2 \sigma_i^2 + W_j^2 \sigma_j^2 + 2W_i W_j * COV_{i,j}} \quad \forall i = 1, 2 \dots k \text{ y} \\ \forall j = 1, 2 \dots k$$

$$(R3) \quad \sum_{i=1}^k W_i = 1 \quad \forall i = 1, 2 \dots k$$

$$(R4) \quad W_i \geq 0 \quad \forall i = 1, 2 \dots k$$

En R1 el parámetro β_p , tomara valores aleatorios mayores a 0 pero menores a 1 para garantizar que haya movimientos a invertir. Cabe mencionar que como estamos incluyendo un control de la matriz de riesgo y como se mencionó en puntos anteriores, el parámetro n será de 0,5 como nivel de tolerancia de acuerdo a la aleatoriedad de dichas simulaciones y optimizaciones.

A continuación, estos fueron los resultados que se pueden apreciar en el gráfico de distribución de frecuencias de acuerdo a 30 segmentos de un total de 1.000 pruebas en dicha simulación y optimización:

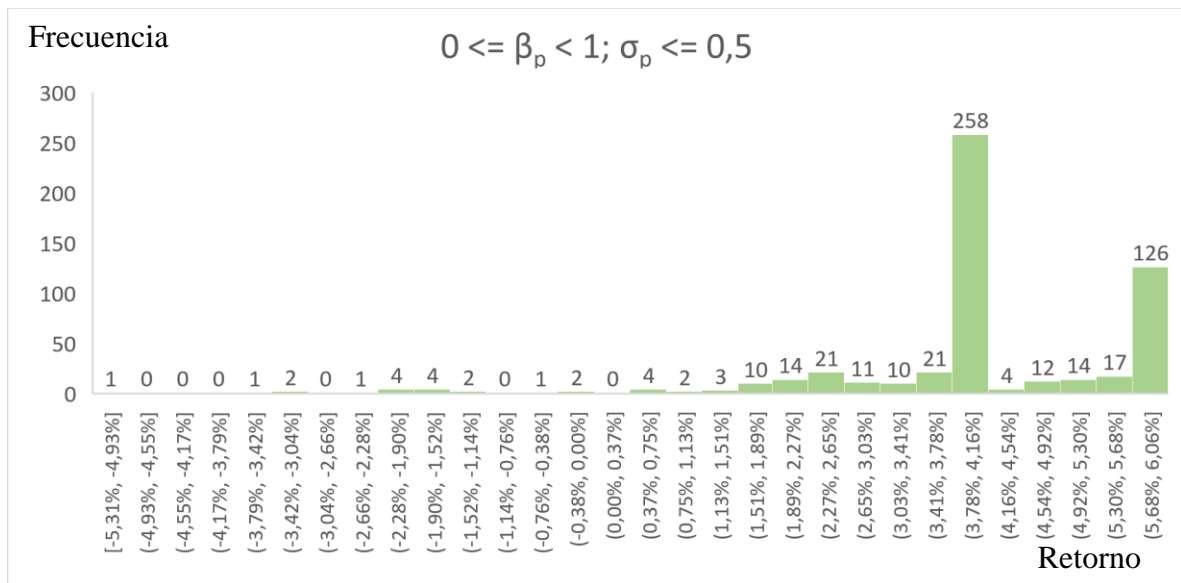
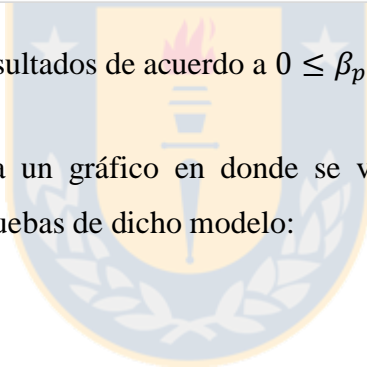


Figura 9: Distribución de resultados de acuerdo a $0 \leq \beta_p < 1$ y $\sigma_p \leq 0,5$. Fuente: Elaboración propia.

También se muestra un gráfico en donde se ve la evaluación de la simulación y optimización de las 1000 pruebas de dicho modelo:



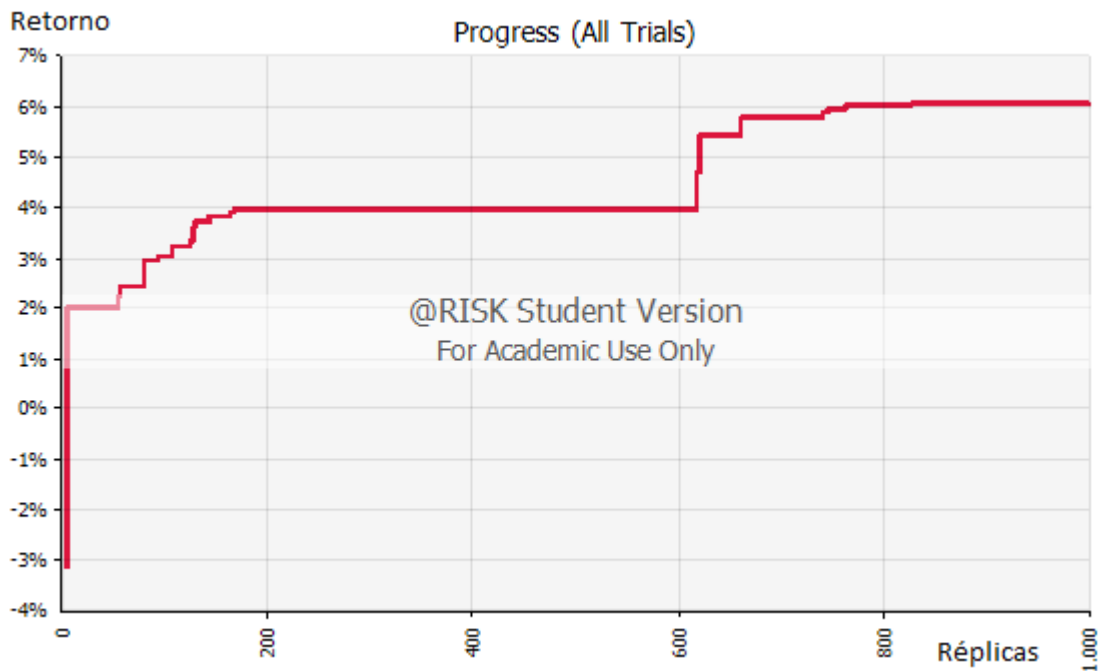


Figura 10: Diagrama de progreso de modelo de simulación y optimización de modelo 1.
Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar en la mayor frecuencia de retornos entre los intervalos de retorno entre 3,78% y 4,16% fue de 258 pruebas favorables, seguido del intervalo de retorno entre 5,68% y 6,06% con 126 pruebas favorables.

Un análisis que resulta muy favorable es la comparación de un bono que vendría a representar un retorno fijo (R_f), como se realizó en los modelos determinísticos, que en este caso el horizonte de evaluación es de 5 años, y el retorno de un bono del “Tesoro de Estados Unidos” está en 1,89% de rentabilidad a 5 años al momento de maduración.

$$P [\bar{R}_p < (R_f = 1,89\%)] = 6,60\%$$

Por lo tanto, un análisis de percentiles resulta vital al momento de evaluar dichas simulaciones, y de acuerdo a este, se demuestra la probabilidad de que este portfolio de un desempeño menor a 1,19% es de una probabilidad de 6,60% de ocurrencia en base a los resultados de simulación y optimización bajo estas restricciones de acuerdo a nuestro modelo de simulación y optimización 1.

A este análisis también se puede agregar medidas performances aplicada al mejor resultado dentro de la simulación y optimización:

Tabla 15: Resultados de modelo optimización y simulación de modelo 1. Fuente: Elaboración propia.

Modelo	Retorno	β portafolio	σ portafolio	Tasa libre de riesgo (Rf)	Ratio de Sharpe	Ratio de Treynor
Con $0 \leq \beta_p < 1$ y $\sigma_p \leq 0,5$	6,06%	0,53	0,5000	1,89%	0,08	0,08

En donde basados en los resultados y la mejor combinación de variables a modificar, viendo la ratio Sharpe tenemos 0,08 unidades exceso de retorno con riesgo asumida que podemos generar con dicha rentabilidad en algún tiempo basado en las distribuciones. En cambio, con la ratio de Treynor tenemos 0,08 unidades de volatilidad asumida en mercado que podemos generar con dicha rentabilidad en algún tiempo basado en las distribuciones.

- Modelo de simulación y optimización 2:

$$\text{Max } \bar{R}_p = \sum_{i=1}^k \bar{R}_i W_i \quad (16)$$

S.a.

$$(R1) \quad \beta_p > 1 \text{ donde } \beta_p = \sum_{i=1}^k W_i \beta_i \text{ y } \beta_i = COV(r_i, R_m) / VAR(R_m)$$

$$(R2) \quad \sigma_p \leq 0,5 \text{ donde } \sigma_p = \sum_{i,j=1}^k \sqrt{W_i^2 \sigma_i^2 + W_j^2 \sigma_j^2 + 2W_i W_j * COV_{i,j}} \quad \forall i = 1, 2 \dots k \text{ y}$$

$$\forall j = 1, 2 \dots k$$

$$(R3) \quad \sum_{i=1}^k W_i = 1 \quad \forall i = 1, 2 \dots k$$

$$(R4) \quad W_i \geq 0 \quad \forall i = 1, 2 \dots k$$

Por otro lado, estos fueron los resultados para $\beta_p > 1$ que se pueden apreciar en el gráfico de distribución de frecuencias de un total de 1.000 pruebas en dicha simulación y optimización:

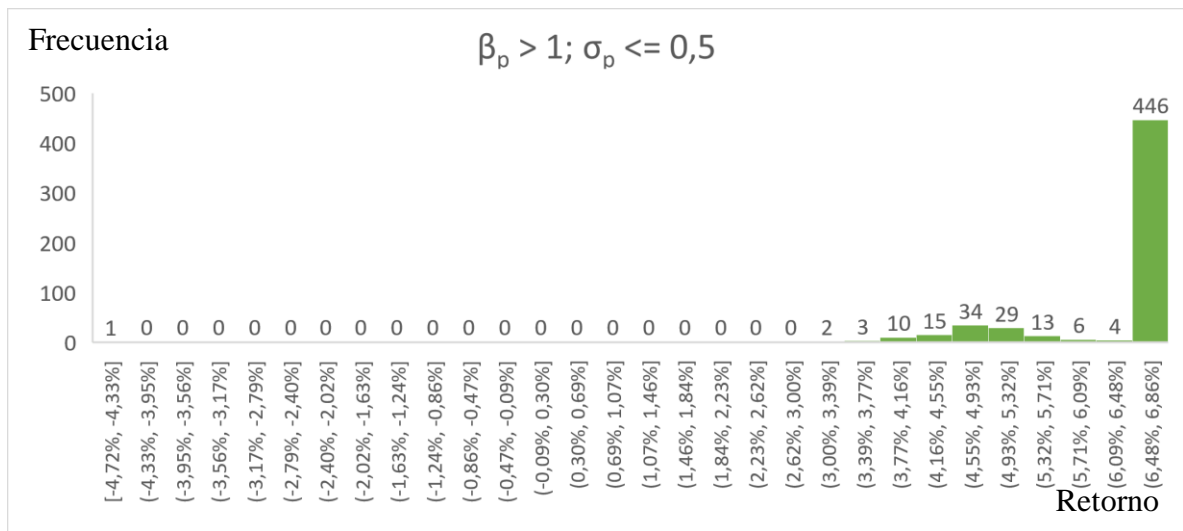


Figura 11: Distribución de resultados de acuerdo a $\beta_p > 1$ y $\sigma_p \leq 0,5$. Fuente: Elaboración propia.

También se muestra un gráfico en donde se ve la evaluación de la simulación y optimización de las 1000 pruebas de dicho modelo:

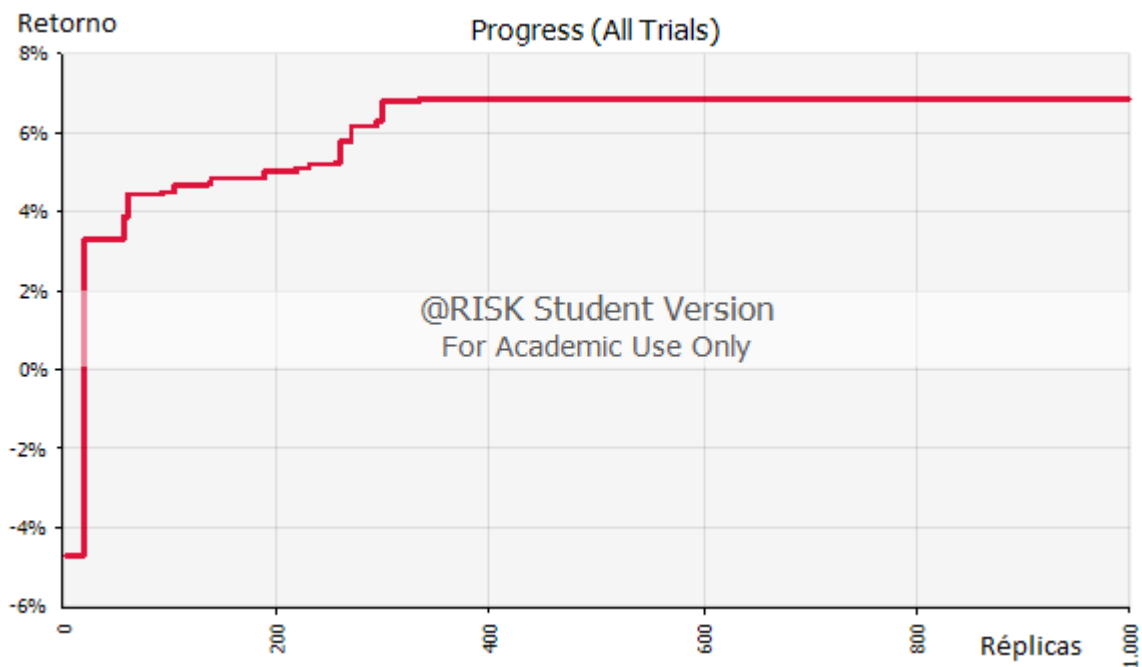


Figura 12: Diagrama de progreso de modelo de simulación y optimización de modelo 2. Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar en la mayor frecuencia de retornos entre los intervalos de retorno entre 6,48% y 6,86% fue de 446 pruebas favorables, cabe destacar que al principio el modelo debido al control de la matriz de riesgo, no estaba presentando soluciones aceptables (retornos

positivos), pero con el pasar de las pruebas y simulaciones el desempeño de este empezó a mejorar y esta evolución se puede apreciar a partir de la prueba 200.

Como se aplicó en el modelo de optimización 1, la comparación de un bono es fundamental, que vendría a representar un retorno fijo (R_f), con la misma rentabilidad que está en 1,89% a 5 años al momento de maduración.

$$P [\bar{R}_p < (R_f = 1,19\%)] = 0,10\%$$

Por lo tanto, un análisis de percentiles resulta vital al momento de evaluar dichas simulaciones, y de acuerdo a este, se muestra la probabilidad exacta de acuerdo a nuestros resultados de simulación y optimización que el retorno del portfolio un desempeño menor a 1,89% de rentabilidad, es de una probabilidad de 0,10% de ocurrencia en base a los resultados de simulación y optimización bajo estas restricciones de acuerdo a nuestro modelo de simulación y optimización 2.

A este análisis también se puede agregar medida performances aplicada al mejor resultado dentro de la simulación y optimización:

Tabla 16: Resultados de modelo optimización y simulación de modelo 2. Fuente: Elaboración propia.

Modelo	Retorno	β portafolio	σ portafolio	Tasa libre de riesgo (Rf)	Ratio de Sharpe	Ratio de Treynor
Con $\beta_p > 1$ y $\sigma_p \leq 0,5$	6,86%	1,01	0,4999	1,89%	0,10	0,05

En donde basados en los resultados y la mejor combinación de variables a modificar, viendo la ratio Sharpe tenemos 0,10 unidades exceso de retorno con riesgo asumida que podemos generar con dicha rentabilidad en algún tiempo basado en las distribuciones. En cambio, con la ratio de Treynor tenemos 0,05 unidades de volatilidad asumida en mercado que podemos generar con dicha rentabilidad en algún tiempo basado en las distribuciones.

En ambos casos tanto como en modelo de simulación y optimización 1 y 2, las probabilidades de que den un retorno inferior a bono de renta fija es muy baja, por lo tanto,

resulta interesante evaluar el desempeño y comportamiento del siguiente modelo multiobjetivo tomando en cuenta que ahora se le incluye la matriz de riesgo a controlar.

4.3. Simulación y optimización de portafolio en base a múltiples volatilidades

En esta sección se testeó el modelo determinístico en punto 3.3, el cual quedo de la siguiente manera para efectos de simulación y optimización:

$$Max \bar{R}_p = \sum_{i=1}^k \bar{R}_i W_i \quad (17)$$

S.a.

$$(R1) \quad 0 \leq \beta_n^* < 1 \text{ donde } \beta_n^* = \sum_{i=1}^k W_i \beta_i \text{ y } \beta_i = COV(r_i, R_m) / VAR(R_m)$$

$$(R2) \quad \sigma_p \leq 0,5 \text{ donde } \sigma_p = \sum_{i,j=1}^k \sqrt{W_i^2 \sigma_i^2 + W_j^2 \sigma_j^2 + 2W_i W_j * COV_{i,j}} \quad \forall i = 1, 2 \dots k \text{ y}$$

$$\forall j = 1, 2 \dots k$$

$$(R3) \quad \sum_{i=1}^k W_i = 1 \quad \forall i = 1, 2 \dots k$$

$$(R4) \quad W_i \geq 0 \quad \forall i = 1, 2 \dots k$$

En donde cada parámetro $\beta_n^* < 1$, en este caso para cada índice. También se incluyó un control total sobre la matriz de riesgo denotado en restricción R4, ya que como vamos a testear multiobjetivos, también se quiere lograr un control del riesgo representado en la desviación estándar del portafolio, también conocido como matriz de riesgo.

A continuación, estos fueron los resultados que se pueden apreciar en el gráfico de distribución de frecuencias de un total de 1.000 pruebas en dicha simulación y optimización:

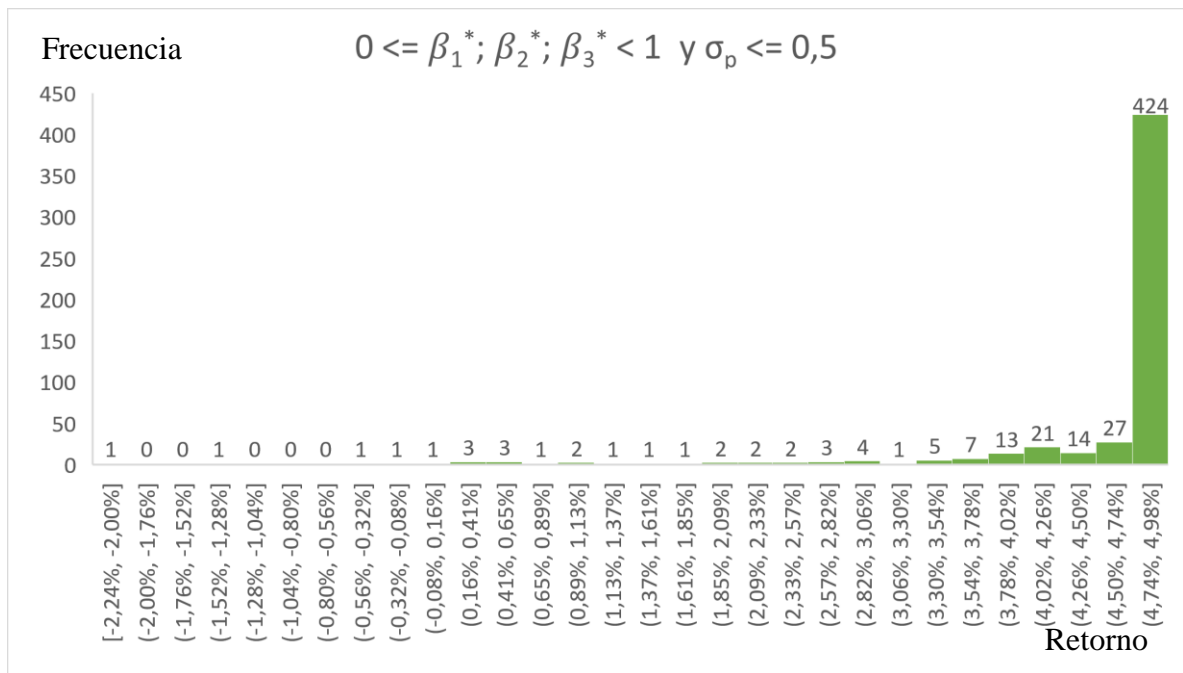


Figura 13: Distribución de resultados de acuerdo a $0 \leq \beta_1^* ; \beta_2^* ; \beta_3^* < 1$ y $\sigma_p \leq 0,5$. Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar en la mayor frecuencia de retornos entre los intervalos de retorno entre 4,74% y 4,98% fue de 424 pruebas favorables.

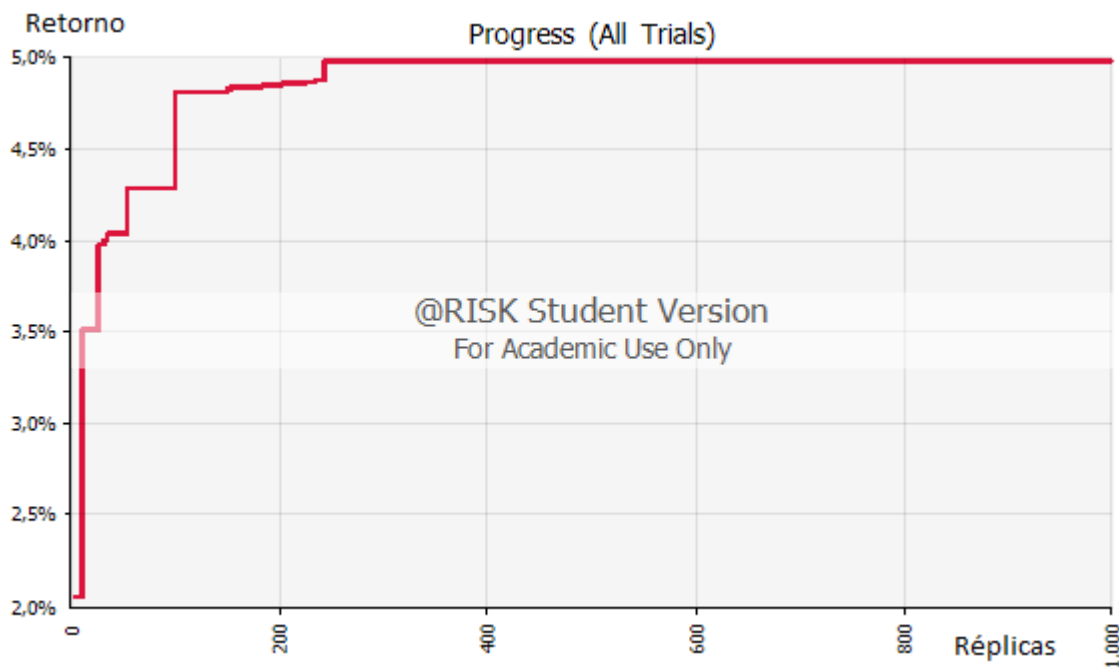


Figura 14: Diagrama de progreso de modelo de simulación y optimización en base a múltiples volatilidades. Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar en grafico de evolución de las simulaciones y optimizaciones que alcanzó su optimización pasados las 200 pruebas.

Acompañado a estos resultados, de acuerdo a análisis de percentiles de resultados, se demuestra la probabilidad que tenga una rentabilidad menor a la de un bono que se aplicó en modelos anteriores está demostrado en análisis de percentiles en base a resultados de salida.

$$P [\bar{R}_p < (R_f = 1,19\%)] = 3,00\%$$

De acuerdo a las volatilidades múltiples y tomando un control de la matriz de riesgo, se demuestra la probabilidad exacta de acuerdo a nuestros resultados de simulación y optimización que el retorno del portafolio con un desempeño menor a 1,89% de rentabilidad, es de una probabilidad de 3,00% de ocurrencia en base a resultados de optimización y simulación y bajo estas restricciones de acuerdo a nuestro modelo multiobjetivo.

A este análisis también se puede agregar medida performances aplicada al mejor resultado dentro de la simulación y optimización:

Tabla 17: Resultados de modelo optimización y simulación de modelo multiobjetivo. Fuente: Elaboración propia.

Modelo	Retorno	β portafolio	σ portafolio	Tasa libre de riesgo (Rf)	Ratio de Sharpe	Ratio de Treynor
Con $0 \leq \beta_1^*, \beta_2^*, \beta_3^* < 1$ y $\sigma_p \leq 0,5$	4,98%	0,21	0,5000	1,89%	0,06	0,15

En donde basados en los resultados y la mejor combinación de variables a modificar, viendo la ratio Sharpe tenemos 0,06 unidades exceso de retorno con riesgo asumida que podemos generar con dicha rentabilidad en algún tiempo basado en las distribuciones. En cambio, con la ratio de Treynor tenemos 0,15 unidades de volatilidad asumida en mercado que podemos generar con dicha rentabilidad en algún tiempo basado en las distribuciones.

Mayores detalles se pueden encontrar en Anexo 4 en archivos separados a esta investigación correspondientes a informes de salida de simulaciones (beta mayor a 1 y desviación menor o

igual a 0,5.xlsx; beta menor a 1 y desviación menor o igual a 0,5.xlsx; beta_multiobjetivo y desviación menor o igual a 0,5.xlsx .



Capítulo 5

5.1. Evolución de acciones y testeo de optimizaciones mediante rentabilidades acumuladas

En este capítulo se darán a conocer las evoluciones de las acciones seleccionadas al comienzo de esta investigación en donde se dan a conocer las rentabilidades acumuladas que se han dado seguimiento en periodos diarios desde Junio a Octubre 2016 con el fin de probar y testear las variables de decisión que se vieron alteradas producto de las simulaciones y optimizaciones de los modelos matemáticos aplicados.

Tabla 18: Testeo de cuatro meses de índices de acuerdo a su rentabilidad. Fuente: Elaboración propia.

Acción	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Rentabilidad total acumulada
MMM	3,74%	1,83%	1,11%	-1,69%	-6,40%	-1,41%
AAPL	-2,95%	8,62%	2,34%	6,34%	0,43%	14,79%
JNJ	7,28%	3,19%	-4,15%	-1,02%	-1,83%	3,47%
NKE	0,78%	0,54%	3,78%	-8,78%	-4,80%	-8,47%
WMT	3,51%	-0,07%	-1,44%	0,95%	-2,96%	0,00%
AKRX	-8,28%	18,35%	-24,02%	1,26%	-12,95%	-25,64%
ABTL	-3,82%	6,89%	9,86%	8,19%	-8,50%	12,63%
DRRX	-5,58%	46,38%	-14,99%	-18,35%	-21,60%	-14,13%
PEGA	-1,21%	3,46%	-8,02%	13,66%	4,67%	12,57%
USEG	-29,35%	11,65%	3,60%	-12,35%	-10,22%	-36,68%
HAS	-3,66%	-2,71%	0,63%	-2,99%	5,63%	-3,10%
M	2,88%	6,40%	0,97%	3,44%	-1,52%	12,17%
MET	-13,92%	7,05%	2,45%	2,35%	5,54%	3,46%
SBUX	4,11%	1,62%	-2,84%	-3,79%	-2,00%	-2,90%
WFC	-7,47%	1,34%	6,53%	-13,74%	3,83%	-9,50%

En la tabla anteriormente señalada se puede ver el desempeño de las acciones seleccionadas de acuerdo a su rentabilidad acumulada. Se puede apreciar que en solo cuatro meses de información la rentabilidad ha variado drásticamente. Esto también se puede ver apreciar de forma gráfica en los siguientes diagramas en base a puntos porcentuales.

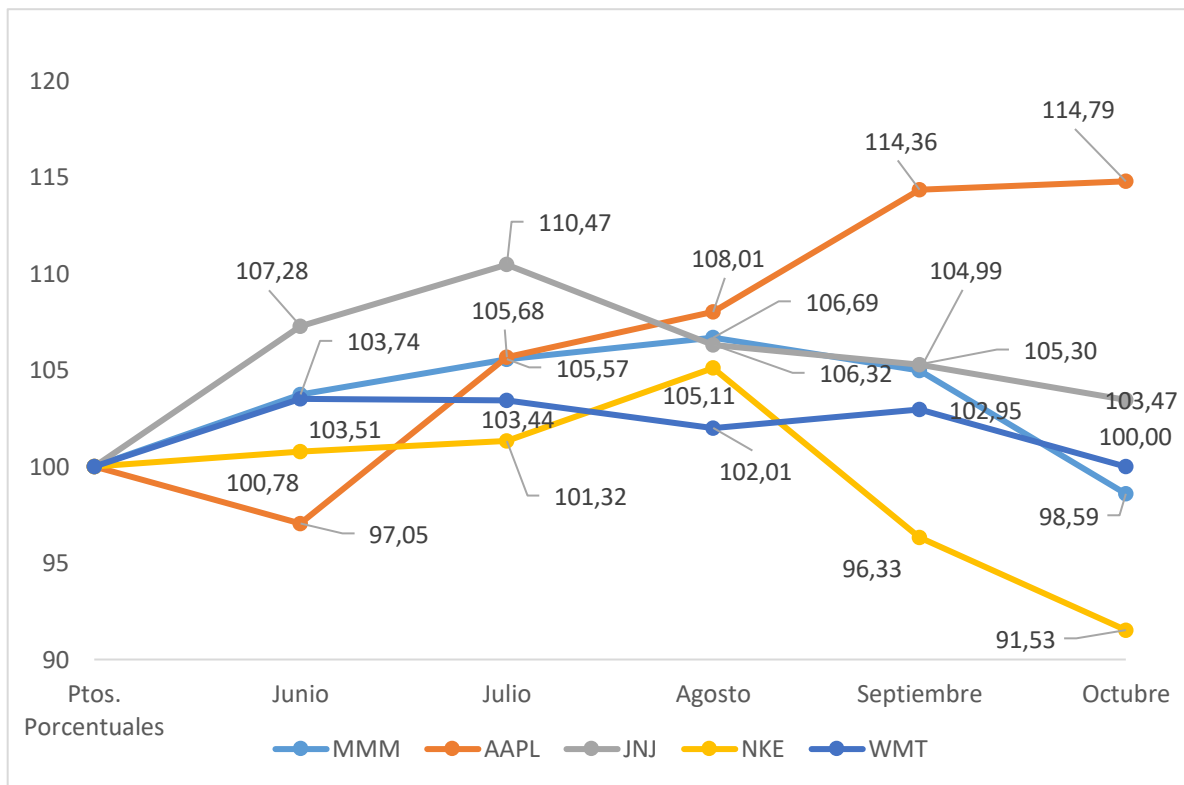


Figura 15: Evolución acciones seleccionadas de Índice Dow Jones (Junio a Octubre 2016).
Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar por ejemplo que la acción AAPL ha tenido un crecimiento hasta llegar a 114,79 puntos porcentuales a Octubre, superando la caída que tuvo en el mes de Junio. La acción MMM ha tenido un crecimiento tomando en cuenta que alcanzó en Agosto con 106,69 puntos porcentuales, pero esto se ve contrarrestado con una baja en Octubre a 98,59 puntos porcentuales. En cambio, la acción JNJ alcanzó su peak en el mes de Julio a 110,47 puntos porcentuales, pero esto se vio obstruido por una baja en Octubre con 103,47 puntos porcentuales. Respecto a la acción NKE su peak lo alcanzó en Agosto con 105,11 puntos porcentuales, pero tuvo una baja en Octubre con 91,53 puntos porcentuales. Por último, la acción WMT alcanzó su peak en Junio con 103,51 puntos porcentuales, pero volvió al estado inicial con 100 puntos porcentuales en el mes de Octubre.

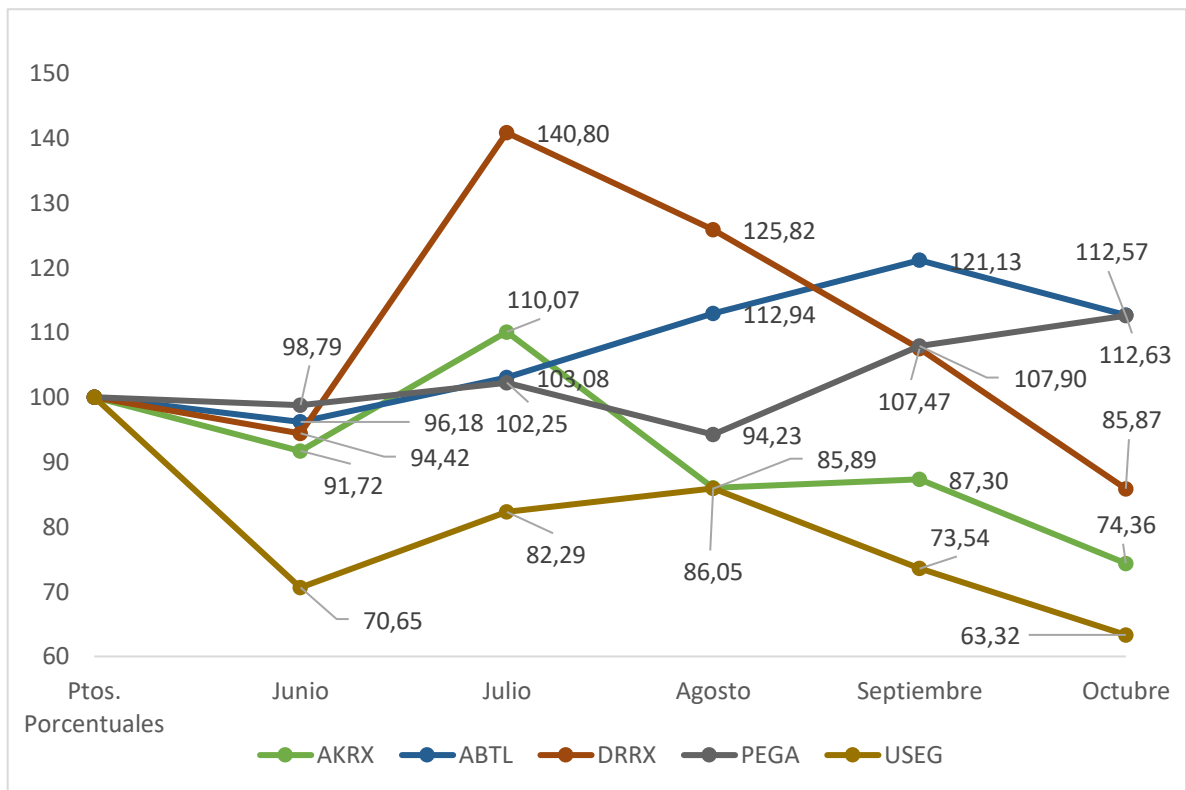


Figura 16: Evolución acciones seleccionadas de Índice Nasdaq Composite (Junio a Octubre 2016). Fuente: Elaboración propia.

Analizando el grafico del índice Nasdaq Composite y viendo la acción AKRX vemos que peak lo alcanzó en Julio con 110,07 puntos porcentuales, pero a la vez se ve una baja con 74,36 puntos porcentuales en Octubre. La acción ABTL tuvo crecimiento hasta llegar a su peak en Septiembre a 121,13 puntos porcentuales y una leve baja de 112,57 puntos porcentuales en Octubre. La acción DRRX alcanzó su peak en Julio con 140,80 puntos porcentuales, pero tuvo una baja en Octubre alcanzando 85,87 puntos porcentuales. Respecto a la acción PEGA tuvo su punto más bajo de desempeño en Agosto con 94,23 puntos porcentuales, pero tuvo un en Octubre con 112,63 puntos porcentuales. Y por último la acción USEG estuvo marcada por perdida alcanzando a recuperar parte de su perdida en Agosto con un peak de 86 puntos porcentuales, pero a la vez con una baja en Octubre a 63,32 puntos porcentuales.

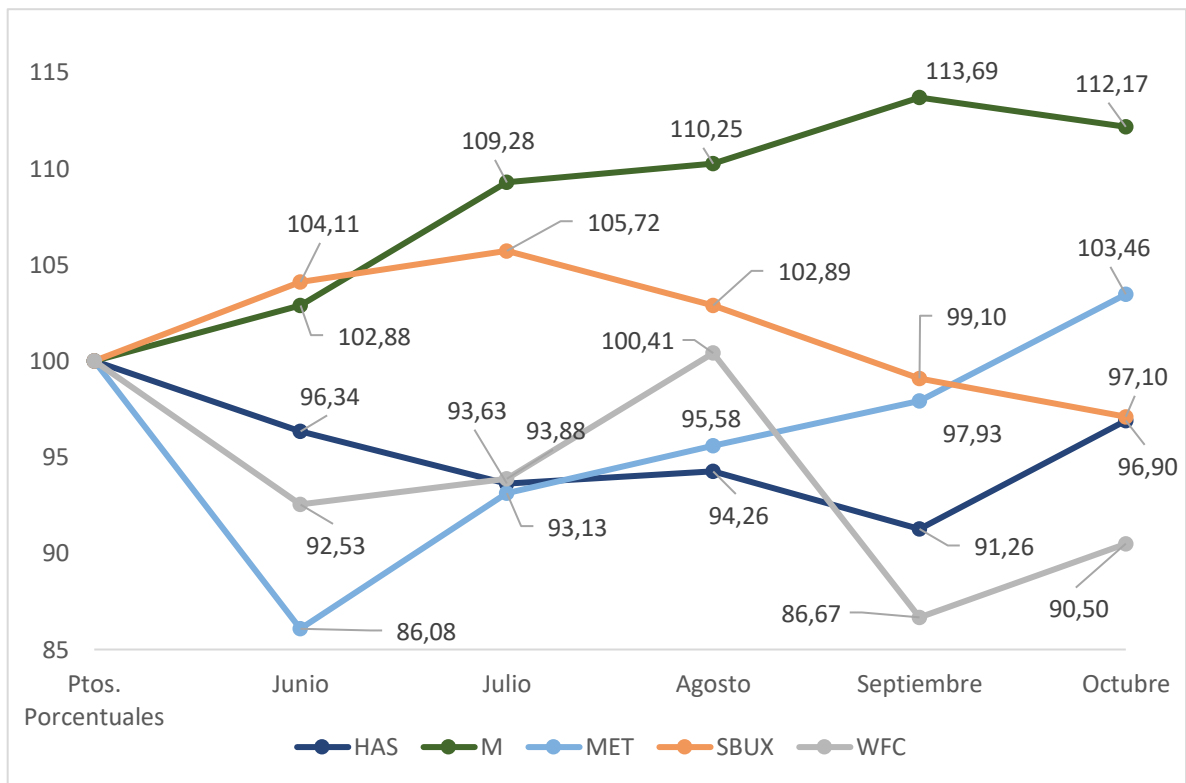


Figura 17: Evolución acciones seleccionadas de Índice S&P 500 (Junio a Octubre 2016).
Fuente: Elaboración propia.

Analizando el gráfico correspondiente a S&P 500, la acción HAS estuvo marcada por ciclos de pérdida donde su punto más bajo fue Septiembre con 91,26 puntos porcentuales, pero recupera la pérdida acumulada en Octubre con 96,90 puntos porcentuales. Respecto a la acción M alcanzó su peak en Septiembre con 113,69 puntos porcentuales, pero en el mes de Octubre obtiene una leve pérdida alcanzado llegando a 112,17 puntos porcentuales. La acción MET a pesar de tener una caída a 86,08 puntos porcentuales, pero logra una recuperación en Octubre con 103,46 puntos porcentuales. La acción SBUX presentó alzas por periodos consecutivos alcanzando un peak a 105,72 puntos porcentuales en Julio, pero con caídas hasta Octubre llegando a 97,10 puntos porcentuales. Y por último la acción WFC, que estuvo marcada por alzas y bajas acumuladas, siendo su peak en Agosto de 100,41 puntos porcentuales, pero con una baja acumulada de 90,50 puntos porcentuales en Octubre.

Cabe destacar que las descripciones de los tres gráficos corresponden a pérdidas y ganancias de acuerdo a su desempeño bursátil de acuerdo a rentabilidades acumuladas que demuestran de una forma u otra los resultados modelación determinística no son contundentes y que tienen una predicción muy leve ya que no se trabajan con variables estocásticas. Por otro

lado, al plantear una metodología de ingeniería industrial aplicada a diseño de portafolio que van a tener una base estocástica, ayuda al análisis exhaustivo de las mejores combinaciones de acuerdo a lo que queremos obtener.

5.2. Resultados en modelos determinísticos y modelos estocásticos

De acuerdo a la modelación tanto a nivel determinístico como a nivel estocástico, se muestran los resultados de acuerdo a las mejores combinaciones de pesos relativos y para esto se muestran los resultados a nivel de rentabilidad mensual y acumulado.

Tabla 19: Resultados de pesos relativos. Fuente: Elaboración propia.

Aplicación de peso relativo (W_i) a modelos determinísticos								
Acción	Modelo con $\beta_p = 0,6;$ $\sigma_p < 0,5$	Modelo con $\beta_p = 0,8;$ $\sigma_p < 0,5$	Modelo con $\beta_p = 1,0;$ $\sigma_p < 0,5$	Modelo con $\beta_p = 1,2;$ $\sigma_p < 0,5$	Modelo con $\beta_p = 1,4;$ $\sigma_p < 0,5$	Modelo con $\beta_p \geq 1,0;$ $\sigma_p < 0,03$	Modelo con $\beta_p \leq 1,0;$ $\sigma_p < 0,03$	Modelo multiobjetivo ($\beta^*_1, \beta^*_2, \beta^*_3 < 1;$ $\sigma_p < 0,03$)
MMM	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
AAPL	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
JNJ	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
NKE	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
WMT	93%	53%	13%	0%	0%	0%	13%	0%
AKRX	7%	47%	87%	74%	35%	89%	87%	89%
ABTL	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
DRRX	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PEGA	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
USEG	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
HAS	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
M	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
MET	0%	0%	0%	26%	65%	0%	0%	0%
SBUX	0%	0%	0%	0%	0%	11%	0%	11%
WFC	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Cabe mencionar que dichos porcentajes que se muestran a nivel determinístico representan alzas o proyecciones que se podrían ver reflejadas de acuerdo a la satisfacción de

las restricciones y base de datos de series de tiempo en Anexo 4 (portfolio tesis - base de datos.xlsx), en donde se demuestra a nivel determinístico como las variables a alterar (W_i) varían de acuerdo a los requerimientos que el modelador matemático necesita. Un caso particular, a modo de ejemplo, es la acción de Wal-Mart (WMT) en donde se puede apreciar el peso relativo que de acuerdo a su coeficiente Beta de portafolio (β_p) y desviación estándar de portafolio (σ_p) demuestran que diversas exigencias de restricciones van a demostrar variaciones de porcentajes muy altas en diversos escenarios, como demuestra las Betas iguales a 0,6; 0,8 y 1 con 93%, 53% y 13% respectivamente a asignar en peso relativo. Hay que agregar que como las series de tiempo tienen carácter estático, estos valores no son aleatorios y por lo tanto se complementa dicho análisis de resultados con resultados de modelos estocásticos en esta misma sección a modo de comparación.

Modelo determinístico con $\beta_p = 0,6$; $\sigma_p < 0,5$						
Acción	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Total
MMM	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AAPL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
JNJ	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
NKE	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
WMT	3,28%	-0,06%	-1,34%	0,88%	-2,76%	0,00%
AKRX	-0,55%	1,23%	-1,61%	0,08%	-0,87%	-1,72%
ABTL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
DRRX	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PEGA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
USEG	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
HAS	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
M	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
MET	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
SBUX	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
WFC	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Total	2,72%	1,17%	-2,95%	0,97%	-3,62%	-1,72%

Figura 18: Resultados de retornos de modelo determinístico con $\beta_p = 0,6$; $\sigma_p < 0,5$. Fuente: Elaboración propia.

Modelo determinístico con $\beta_p = 0,8$; $\sigma_p < 0,5$						
Acción	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Total
MMM	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AAPL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
JNJ	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
NKE	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
WMT	1,36%	-0,04%	-0,76%	0,50%	-1,57%	0,00%
AKRX	-3,39%	8,52%	-11,28%	0,59%	-6,08%	-12,04%
ABTL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
DRRX	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PEGA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
USEG	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
HAS	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
M	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
MET	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
SBUX	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
WFC	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Total	-2,03%	8,58%	-12,04%	1,09%	-7,65%	-12,04%

Figura 19: Resultados de retornos de modelo determinístico con $\beta_p = 0,8$; $\sigma_p < 0,5$. Fuente: Elaboración propia.

Modelo determinístico con $\beta_p = 1,0$; $\sigma_p < 0,5$						
Acción	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Total
MMM	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AAPL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
JNJ	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
NKE	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
WMT	0,45%	-0,01%	-0,18%	0,12%	-0,38%	0,00%
AKRX	-7,22%	16,01%	-20,96%	1,09%	-11,29%	-22,37%
ABTL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
DRRX	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PEGA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
USEG	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
HAS	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
M	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
MET	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
SBUX	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
WFC	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Total	-6,78%	16,00%	-21,14%	1,22%	-11,67%	-22,37%

Figura 20: Resultados de retornos de modelo determinístico con $\beta_p = 1,0$; $\sigma_p < 0,5$. Fuente: Elaboración propia.

Modelo determinístico con $\beta_p = 1,2$; $\sigma_p < 0,5$						
Acción	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Total
MMM	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AAPL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
JNJ	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
NKE	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
WMT	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AKRX	-6,10%	13,53%	-17,70%	0,92%	-9,54%	-18,89%
ABTL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
DRRX	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PEGA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
USEG	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
HAS	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
M	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
MET	-3,66%	1,86%	0,65%	0,62%	1,46%	0,91%
SBUX	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
WFC	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Total	-9,77%	15,38%	-17,06%	1,54%	-8,08%	-17,98%

Figura 21: Resultados de retornos de modelo determinístico con $\beta_p = 1,2$; $\sigma_p < 0,5$. Fuente: Elaboración propia.

Modelo determinístico con $\beta_p = 1,4$; $\sigma_p < 0,5$						
Acción	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Total
MMM	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AAPL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
JNJ	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
NKE	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
WMT	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AKRX	-2,91%	6,45%	-8,45%	0,44%	-4,55%	-9,01%
ABTL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
DRRX	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PEGA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
USEG	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
HAS	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
M	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
MET	-9,03%	4,57%	1,59%	1,52%	3,59%	2,25%
SBUX	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
WFC	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Total	-11,94%	11,03%	-6,86%	1,96%	-0,96%	-6,77%

Figura 22: Resultados de retornos de modelo determinístico con $\beta_p = 1,4$; $\sigma_p < 0,5$. Fuente: Elaboración propia.

Modelo determinístico con $\beta_p \geq 1,0$; $\sigma_p < 0,03$						
Acción	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Total
MMM	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AAPL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
JNJ	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
NKE	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
WMT	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AKRX	-7,37%	16,34%	-21,39%	1,12%	-11,52%	-22,83%
ABTL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
DRRX	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PEGA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
USEG	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
HAS	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
M	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
MET	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
SBUX	0,45%	0,18%	-0,31%	-0,42%	-0,22%	-0,32%
WFC	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Total	-6,92%	16,52%	-21,70%	0,70%	-11,74%	-23,14%

Figura 23: Resultados de retornos de modelo determinístico con $\beta_p \geq 1,0$; $\sigma_p < 0,03$. Fuente: Elaboración propia.

Modelo determinístico con $\beta_p \leq 1,0$; $\sigma_p < 0,03$						
Acción	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Total
MMM	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AAPL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
JNJ	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
NKE	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
WMT	0,45%	-0,01%	-0,18%	0,12%	-0,38%	0,00%
AKRX	-7,22%	16,01%	-20,96%	1,09%	-11,29%	-22,37%
ABTL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
DRRX	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PEGA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
USEG	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
HAS	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
M	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
MET	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
SBUX	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
WFC	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Total	-6,78%	16,00%	-21,14%	1,22%	-11,67%	-22,37%

Figura 24: Resultados de retornos de modelo determinístico con $\beta_p \leq 1,0$; $\sigma_p < 0,03$. Fuente: Elaboración propia.

Modelo determinístico multiobjetivo ($\beta_1^*, \beta_2^*, \beta_3^* < 1$; $\sigma_p < 0,03$)						
Acción	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Total
MMM	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AAPL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
JNJ	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
NKE	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
WMT	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AKRX	-7,37%	16,34%	-21,39%	1,12%	-11,52%	-22,83%
ABTL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
DRRX	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PEGA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
USEG	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
HAS	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
M	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
MET	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
SBUX	0,45%	0,18%	-0,31%	-0,42%	-0,22%	-0,32%
WFC	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Total	-6,92%	16,52%	-21,70%	0,70%	-11,74%	-23,14%

Figura 25: Resultados de retornos de modelo determinístico multiobjetivo ($\beta_1^*, \beta_2^*, \beta_3^* < 1$; $\sigma_p < 0,03$). Fuente: Elaboración propia.

En todos los casos las rentabilidades fueron negativas de acuerdo a dichos modelos determinísticos. La principal causa de estos resultados y/o desempeños negativos se debe a que dichos modelos carecen de aleatoriedad y dan una visión estática de lo que podría pasar en un horizonte de evaluación prolongado, ya sea por ejemplo más de seis meses sin adecuar dichos modelos.

Tabla 20: Resultados de pesos relativos y retornos acumulados de modelos estocásticos.
Fuente: Elaboración propia.

Aplicación de mejor peso relativo a modelos basados en simulación y optimización			
Acción	Modelo 1 ($\beta_p < 1$; $\sigma_p < 0,5$)	Modelo 2 ($\beta_p > 1$; $\sigma_p < 0,5$)	Modelo multiobjetivo ($\beta^*_1, \beta^*_2, \beta^*_3 < 1$; $\sigma_p < 0,5$)
MMM	0,00%	0,00%	0,00%
AAPL	0,00%	0,00%	0,00%
JNJ	0,00%	0,00%	0,00%
NKE	0,00%	0,00%	0,00%
WMT	0,00%	0,00%	0,00%
AKRX	0,00%	0,00%	0,00%
ABTL	37,05%	0,00%	0,00%
DRRX	0,00%	20,13%	0,00%
PEGA	21,30%	0,00%	0,00%
USEG	41,17%	30,27%	0,00%
HAS	0,00%	0,00%	10,10%
M	0,38%	0,00%	0,00%
MET	0,00%	0,00%	0,00%
SBUX	0,00%	49,60%	89,90%
WFC	0,10%	0,00%	0,00%
Total	100%	100%	100%

Modelo Estocástico 1 con $\beta_p < 1$; $\sigma_p < 0,5$						
Acción	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Total
MMM	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AAPL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
JNJ	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
NKE	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
WMT	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AKRX	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
ABTL	-1,41%	2,55%	3,65%	3,03%	-3,35%	4,68%
DRRX	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PEGA	-0,26%	0,74%	-1,71%	2,91%	0,99%	2,68%
USEG	-12,08%	4,79%	1,48%	-5,08%	-4,21%	-15,10%
HAS	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
M	0,01%	0,02%	0,00%	0,01%	-0,01%	0,05%
MET	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
SBUX	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
WFC	-0,01%	0,00%	0,01%	-0,01%	0,00%	-0,01%
Total	-13,75%	8,11%	3,44%	0,86%	-6,36%	-7,70%

Figura 26: Resultados de retornos de modelo estocástico 1 con $\beta_p < 1$; $\sigma_p < 0,5$. Fuente: Elaboración propia.

Modelo Estocástico 2 con $\beta_p > 1$; $\sigma_p < 0,5$						
Acción	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Total
MMM	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AAPL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
JNJ	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
NKE	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
WMT	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AKRX	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
ABTL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
DRRX	-1,12%	9,34%	-3,02%	-3,69%	-4,35%	-2,84%
PEGA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
USEG	-3,89%	3,53%	1,09%	-3,74%	-3,09%	-11,10%
HAS	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
M	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
MET	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
SBUX	2,04%	0,80%	-1,41%	1,88%	-0,99%	1,44%
WFC	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Total	-7,97%	13,66%	-3,33%	-9,31%	-8,43%	-15,38%

Figura 27: Resultados de retornos de modelo estocástico 2 con $\beta_p > 1$; $\sigma_p < 0,5$. Fuente: Elaboración propia.

Modelo multiobjetivo Estocástico con $\beta_1^*, \beta_2^*, \beta_3^* < 1$; $\sigma_p < 0,5$						
Acción	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Total
MMM	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AAPL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
JNJ	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
NKE	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
WMT	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AKRX	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
ABTL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
DRRX	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PEGA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
USEG	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
HAS	-0,37%	-0,27%	0,06%	-0,30%	0,57%	-0,31%
M	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
MET	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
SBUX	3,69%	1,45%	-2,55%	-3,40%	-1,79%	-2,60%
WFC	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Total	3,32%	1,18%	-2,49%	-3,71%	-1,23%	-2,92%

Figura 28: Resultados de retornos de modelo multiobjetivo estocástico con $\beta_1^*, \beta_2^*, \beta_3^* < 1$; $\sigma_p < 0,5$. Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que estos resultados y adecuación de modelos fueron logrados gracias al software @risk de la empresa Palisade, en donde permitió testear las variables y asignarles aleatoriedad de acuerdo a distribuciones de frecuencia por medio del estudio de series de tiempo

nombradas en parte de sistema de ingeniería industrial aplicado a finanzas demostrando procesos de entrada y salida de datos a través de un flowchart descrito en sección 4.1.

5.3. Análisis de resultados y recomendación

- De acuerdo a los modelos determinísticos como se planteó en sección 5.2, estos carecen de aleatoriedad al momento de proyectar movimientos o tendencias, debido a que se toman muestras dentro de las cuales no podemos estar seguros de los movimientos que van a tomar. Por otro lado, de acuerdo a nuestros modelos estocásticos, estos garantizan una proyección mucho más fidedigna que los modelos determinísticos, ya que se garantiza la aleatoriedad de acuerdo a distribuciones, y estos como fueron testeados garantizan que en algún horizonte de tiempo van a alcanzar las rentabilidades máximas como se dieron a conocer en análisis de performances en capítulo de 5 de cada modelo estocástico.
- De acuerdo a la selección de activos, estos se evaluaron tanto a nivel determinísticos y nivel estocástico con softwares que permitieron brindar mejores resultados, pero se demostró que a nivel estocástico los resultados son de mayor profundidad de acuerdo a distribuciones y aleatoriedad acompañado con restricciones de cada modelo estocástico a maximizar. Cabe destacar que la restricción no lineal ayudo a controlar los movimientos de la volatilidad al momento de simular y optimizar, logrando así un mayor análisis y acotar de mayor forma la matriz de riesgo de cada modelo.
- Se logró aplicar la simulación de Monte Carlo en conjunto con las optimizaciones en donde se pudo comparar con resultados determinísticos que los modelos estocásticos al ser de mayor complejidad y requerimiento, estos brindan un análisis mayor de acuerdo a nuestros requerimientos.
- El segundo modelo basado en volatilidades múltiples se testeó a nivel determinístico y estocástico, en donde a nivel determinístico no logró los requerimientos necesarios, ya que no superó rentabilidades mayores a tasas libres de riesgo, pero muy por el contrario a nivel estocásticos los resultados mostraron que la rentabilidad supera a la tasa libre de riesgo, y testeando a rentabilidad acumulada, el modelo de volatilidades múltiples sirve para proteger de caídas o desplomes de bolsa garantizando una pérdida mínima.
- Como recomendación se requiere que las distribuciones se estén monitoreando cada semana y este acompañado de análisis fundamental el cual analiza la situación actual de cada acción involucrada en los portafolios para ir recalibrando los modelos determinísticos, y poder

llevarlos a nivel estocásticos una vez más y evitar sesgos y una acción inmediata de acuerdo a maximizar la ganancia.

- El sistema de ingeniería focalizada en gestión de operaciones financieras el cual recrea y optimiza los modelos estocásticos funciona de forma eficiente mostrando así que se puede lograr una recreación fidedigna para contribuir al área de inteligencia de negocios y gestión del riesgo financiero.



Capítulo 6:

Conclusiones:

En esta tesis, se crea una metodología que abarca un análisis en profundidad de los modelos determinísticos, a tal punto que testea la performance medida en diversos criterios en un periodo de tiempo dado, para culminar con simulaciones y optimizaciones mediante modelos estocásticos. Cabe mencionar que de acuerdo a los ciclos o series de tiempo a seleccionar que presentan los índices y las acciones, estos modelos cuantitativos deben adecuarse o reconstruirse de acuerdo al constante cambio financiero de los mercados bursátiles.

La eficiencia se caracterizó en dicho modelamiento estocástico, ya que al momento de testarlos solo bastaron 1000 réplicas para que cada modelo arrojara resultados, de los cuales se debieron filtrar para interpretar aquellos que reunieran las características necesarias de acuerdo a las restricciones.

Al momento de calcular las probabilidades de ocurrencia de acuerdo a los máximos rendimientos, se compararon las tasas libres de riesgo para demostrar que dicha investigación fue fidedigna, dando probabilidades realistas de acuerdo a los escenarios actuales. Sin embargo, al testear los modelos estocásticos, al momento del periodo de testeo de cuatro meses, estos dieron rentabilidades negativas. De esto se concluye que el mercado en si ha tenido una tendencia a la baja, pero dichos métodos hubiesen servido para reducir la perdida, con cual se puede concluir que, al agregar rentabilidad fija como medida adicional a los portafolios, se puede garantizar una rentabilidad adicional.

Cabe destacar que dicha investigación se aplicó a modo de prueba a solo tres índices y cinco acciones de cada índice dando un total de quince activos financiero. Al aplicar un mayor número de índices y activos a un computador personal, ya sea por la capacidad de procesamiento de datos o acceso a terminales privadas de información antes que estén publicadas de forma pública, retrasaría el análisis en un periodo determinado en qué el tiempo es de suma importancia y de cómo saber reaccionar de acuerdo a las tendencias de mercados.

Referencias:

- Markowitz, H., 1952. Portfolio selection. *The Journal of Finance* 7, 1, 77–91.
- Edelheim, J., 2007. Effective Use of Simulations in Hospitality Management Education - A Case Study. *The Journal of Hospitality Leisure Sport and Tourism*, 6(1), pp.18–28.
- Xidonas, P., Askounis, D., Psarras, J., 2009. Common stock portfolio selection: A multiple criteria decision making methodology and an application to the Athens stock exchange. *Operation Research International Journal* 9, 55–79.
- Anagnostopoulos, K.P., Mamanis, G., 2010. A portfolio optimization model with three objectives and discrete variables. *Computers & Operations Research* 37, 1285–1297.
- Steuer, R., Qi, Y., Hirschberger, M., 2007. Suitable-portfolio investors, nondominated frontier sensitivity, the effect of multiple objectives on standard portfolio selection. *Annals of Operations Research* 152, 297–317.
- Zienos, S.A., Ziemba, W.T., 2006. *Handbook of Asset and Liability Management*. Elsevier, Amsterdam.
- Kagan, A., Shepp, L.A., 1998. Why the variance? *Statistics and Probability Letters* 38, 4, 329–333.
- Sharpe, W., 1964. Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance* 19, 425–442.
- Lintner, J., 1965. The valuation of risky assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. *Review of Economics and Statistics* 47, 13–37.
- Bilbao, A., Arenas, M., Jiménez, M., Perez Gladishl, B., Rodríguez, M.V., 2006. An extension of Sharpe's single-index model: portfolio selection with expert Betas. *The Journal of the Operational Research Society* 57, 12, 1442–1451.
- Chen, C.A., 1982. Time series analysis of Beta stationarity and its determinants: a case of public utilities. *Financial Management* 11, 3, 64–70.
- McDonald, B., 1985. Estimating market model Betas: a comparison of random coefficient methods and their ability to correctly identify random variation. *Management Science* 31, 11, 1403–1408.

Kim, M.K., Zumwalt, J.K., 1979. An analysis of risk in bull and bear markets. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis* 14, 5, 1015–1025.

Blavatsky, P., 2008. Risk Aversion, Institute for Empirical Research in Economics, University of Zurich. Working paper number 370. Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1128106>. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1128106>.

Mitchell, M., Pulvino, T., 2001. Characteristics of risk and return in risk arbitrage. *The Journal of Finance* 56, 6, 2135–2176.

Aparicio, F., Estrada, J. 1997. Empirical distributions of stock returns: Scandinavian securities markets, 1990-95. <http://www.researchgate.com>.

Janakiraman, Sudaraman 2011. *Derivates and Risk Management*. Pearson education. 391.



Anexo 1: Resultados estadísticos de distribución de índices y activos

- Índice Dow Jones Industrial Average

Momentos			
N	1612	Sumar pesos	1612
Media	0.00032205	Observ suma	0.51913945
Desviación std	0.00929908	Varianza	0.00008647
Asimetría	-0.3627162	Curtosis	3.34915876
SC no corregida	0.13947502	SC corregida	0.13930783
Coef. variación	2887.49339	Media error std	0.00023161

Medidas estadísticas básicas			
Ubicación		Variabilidad	
Media	0.000322	Desviación std	0.00930
Mediana	0.000535	Varianza	0.0000865
Moda	0.000000	Rango	0.09859
		Rango intercuartil	0.00921

Tests para posición: $\mu_0=0$				
Test	Estadístico		p valor	
T de Student	T	1.39047	Pr > t 	0.1646
Signo	M	63	Pr >= M 	0.0018
Rango con signo	S	50967.5	Pr >= S 	0.0063

Cuantiles (Definición 5)	
Nivel	Cuantil
100% Máx	0.041533325
99%	0.024384091
95%	0.014294870
90%	0.010958910
75% Q3	0.005110149
50% Mediana	0.000534846
25% Q1	-0.004096759
10%	-0.010502512
5%	-0.015210437

Cuantiles (Definición 5)	
Nivel	Cuantil
1%	-0.025251686
0% Mín	-0.057061121

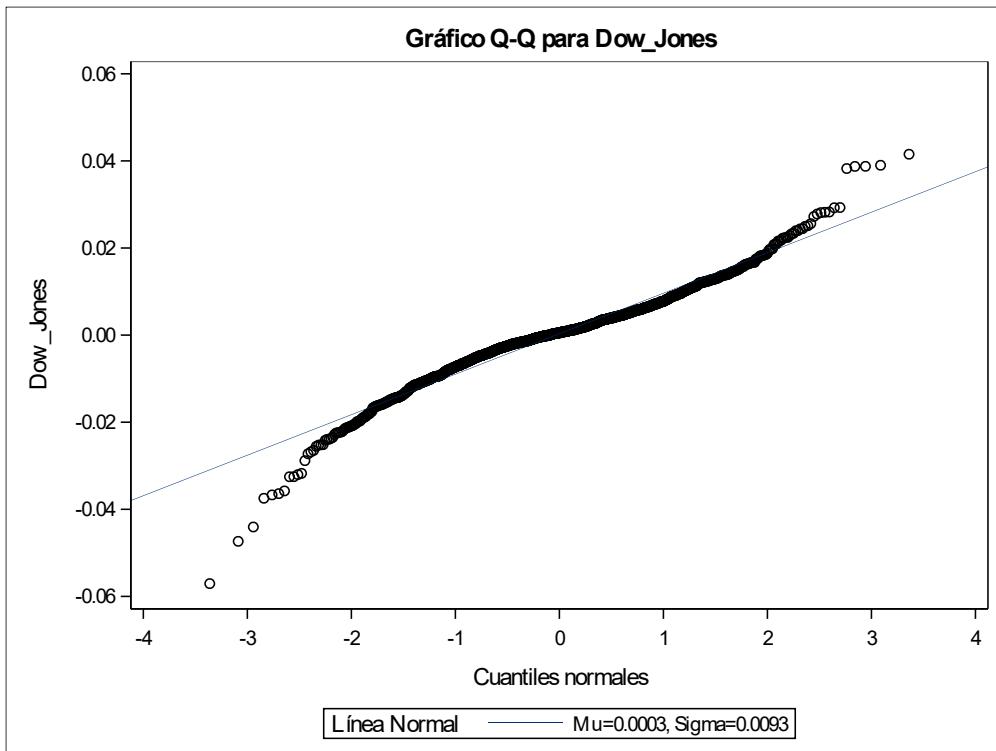
Observaciones extremas			
Inferior		Superior	
Valor	Observación	Valor	Observación
-0.0570611	402	0.0382470	87
-0.0473528	404	0.0387338	405
-0.0440584	400	0.0387549	1421
-0.0374700	410	0.0390006	403
-0.0367000	95	0.0415333	482

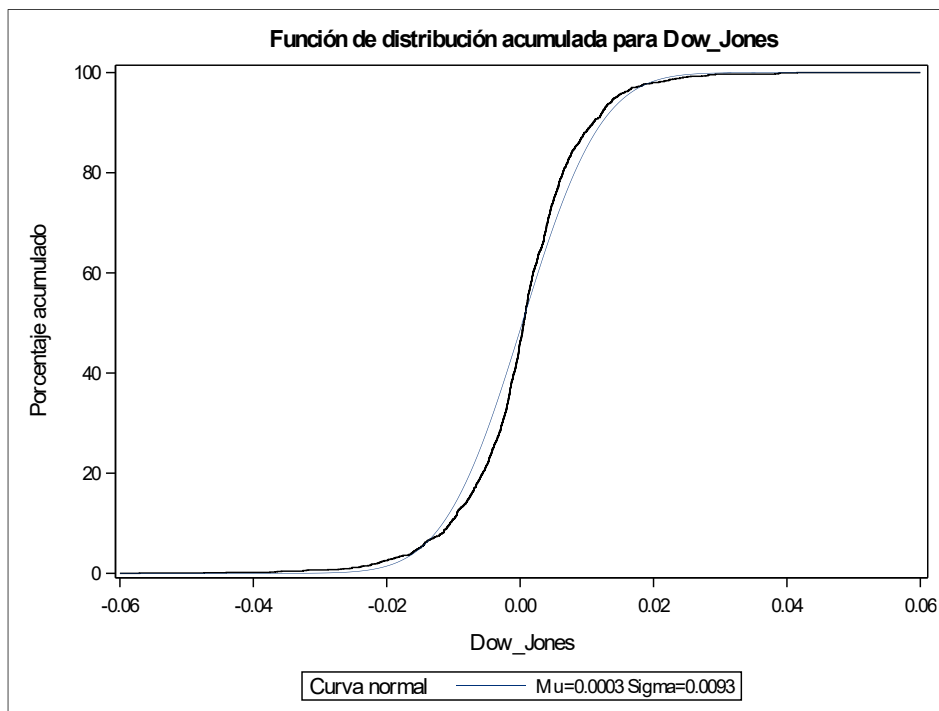
Parámetros para distribución Normal		
Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	Mu	0.000322
Desv std	Sigma	0.009299

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal				
Test	Estadístico		p valor	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.0776695	Pr > D	<0.010
Cramer-von Mises	W-Sq	2.9871184	Pr > W-Sq	<0.005
Anderson-Darling	A-Sq	16.1587094	Pr > A-Sq	<0.005

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
1.0	-0.02525	-0.02131
5.0	-0.01521	-0.01497
10.0	-0.01050	-0.01160
25.0	-0.00410	-0.00595

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
50.0	0.00053	0.00032
75.0	0.00511	0.00659
90.0	0.01096	0.01224
95.0	0.01429	0.01562
99.0	0.02438	0.02195





- 3M

Momentos			
N	1612	Sumar pesos	1612
Media	0.00052729	Observ suma	0.84999098
Desviación std	0.01191643	Varianza	0.000142
Asimetría	-0.4856559	Curtosis	3.85264326
SC no corregida	0.22921247	SC corregida	0.22876428
Coef. variación	2259.94077	Media error std	0.0002968

Medidas estadísticas básicas			
Ubicación		Variabilidad	
Media	0.000527	Desviación std	0.01192
Mediana	0.000728	Varianza	0.0001420
Moda	0.000000	Rango	0.12002
		Rango intercuartil	0.01179

Tests para posición: $\mu_0=0$				
Test	Estadístico		p valor	
T de Student	T	1.776583	Pr > t	0.0758
Signo	M	61	Pr >= M	0.0025
Rango con signo	S	59613.5	Pr >= S	0.0013

Cuantiles (Definición 5)	
Nivel	Cuantil
100% Máx	0.055433085
99%	0.031392402
95%	0.018660432
90%	0.013563341
75% Q3	0.006883669
50% Mediana	0.000728057
25% Q1	-0.004906601
10%	-0.012359941

Cuantiles (Definición 5)	
Nivel	Cuantil
5%	-0.018417777
1%	-0.035765769
0% Mín	-0.064587188

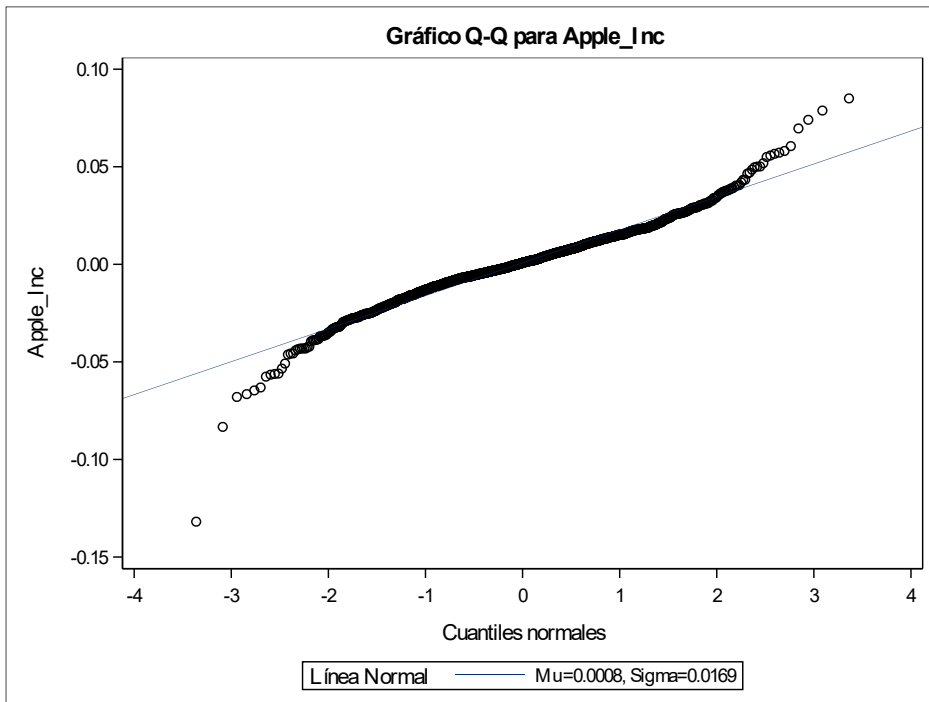
Observaciones extremas			
Inferior		Superior	
Valor	Observación	Valor	Observación
-0.0645872	457	0.0429644	1210
-0.0621602	1498	0.0480254	482
-0.0604379	207	0.0508543	403
-0.0555819	393	0.0510824	1525
-0.0554455	404	0.0554331	459

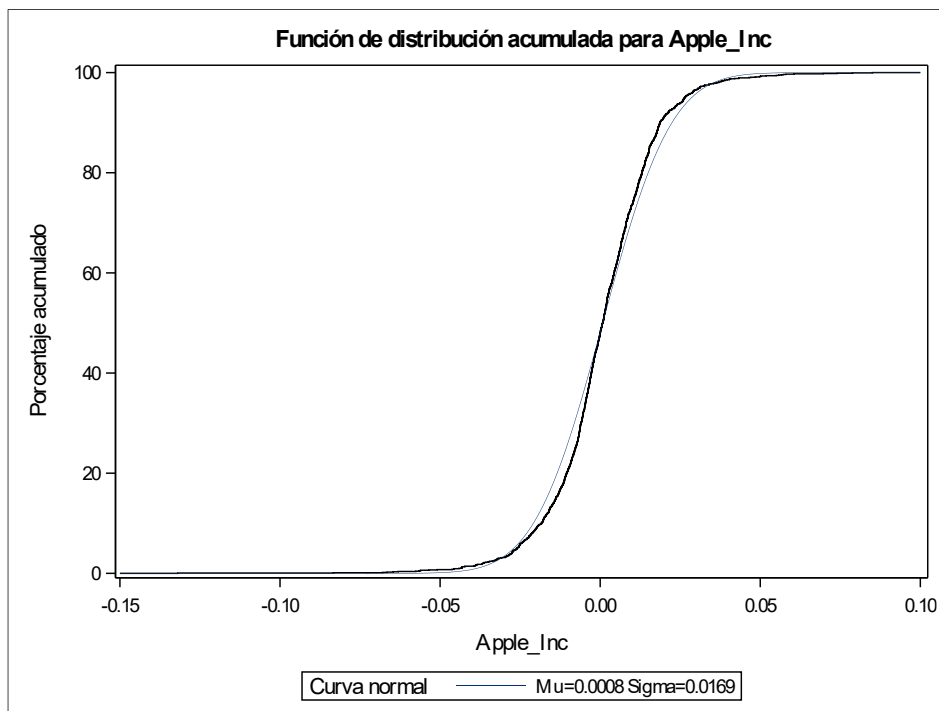
Parámetros para distribución Normal		
Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	Mu	0.000527
Desv std	Sigma	0.011916

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal				
Test	Estadístico		p valor	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.0773401	Pr > D	<0.010
Cramer-von Mises	W-Sq	2.9796143	Pr > W-Sq	<0.005
Anderson-Darling	A-Sq	17.6325778	Pr > A-Sq	<0.005

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
1.0	-0.03577	-0.02719
5.0	-0.01842	-0.01907

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
10.0	-0.01236	-0.01474
25.0	-0.00491	-0.00751
50.0	0.00073	0.00053
75.0	0.00688	0.00856
90.0	0.01356	0.01580
95.0	0.01866	0.02013
99.0	0.03139	0.02825





- Johnson

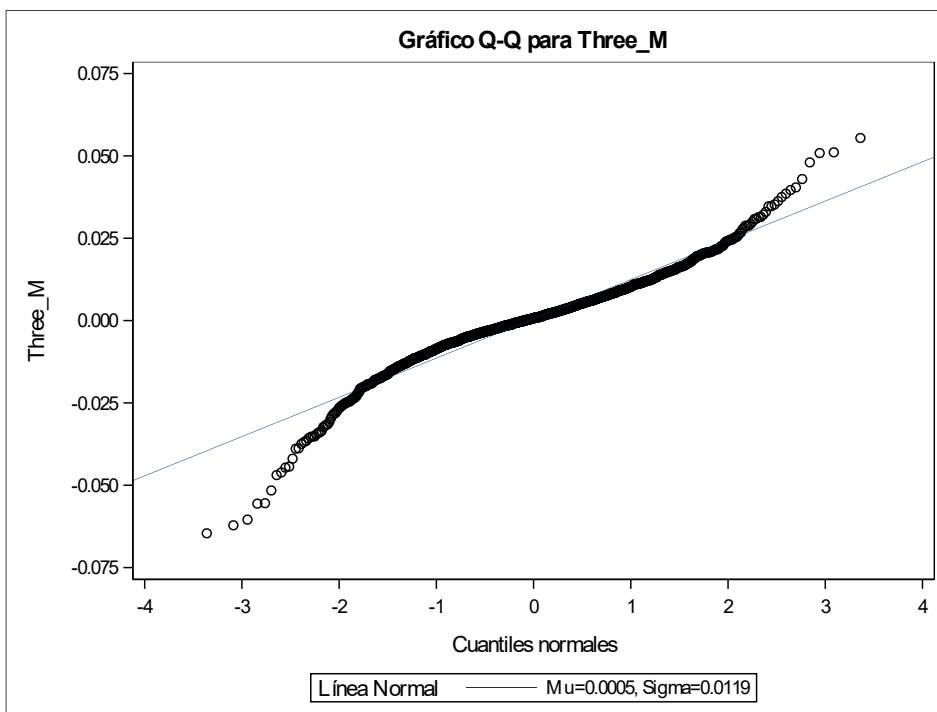
Momentos			
N	1612	Sumar pesos	1612
Media	0.00045972	Observ suma	0.74106637
Desviación std	0.00893244	Varianza	0.00007979
Asimetría	0.1225455	Curtosis	2.55156981
SC no corregida	0.12887999	SC corregida	0.12853931
Coef. Variación	1943.02387	Media error std	0.00022248

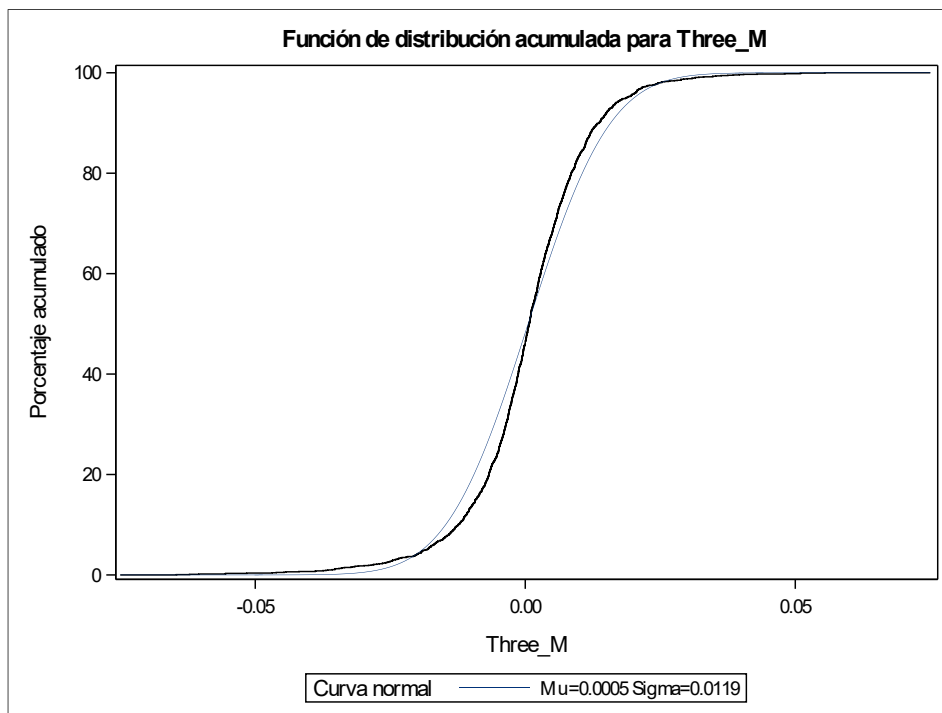
Medidas estadísticas básicas			
Ubicación		Variabilidad	
Media	0.000460	Desviación std	0.00893
Mediana	0.000298	Varianza	0.0000798
Moda	0.000000	Rango	0.08530
		Rango intercuartil	0.00951

Tests para posición: $\mu_0=0$				
Test	Estadístico	p valor		
T de Student	T	2.066352	Pr > t 	0.0390
Signo	M	35	Pr >= M 	0.0839
Rango con signo	S	45524.5	Pr >= S 	0.0132

Cuantiles (Definición 5)	
Nivel	Cuantil
100% Máx	0.052422188
99%	0.022490381
95%	0.014785177
90%	0.010793937
75% Q3	0.005453690
50% Mediana	0.000297504
25% Q1	-0.004060079
10%	-0.010101045
5%	-0.014530013
1%	-0.025071162
0% Mín	-0.032873248

Observaciones extremas			
Inferior		Superior	
Valor	Observación	Valor	Observación
-0.0328732	1533	0.0304338	482
-0.0326826	404	0.0362200	326
-0.0298885	105	0.0471460	1421
-0.0291624	1510	0.0483949	1525
-0.0290922	1419	0.0524222	405





- Apple Inc.

Momentos			
N	1612	Sumar pesos	1612
Media	0.0007759	Observ suma	1.2507582
Desviación std	0.01688558	Varianza	0.00028512
Asimetría	-0.3091703	Curtosis	4.51986796
SC no corregida	0.46030319	SC corregida	0.45933272
Coef. variación	2176.24406	Media error std	0.00042057

Medidas estadísticas básicas			
Ubicación		Variabilidad	
Media	0.000776	Desviación std	0.01689
Mediana	0.000785	Varianza	0.0002851
Moda	.	Rango	0.21691
		Rango intercuartil	0.01840

Tests para posición: $\mu_0=0$				
Test	Estadístico		p valor	
T de Student	T	1.844909	Pr > t 	0.0652
Signo	M	32.5	Pr >= M 	0.1108
Rango con signo	S	47149	Pr >= S 	0.0115

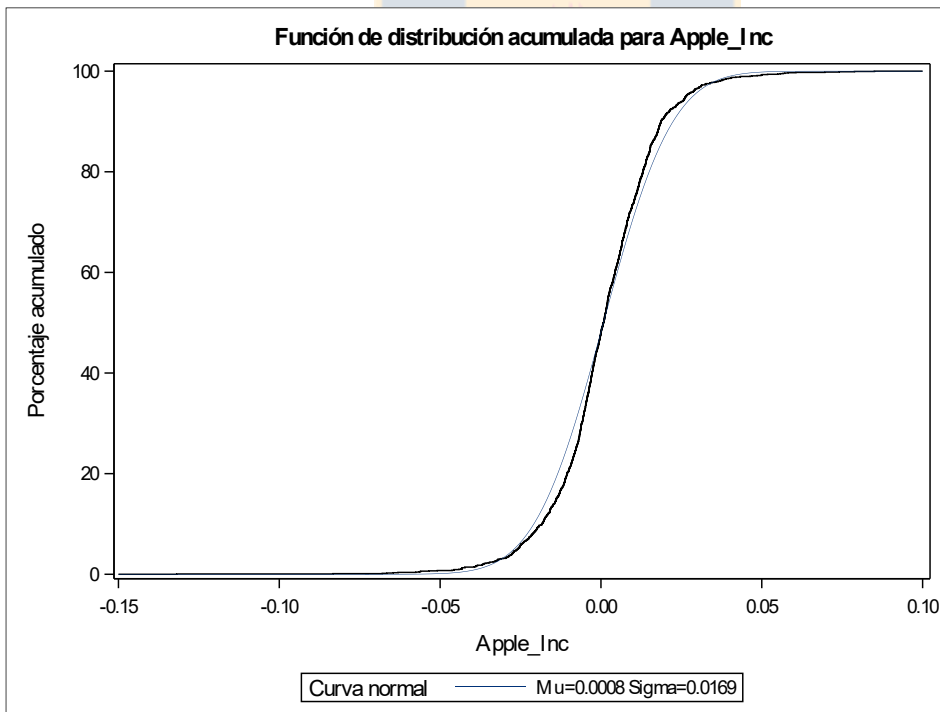
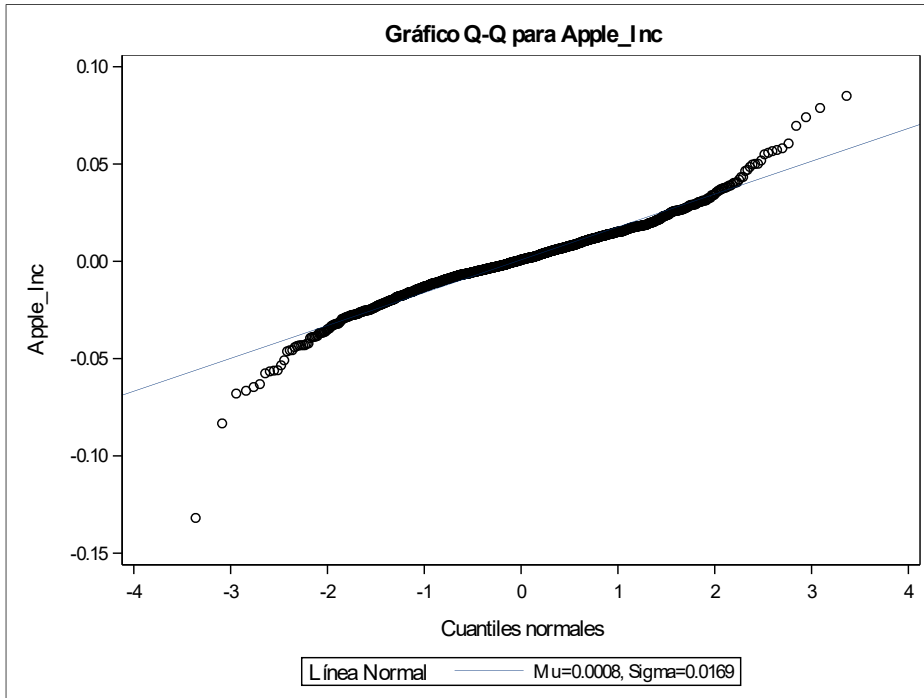
Cuantiles (Definición 5)	
Nivel	Cuantil
100% Máx	0.085022320
99%	0.046427533
95%	0.026383280
90%	0.018626580
75% Q3	0.010661041
50% Mediana	0.000784612
25% Q1	-0.007734147
10%	-0.018344773
5%	-0.025905839
1%	-0.043537040
0% Mín	-0.131884700

Observaciones extremas			
Inferior		Superior	
Valor	Observación	Valor	Observación
-0.1318847	769	0.0605673	519
-0.0833027	1023	0.0696269	725
-0.0679647	1526	0.0740565	87
-0.0665213	736	0.0787944	1083
-0.0646216	1589	0.0850223	582

Parámetros para distribución Normal		
Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	Mu	0.00046
Desv std	Sigma	0.008932

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal				
Test	Estadístico		p valor	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.05905314	Pr > D	<0.010
Cramer-von Mises	W-Sq	1.66977100	Pr > W-Sq	<0.005
Anderson-Darling	A-Sq	9.79547600	Pr > A-Sq	<0.005

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
1.0	-0.02507	-0.02032
5.0	-0.01453	-0.01423
10.0	-0.01010	-0.01099
25.0	-0.00406	-0.00557
50.0	0.00030	0.00046
75.0	0.00545	0.00648
90.0	0.01079	0.01191
95.0	0.01479	0.01515
99.0	0.02249	0.02124



- Johnson

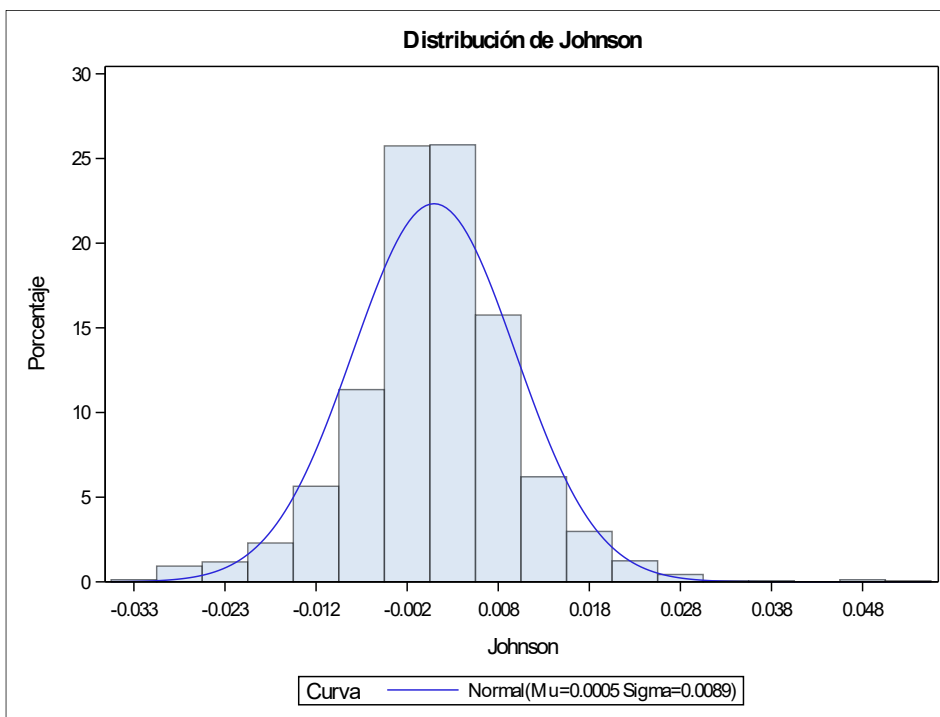
Momentos			
N	1612	Sumar pesos	1612
Media	0.00045972	Observ suma	0.74106637
Desviación std	0.00893244	Varianza	0.00007979
Asimetría	0.1225455	Curtosis	2.55156981
SC no corregida	0.12887999	SC corregida	0.12853931
Coef. variación	1943.02387	Media error std	0.00022248

Medidas estadísticas básicas			
Ubicación		Variabilidad	
Media	0.000460	Desviación std	0.00893
Mediana	0.000298	Varianza	0.0000798
Moda	0.000000	Rango	0.08530
		Rango intercuartil	0.00951

Tests para posición: $\mu_0=0$				
Test	Estadístico	p valor		
T de Student	T	2.066352	Pr > t 	0.0390
Signo	M	35	Pr >= M 	0.0839
Rango con signo	S	45524.5	Pr >= S 	0.0132

Cuantiles (Definición 5)	
Nivel	Cuantil
100% Máx	0.052422188
99%	0.022490381
95%	0.014785177
90%	0.010793937
75% Q3	0.005453690
50% Mediana	0.000297504
25% Q1	-0.004060079
10%	-0.010101045
5%	-0.014530013
1%	-0.025071162
0% Mín	-0.032873248

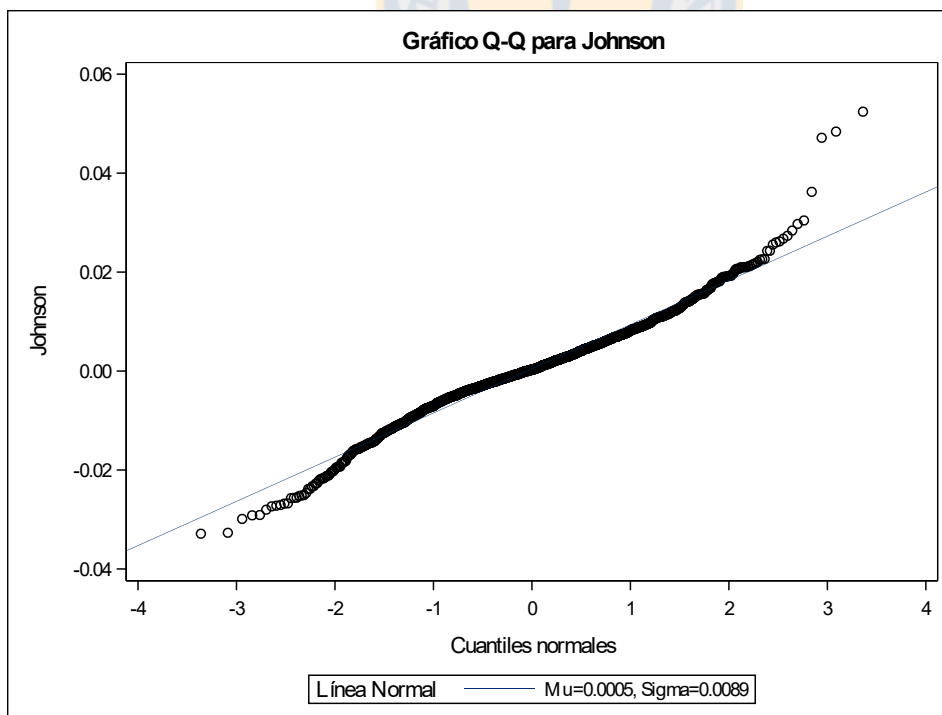
Observaciones extremas			
Inferior		Superior	
Valor	Observación	Valor	Observación
-0.0328732	1533	0.0304338	482
-0.0326826	404	0.0362200	326
-0.0298885	105	0.0471460	1421
-0.0291624	1510	0.0483949	1525
-0.0290922	1419	0.0524222	405

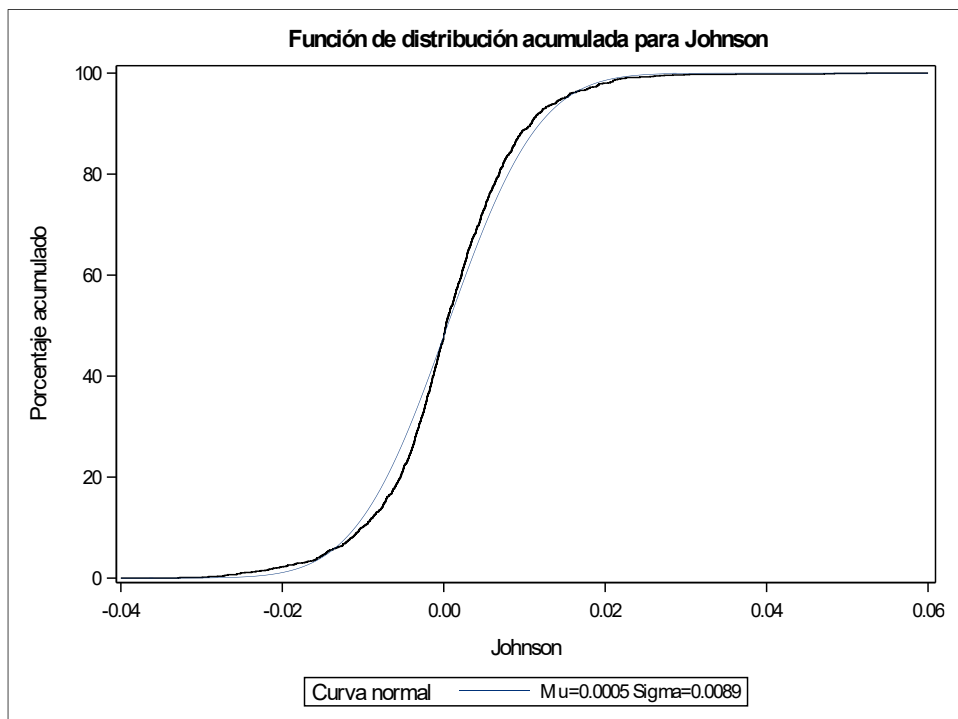


Parámetros para distribución Normal		
Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	μ	0.00046
Desv std	σ	0.008932

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal				
Test	Estadístico		p valor	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.05905314	Pr > D	<0.010
Cramer-von Mises	W-Sq	1.66977100	Pr > W-Sq	<0.005
Anderson-Darling	A-Sq	9.79547600	Pr > A-Sq	<0.005

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
1.0	-0.02507	-0.02032
5.0	-0.01453	-0.01423
10.0	-0.01010	-0.01099
25.0	-0.00406	-0.00557
50.0	0.00030	0.00046
75.0	0.00545	0.00648
90.0	0.01079	0.01191
95.0	0.01479	0.01515
99.0	0.02249	0.02124





- Nike

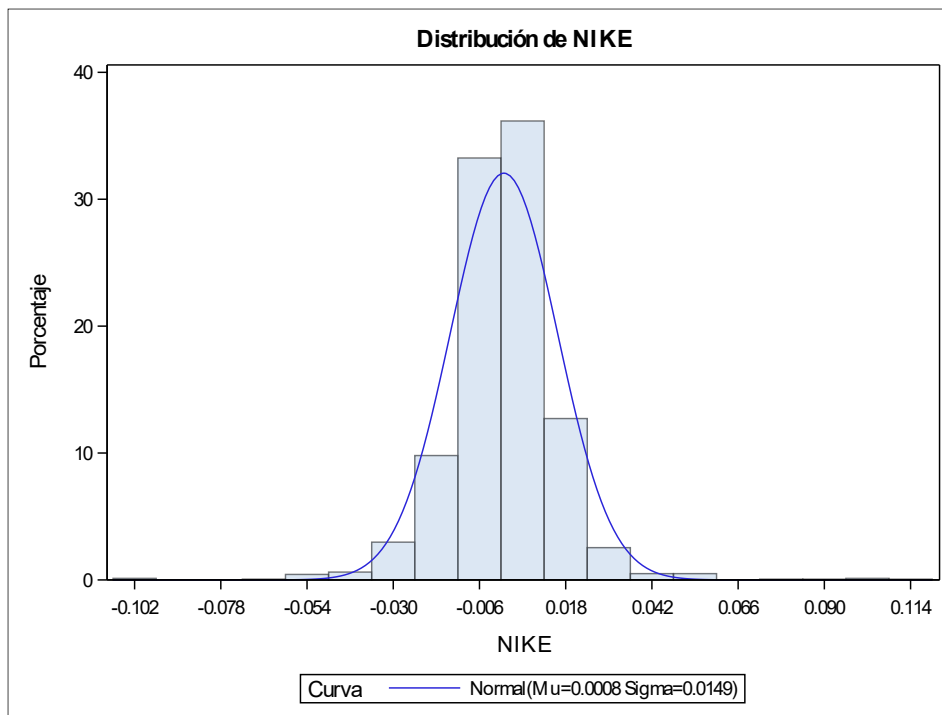
Momentos			
N	1612	Sumar pesos	1612
Media	0.00080528	Observ suma	1.29811593
Desviación std	0.01493428	Varianza	0.00022303
Asimetría	0.37150463	Curtosis	8.73818129
SC no corregida	0.36035101	SC corregida	0.35930566
Coef. variación	1854.53834	Media error std	0.00037196

Medidas estadísticas básicas			
Ubicación		Variabilidad	
Media	0.000805	Desviación std	0.01493
Mediana	0.000824	Varianza	0.0002230
Moda	0.000000	Rango	0.21408
		Rango intercuartil	0.01483

Tests para posición: $\mu_0=0$				
Test	Estadístico	p valor		
T de Student	T	2.164944	Pr > t 	0.0305
Signo	M	42	Pr >= M 	0.0384
Rango con signo	S	49985	Pr >= S 	0.0072

Cuantiles (Definición 5)	
Nivel	Cuantil
100% Máx	0.115341887
99%	0.041787106
95%	0.021768708
90%	0.016733991
75% Q3	0.008349726
50% Mediana	0.000823983
25% Q1	-0.006483839
10%	-0.015367728
5%	-0.022688461
1%	-0.038641584
0% Mín	-0.098742636

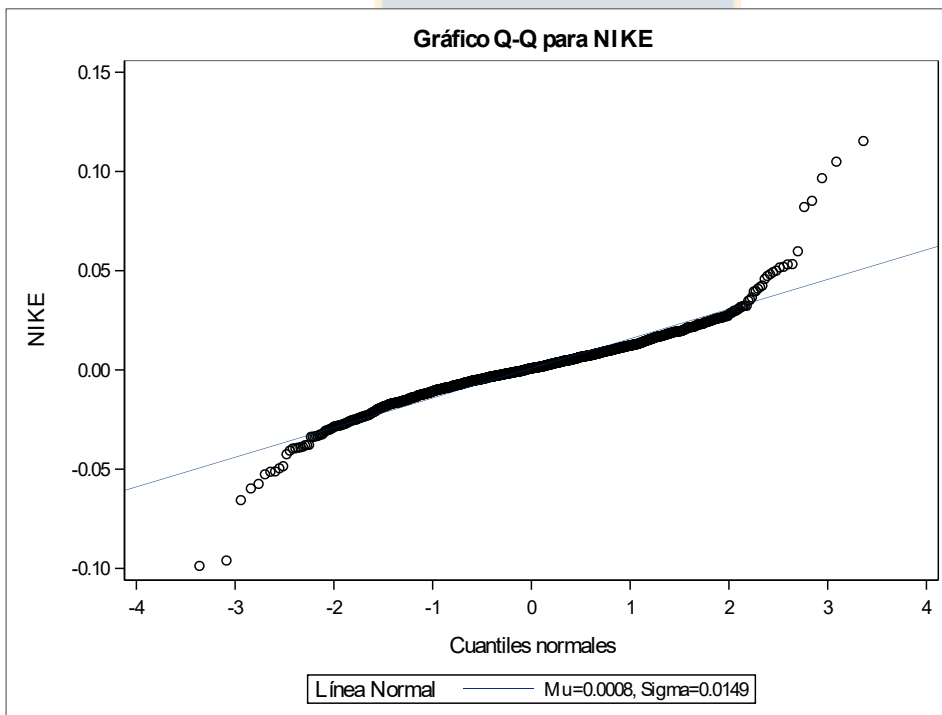
Observaciones extremas			
Inferior		Superior	
Valor	Observación	Valor	Observación
-0.0987426	628	0.0820779	87
-0.0960248	304	0.0852094	1442
-0.0656109	400	0.0966236	374
-0.0597110	245	0.1049313	809
-0.0574179	402	0.1153419	1191

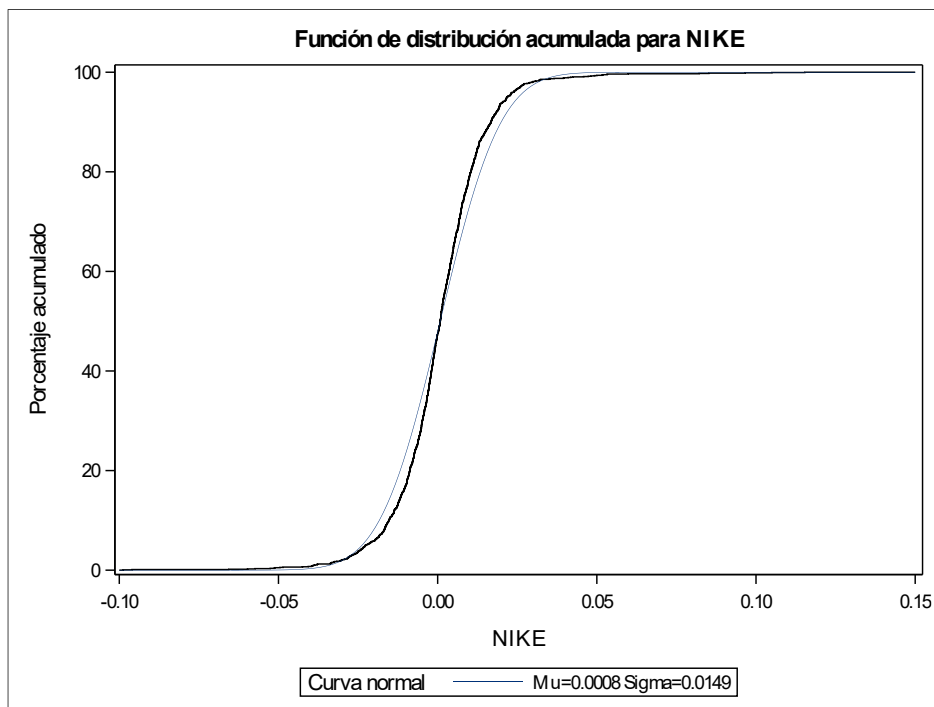


Parámetros para distribución Normal		
Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	Mu	0.000805
Desv std	Sigma	0.014934

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal				
Test	Estadístico		p valor	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.0668065	Pr > D	<0.010
Cramer-von Mises	W-Sq	2.9880343	Pr > W-Sq	<0.005
Anderson-Darling	A-Sq	18.3433663	Pr > A-Sq	<0.005

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
1.0	-0.03864	-0.03394
5.0	-0.02269	-0.02376
10.0	-0.01537	-0.01833
25.0	-0.00648	-0.00927
50.0	0.00082	0.00081
75.0	0.00835	0.01088
90.0	0.01673	0.01994
95.0	0.02177	0.02537
99.0	0.04179	0.03555





- Wal-Mart

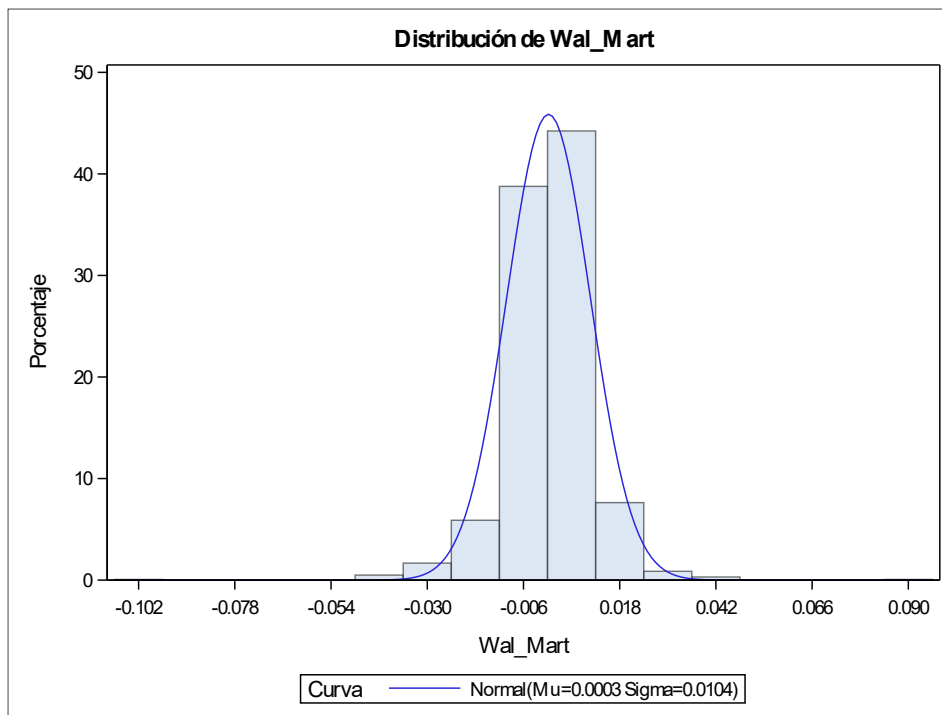
Momentos			
N	1612	Sumar pesos	1612
Media	0.00025345	Observ suma	0.4085623
Desviación std	0.01043791	Varianza	0.00010895
Asimetría	-0.505257	Curtosis	11.7740387
SC no corregida	0.17562181	SC corregida	0.17551826
Coef. variación	4118.32038	Media error std	0.00025997

Medidas estadísticas básicas			
Ubicación		Variabilidad	
Media	0.000253	Desviación std	0.01044
Mediana	0.000513	Varianza	0.0001089
Moda	0.000000	Rango	0.19730
		Rango intercuartil	0.01074

Tests para posición: $\mu_0=0$				
Test		Estadístico	p valor	
T de Student	T	0.974905	Pr > t 	0.3298
Signo	M	43.5	Pr >= M 	0.0315
Rango con signo	S	38467	Pr >= S 	0.0372

Cuantiles (Definición 5)	
Nivel	Cuantil
100% Máx	0.091487939
99%	0.025375418
95%	0.015192637
90%	0.011272275
75% Q3	0.005746748
50% Mediana	0.000512864
25% Q1	-0.004994060
10%	-0.010505865
5%	-0.015475393
1%	-0.030563657
0% Mín	-0.105810256

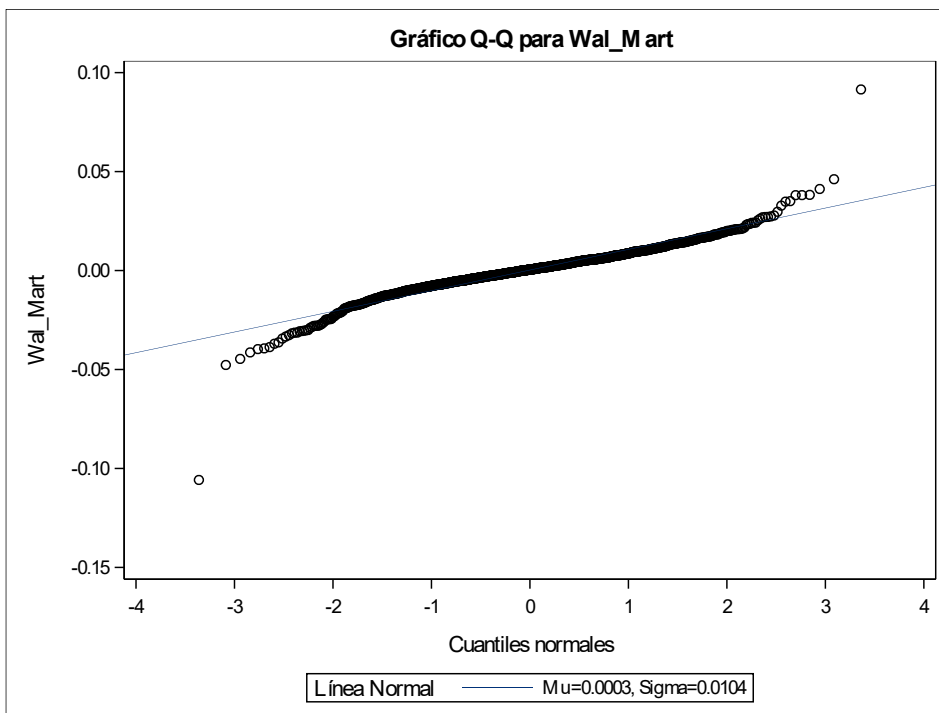
Observaciones extremas			
Inferior		Superior	
Valor	Observación	Valor	Observación
-0.1058103	1455	0.0381037	403
-0.0477179	580	0.0382329	1429
-0.0446508	1352	0.0412072	598
-0.0413754	404	0.0461412	1225
-0.0397017	1419	0.0914879	1605

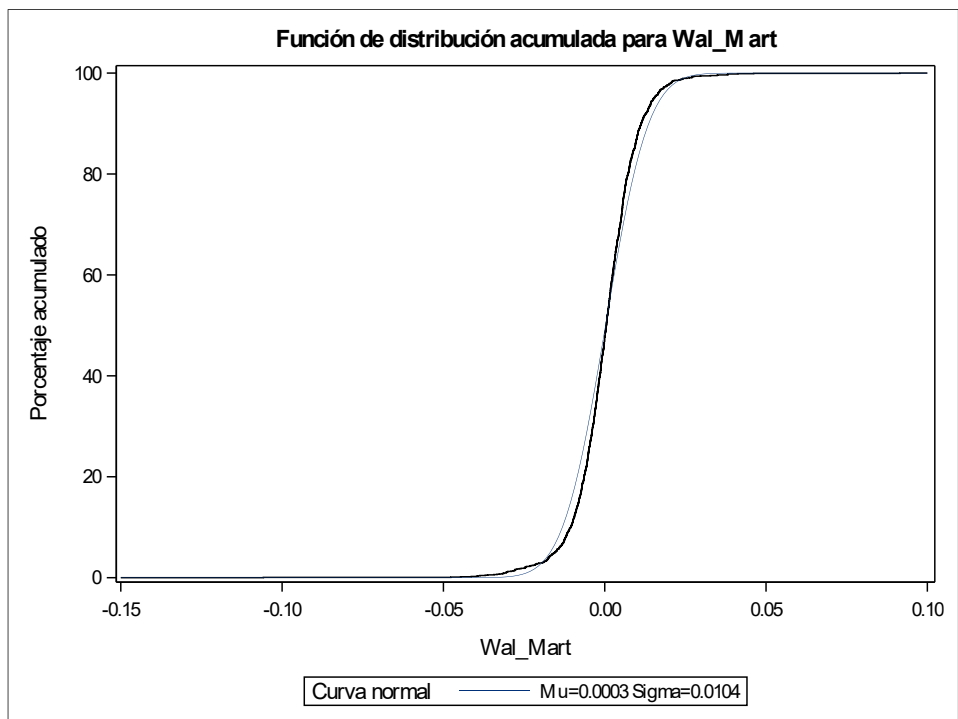


Parámetros para distribución Normal		
Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	Mu	0.000253
Desv std	Sigma	0.010438

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal				
Test	Estadístico		p valor	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.0664662	Pr > D	<0.010
Cramer-von Mises	W-Sq	2.6360785	Pr > W-Sq	<0.005
Anderson-Darling	A-Sq	16.6944824	Pr > A-Sq	<0.005

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
1.0	-0.03056	-0.02403
5.0	-0.01548	-0.01692
10.0	-0.01051	-0.01312
25.0	-0.00499	-0.00679
50.0	0.00051	0.00025
75.0	0.00575	0.00729
90.0	0.01127	0.01363
95.0	0.01519	0.01742
99.0	0.02538	0.02454





- Índice NASDAQ Composite y acciones

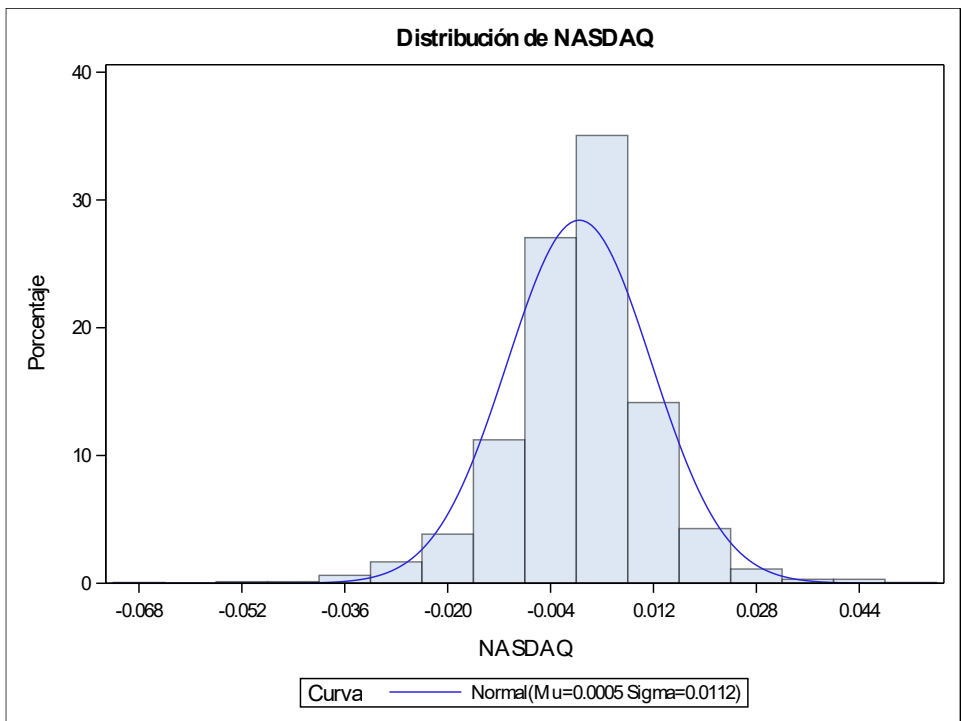
Momentos			
N	1612	Sumar pesos	1612
Media	0.00047297	Observ suma	0.76243025
Desviación std	0.0112307	Varianza	0.00012613
Asimetría	-0.3937761	Curtosis	3.11068711
SC no corregida	0.20355368	SC corregida	0.20319307
Coef. Variación	2374.49684	Media error std	0.00027972

Medidas estadísticas básicas			
Ubicación		Variabilidad	
Media	0.000473	Desviación std	0.01123
Mediana	0.000920	Varianza	0.0001261
Moda	.	Rango	0.12308
		Rango intercuartil	0.01130

Tests para posición: $\mu_0=0$				
Test	Estadístico		p valor	
T de Student	t	1.690873	Pr > t 	0.0911
Signo	M	85	Pr >= M 	<.0001
Rango con signo	S	62771.5	Pr >= S 	0.0008

Cuantiles (Definición 5)	
Nivel	Cuantil
100% Máx	0.051591880
99%	0.029278232
95%	0.017542667
90%	0.012862636
75% Q3	0.006678643
50% Mediana	0.000919615
25% Q1	-0.004623278
10%	-0.012788751
5%	-0.018596673
1%	-0.031512595
0% Mín	-0.071489083

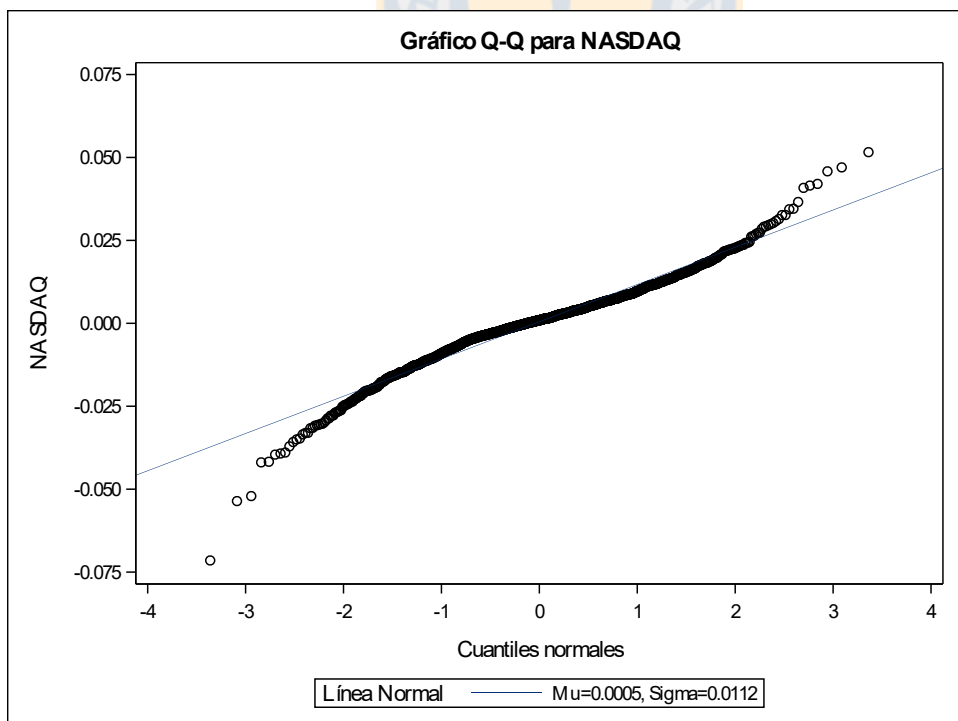
Observaciones extremas			
Inferior		Superior	
Valor	Observación	Valor	Observación
-0.0714891	402	0.0415203	1421
-0.0535911	410	0.0420312	413
-0.0520858	400	0.0458168	405
-0.0419218	95	0.0470012	87
-0.0417326	404	0.0515919	403

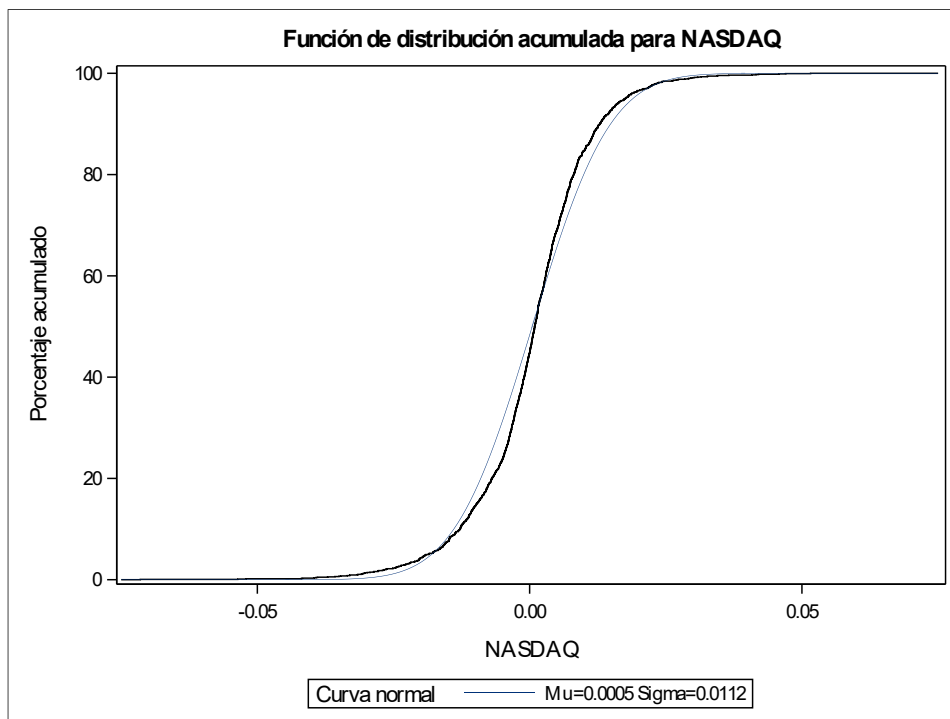


Parámetros para distribución Normal		
Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	Mu	0.000473
Desv std	Sigma	0.011231

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal				
Test	Estadístico		p valor	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.0777151	Pr > D	<0.010
Cramer-von Mises	W-Sq	2.6157960	Pr > W-Sq	<0.005
Anderson-Darling	A-Sq	14.4279521	Pr > A-Sq	<0.005

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
1.0	-0.03151	-0.02565
5.0	-0.01860	-0.01800
10.0	-0.01279	-0.01392
25.0	-0.00462	-0.00710
50.0	0.00092	0.00047
75.0	0.00668	0.00805
90.0	0.01286	0.01487
95.0	0.01754	0.01895
99.0	0.02928	0.02660





- Akorn

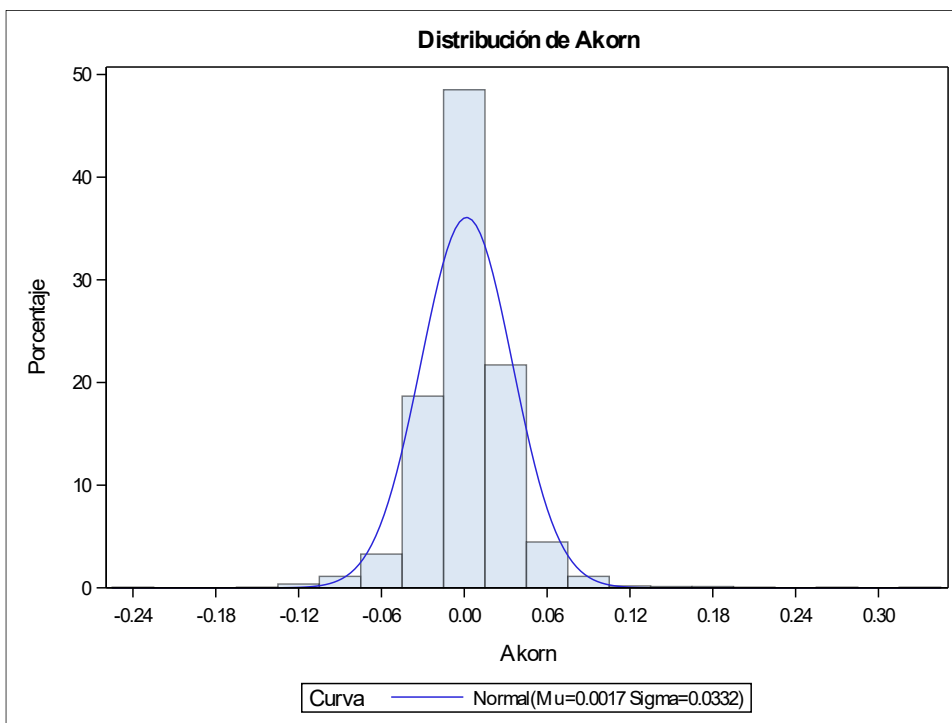
Momentos			
N	1612	Sumar pesos	1612
Media	0.00171935	Observ suma	2.77158551
Desviación std	0.0331816	Varianza	0.00110102
Asimetría	0.93019415	Curtosis	13.555513
SC no corregida	1.77850611	SC corregida	1.7737408
Coef. variación	1929.89669	Media error std	0.00082645

Medidas estadísticas básicas			
Ubicación		Variabilidad	
Media	0.001719	Desviación std	0.03318
Mediana	0.000000	Varianza	0.00110
Moda	0.000000	Rango	0.58890
		Rango intercuartil	0.03152

Tests para posición: $\mu_0=0$				
Test	Estadístico		p valor	
T de Student	t	2.080408	Pr > t 	0.0376
Signo	M	16.5	Pr >= M 	0.4204
Rango con signo	S	35280	Pr >= S 	0.0511

Cuantiles (Definición 5)	
Nivel	Cuantil
100% Máx	0.3407367
99%	0.0910564
95%	0.0485840
90%	0.0357672
75% Q3	0.0175376
50% Mediana	0.0000000
25% Q1	-0.0139862
10%	-0.0317992
5%	-0.0441630
1%	-0.0903630
0% Mín	-0.2481644

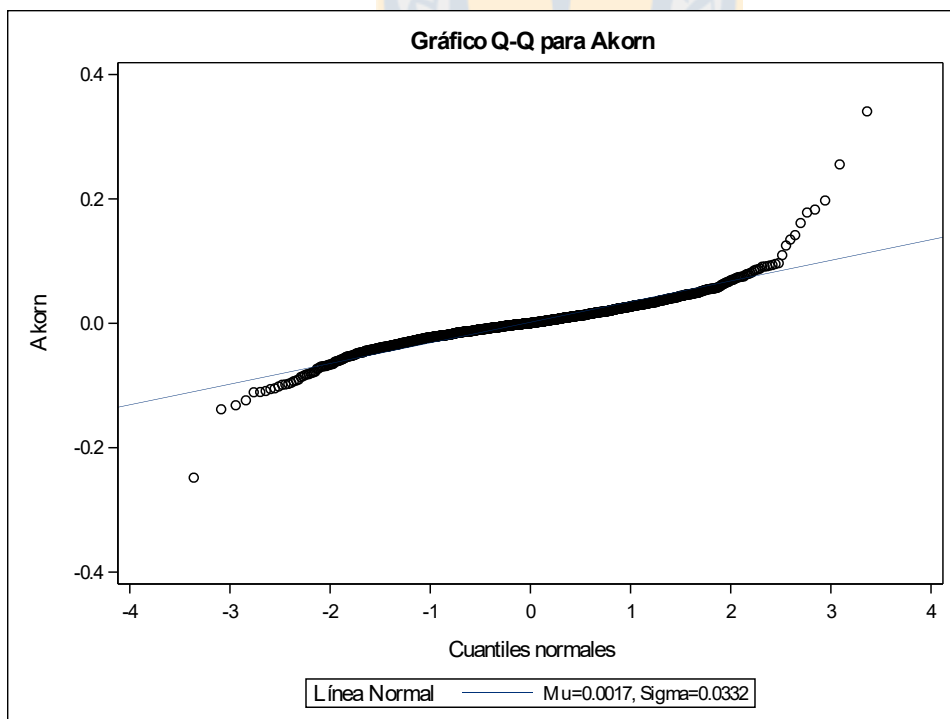
Observaciones extremas			
Inferior		Superior	
Valor	Observación	Valor	Observación
-0.248164	1336	0.178120	73
-0.138223	1461	0.182835	1598
-0.131769	1303	0.197465	70
-0.123801	1516	0.255479	83
-0.110852	547	0.340737	1564

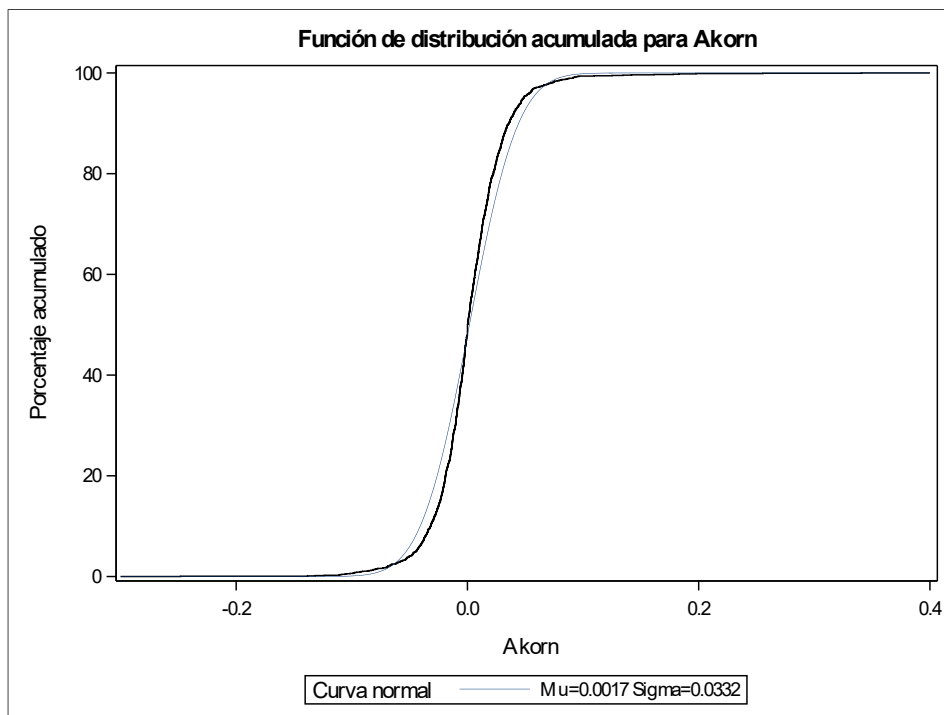


Parámetros para distribución Normal		
Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	Mu	0.001719
Desv std	Sigma	0.033182

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal				
Test	Estadístico		p valor	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.0751042	Pr > D	<0.010
Cramer-von Mises	W-Sq	4.0789041	Pr > W-Sq	<0.005
Anderson-Darling	A-Sq	24.3695180	Pr > A-Sq	<0.005

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
1.0	-0.09036	-0.07547
5.0	-0.04416	-0.05286
10.0	-0.03180	-0.04080
25.0	-0.01399	-0.02066
50.0	0.00000	0.00172
75.0	0.01754	0.02410
90.0	0.03577	0.04424
95.0	0.04858	0.05630
99.0	0.09106	0.07891





- Autobel

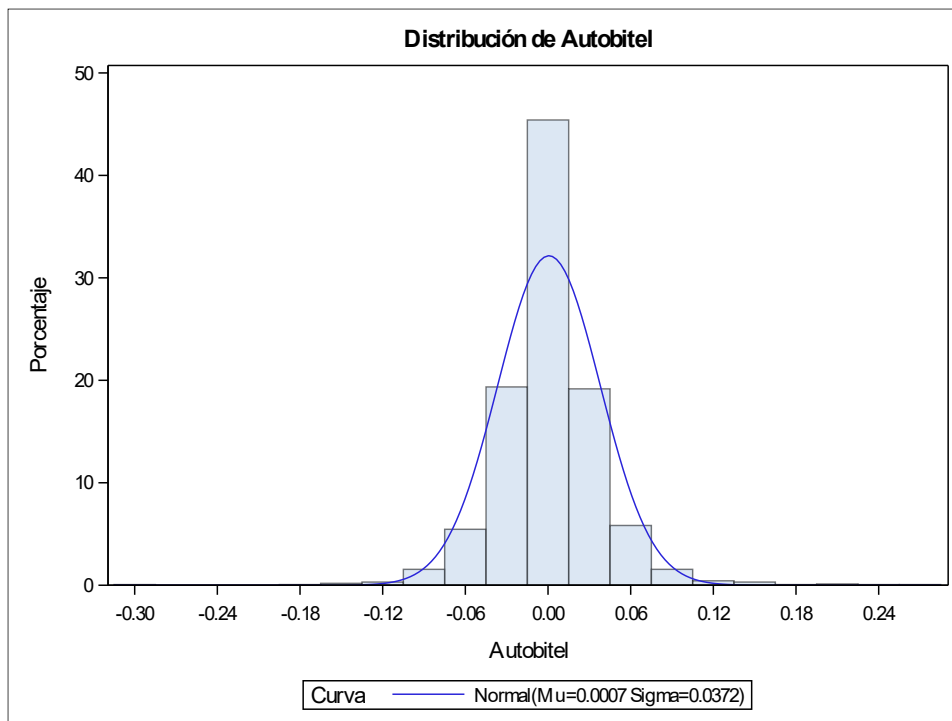
Momentos			
N	1612	Sumar pesos	1612
Media	0.00068499	Observ suma	1.10421062
Desviación std	0.03722056	Varianza	0.00138537
Asimetría	0.32206304	Curtosis	8.45349011
SC no corregida	2.23258714	SC corregida	2.23183077
Coef. variación	5433.70399	Media error std	0.00092704

Medidas estadísticas básicas			
Ubicación		Variabilidad	
Media	0.000685	Desviación std	0.03722
Mediana	0.000000	Varianza	0.00139
Moda	0.000000	Rango	0.58616
		Rango intercuartil	0.03534

Tests para posición: $\mu_0=0$				
Test		Estadístico	p valor	
T de Student	t	0.738901	Pr > t 	0.4601
Signo	M	-11.5	Pr >= M 	0.5657
Rango con signo	S	2007.5	Pr >= S 	0.9016

Cuantiles (Definición 5)	
Nivel	Cuantil
100% Máx	0.2738506
99%	0.1053605
95%	0.0591889
90%	0.0404095
75% Q3	0.0181004
50% Mediana	0.0000000
25% Q1	-0.0172418
10%	-0.0373875
5%	-0.0534329
1%	-0.0952357
0% Mín	-0.3123139

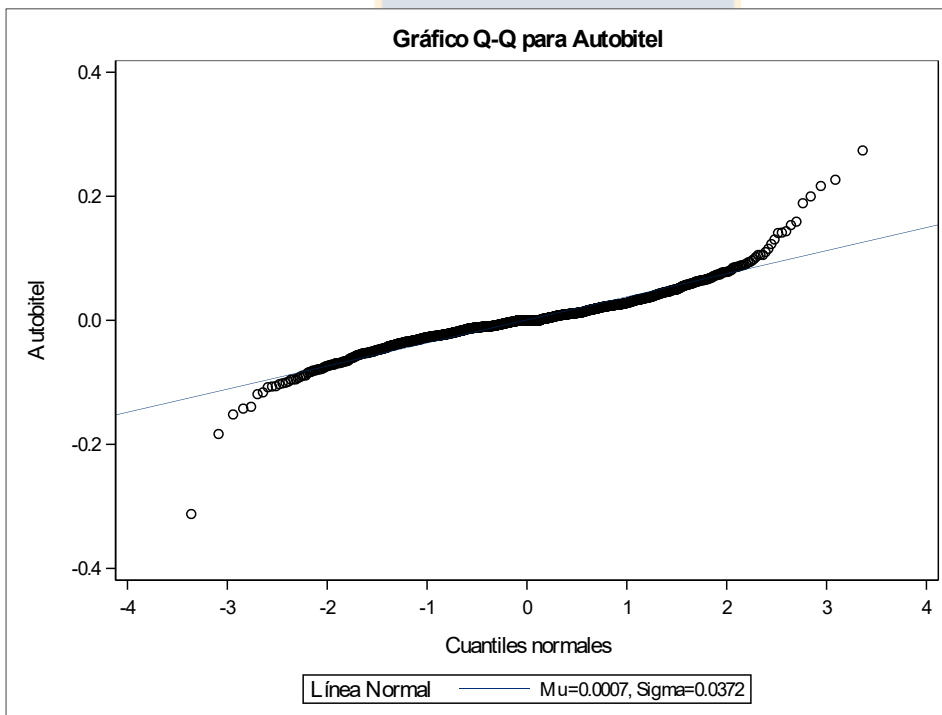
Observaciones extremas			
Inferior		Superior	
Valor	Observación	Valor	Observación
-0.312314	1152	0.188786	1014
-0.183288	1040	0.199796	100
-0.151806	1060	0.216571	1296
-0.142350	1533	0.226629	1068
-0.139449	1596	0.273851	1355

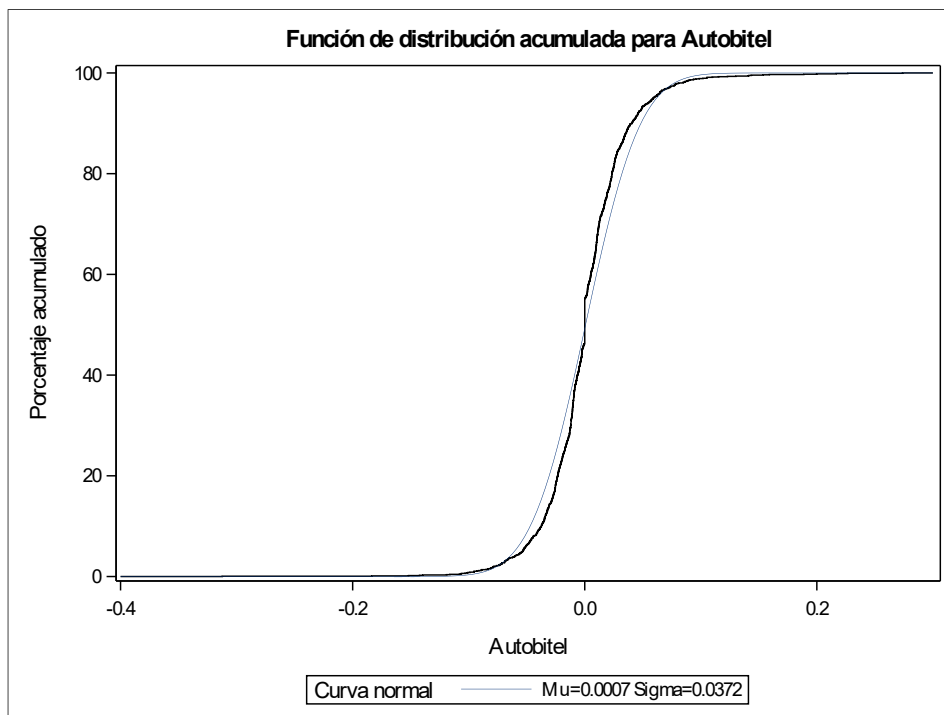


Parámetros para distribución Normal		
Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	Mu	0.000685
Desv std	Sigma	0.037221

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal				
Test	Estadístico		p valor	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.0801248	Pr > D	<0.010
Cramer-von Mises	W-Sq	4.1865334	Pr > W-Sq	<0.005
Anderson-Darling	A-Sq	23.3013439	Pr > A-Sq	<0.005

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
1.0	-0.09524	-0.08590
5.0	-0.05343	-0.06054
10.0	-0.03739	-0.04702
25.0	-0.01724	-0.02442
50.0	0.00000	0.00068
75.0	0.01810	0.02579
90.0	0.04041	0.04839
95.0	0.05919	0.06191
99.0	0.10536	0.08727





- Direct

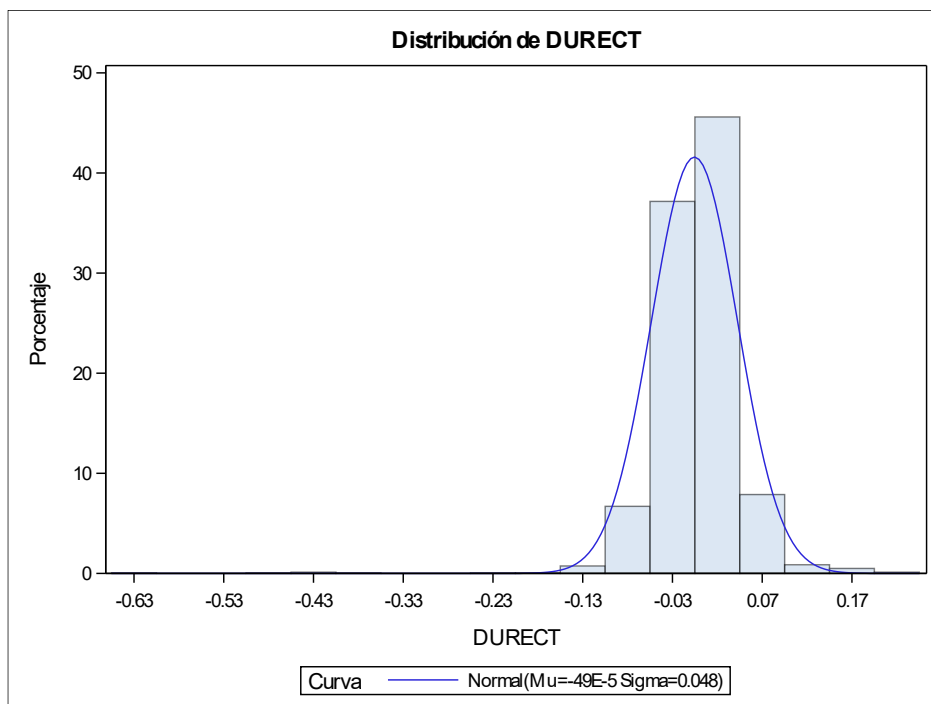
Momentos			
N	1612	Sumar pesos	1612
Media	-0.0004857	Observ suma	-0.7830035
Desviación std	0.0479685	Varianza	0.00230098
Asimetría	-2.6271891	Curtosis	30.3048253
SC no corregida	3.70725367	SC corregida	3.70687334
Coef. variación	-9875.4622	Media error std	0.00119474

Medidas estadísticas básicas			
Ubicación		Variabilidad	
Media	-0.00049	Desviación std	0.04797
Mediana	0.00000	Varianza	0.00230
Moda	0.00000	Rango	0.83167
		Rango intercuartil	0.04512

Tests para posición: $\mu_0=0$				
Test	Estadístico		p valor	
T de Student	t	-0.40656	Pr > t 	0.6844
Signo	M	-5.5	Pr >= M 	0.7922
Rango con signo	S	-363.5	Pr >= S 	0.9817

Cuantiles (Definición 5)	
Nivel	Cuantil
100% Máx	0.2279321
99%	0.1104238
95%	0.0675933
90%	0.0480092
75% Q3	0.0228147
50% Mediana	0.0000000
25% Q1	-0.0223058
10%	-0.0441712
5%	-0.0649579
1%	-0.1053605
0% Mín	-0.6037406

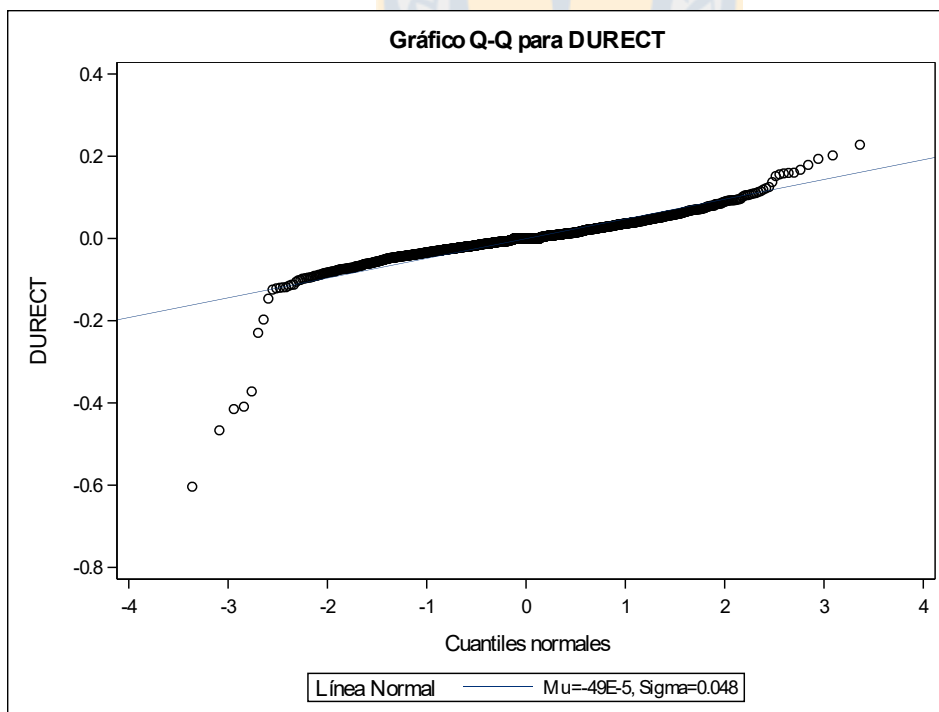
Observaciones extremas			
Inferior		Superior	
Valor	Observación	Valor	Observación
-0.603741	1212	0.167054	442
-0.466620	507	0.178937	417
-0.414944	843	0.193585	1298
-0.409121	713	0.202027	1301
-0.372049	372	0.227932	835

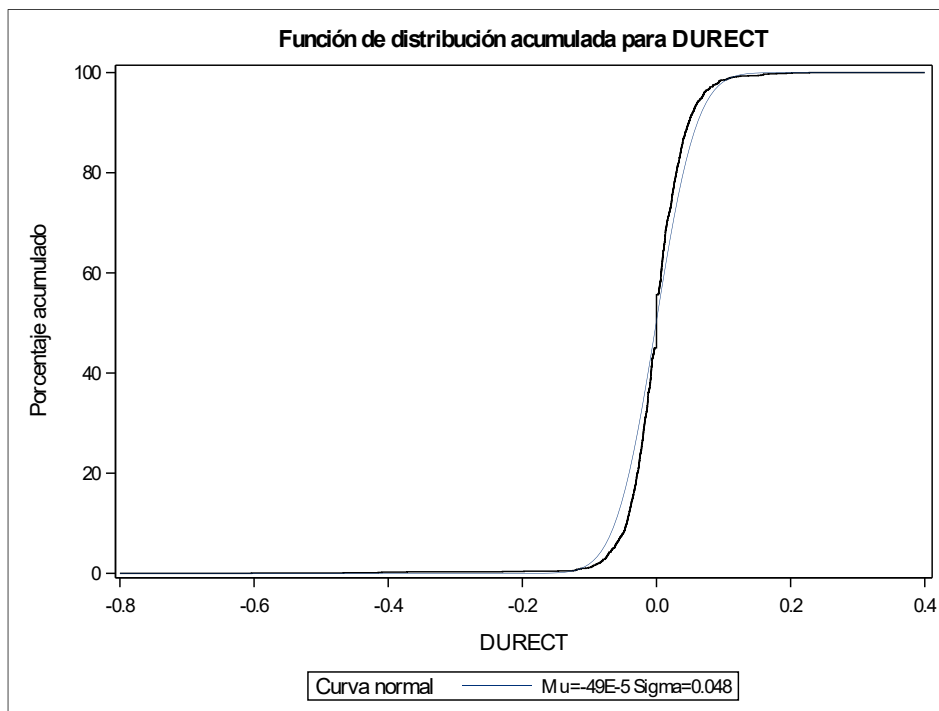


Parámetros para distribución Normal		
Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	Mu	-0.00049
Desv std	Sigma	0.047968

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal				
Test	Estadístico		p valor	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.0848565	Pr > D	<0.010
Cramer-von Mises	W-Sq	5.0393448	Pr > W-Sq	<0.005
Anderson-Darling	A-Sq	30.6173969	Pr > A-Sq	<0.005

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
1.0	-0.10536	-0.11208
5.0	-0.06496	-0.07939
10.0	-0.04417	-0.06196
25.0	-0.02231	-0.03284
50.0	0.00000	-0.00049
75.0	0.02281	0.03187
90.0	0.04801	0.06099
95.0	0.06759	0.07842
99.0	0.11042	0.11111





- Pegasystem

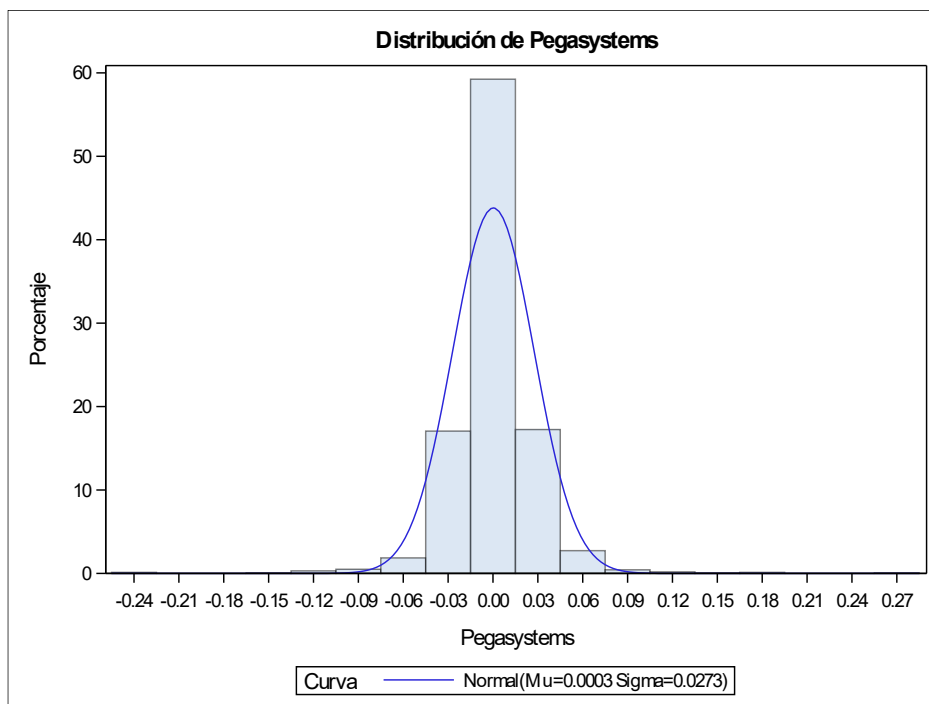
Momentos			
N	1612	Sumar pesos	1612
Media	0.00026986	Observ suma	0.43501406
Desviación std	0.02731966	Varianza	0.00074636
Asimetría	0.02702845	Curtosis	17.9934073
SC no corregida	1.20250957	SC corregida	1.20239218
Coef. variación	10123.6483	Media error std	0.00068044

Medidas estadísticas básicas			
Ubicación		Variabilidad	
Media	0.00027	Desviación std	0.02732
Mediana	-0.00044	Varianza	0.0007464
Moda	0.00000	Rango	0.51048
		Rango intercuartil	0.02357

Tests para posición: $\mu_0=0$				
Test	Estadístico		p valor	
T de Student	t	0.396593	Pr > t 	0.6917
Signo	M	-19	Pr >= M 	0.3541
Rango con signo	S	594.5	Pr >= S 	0.9742

Cuantiles (Definición 5)	
Nivel	Cuantil
100% Máx	0.269896594
99%	0.070567221
95%	0.037660702
90%	0.026275526
75% Q3	0.012050109
50% Mediana	-0.000437234
25% Q1	-0.011523689
10%	-0.024940277
5%	-0.036068867
1%	-0.074132681
0% Mín	-0.240579713

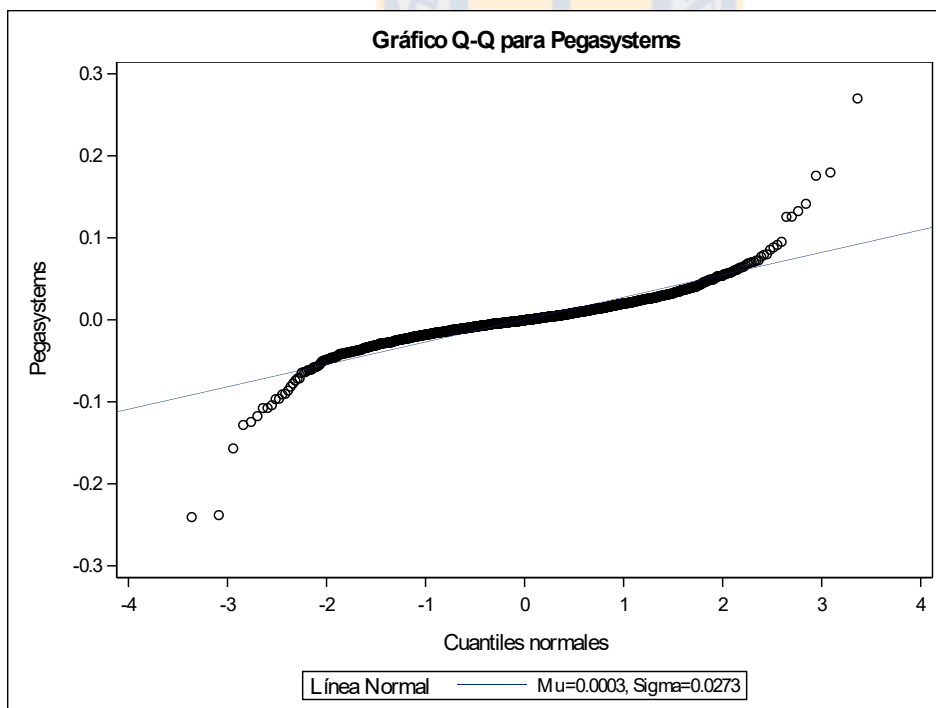
Observaciones extremas			
Inferior		Superior	
Valor	Observación	Valor	Observación
-0.240580	151	0.132549	404
-0.238172	469	0.141497	1402
-0.156818	1296	0.175732	216
-0.128247	410	0.179669	973
-0.124519	76	0.269897	544

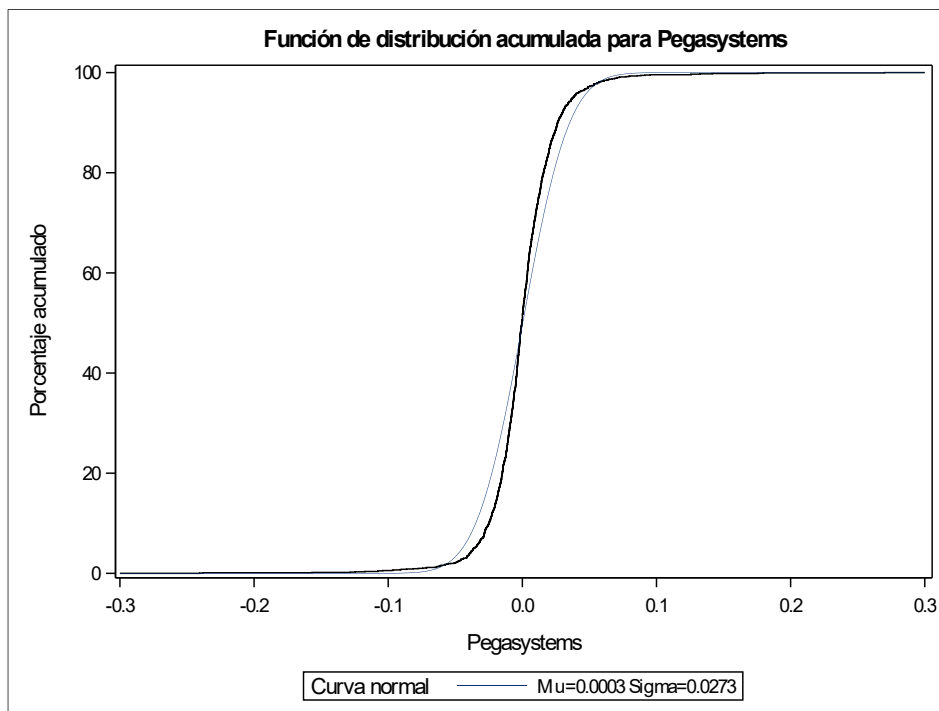


Parámetros para distribución Normal		
Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	Mu	0.00027
Desv std	Sigma	0.02732

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal				
Test	Estadístico		p valor	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.0936922	Pr > D	<0.010
Cramer-von Mises	W-Sq	6.4437637	Pr > W-Sq	<0.005
Anderson-Darling	A-Sq	38.0030042	Pr > A-Sq	<0.005

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
1.0	-0.07413	-0.06329
5.0	-0.03607	-0.04467
10.0	-0.02494	-0.03474
25.0	-0.01152	-0.01816
50.0	-0.00044	0.00027
75.0	0.01205	0.01870
90.0	0.02628	0.03528
95.0	0.03766	0.04521
99.0	0.07057	0.06382





- US

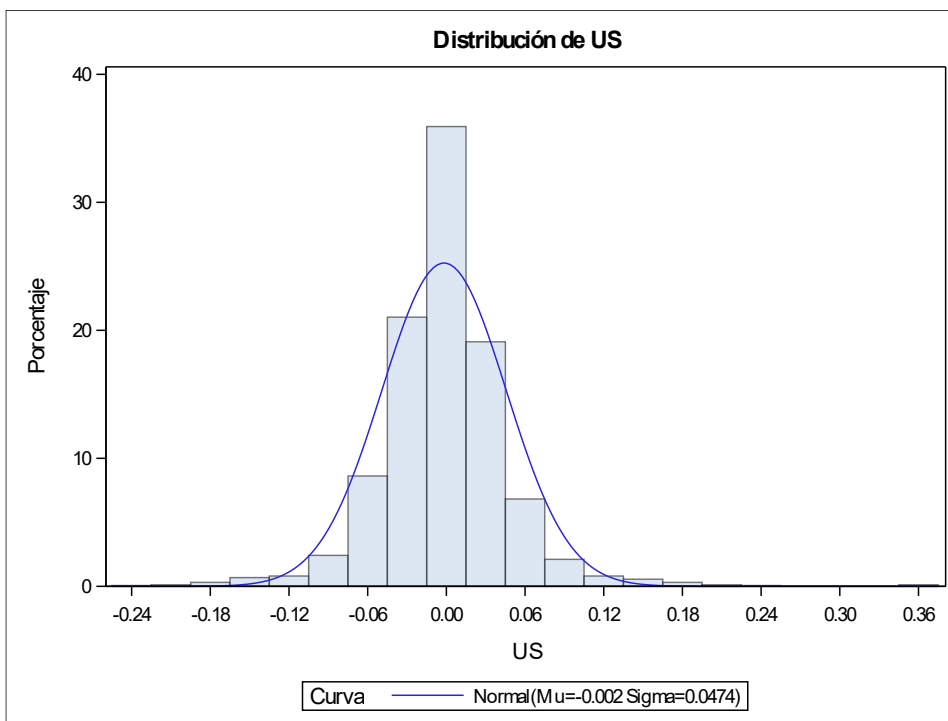
Momentos			
N	1612	Sumar pesos	1612
Media	-0.0017636	Observ suma	-2.8429696
Desviación std	0.04738246	Varianza	0.0022451
Asimetría	0.55083407	Curtosis	7.1142103
SC no corregida	3.62186534	SC corregida	3.6168514
Coef. variación	-2686.6456	Media error std	0.00118014

Medidas estadísticas básicas			
Ubicación		Variabilidad	
Media	-0.00176	Desviación std	0.04738
Mediana	-0.00151	Varianza	0.00225
Moda	0.00000	Rango	0.59784
		Rango intercuartil	0.04529

Tests para posición: $\mu_0=0$				
Test	Estadístico		p valor	
T de Student	t	-1.49442	Pr > t 	0.1353
Signo	M	-56.5	Pr >= M 	0.0038
Rango con signo	S	-40380	Pr >= S 	0.0162

Cuantiles (Definición 5)	
Nivel	Cuantil
100% Máx	0.35667490
99%	0.14085740
95%	0.06878651
90%	0.04879012
75% Q3	0.02075486
50% Mediana	-0.00150774
25% Q1	-0.02453113
10%	-0.05129321
5%	-0.07216252
1%	-0.14129254
0% Mín	-0.24116184

Observaciones extremas			
Inferior		Superior	
Valor	Observación	Valor	Observación
-0.241162	1408	0.201686	767
-0.218689	1419	0.223143	1523
-0.203599	1473	0.251314	1536
-0.194156	1508	0.356674	1504
-0.194156	1493	0.356675	1404

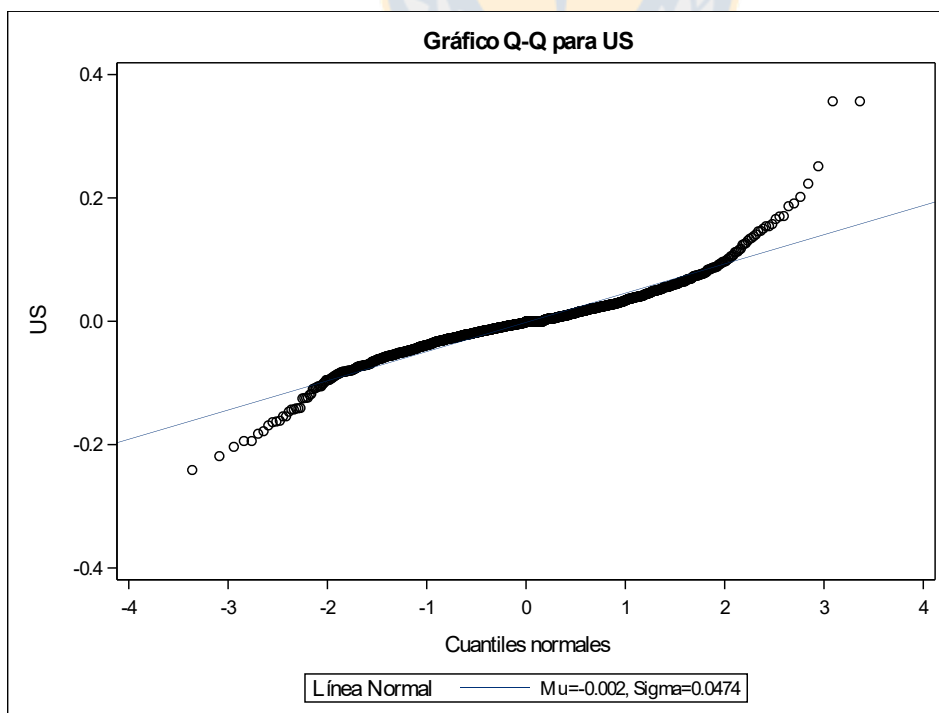


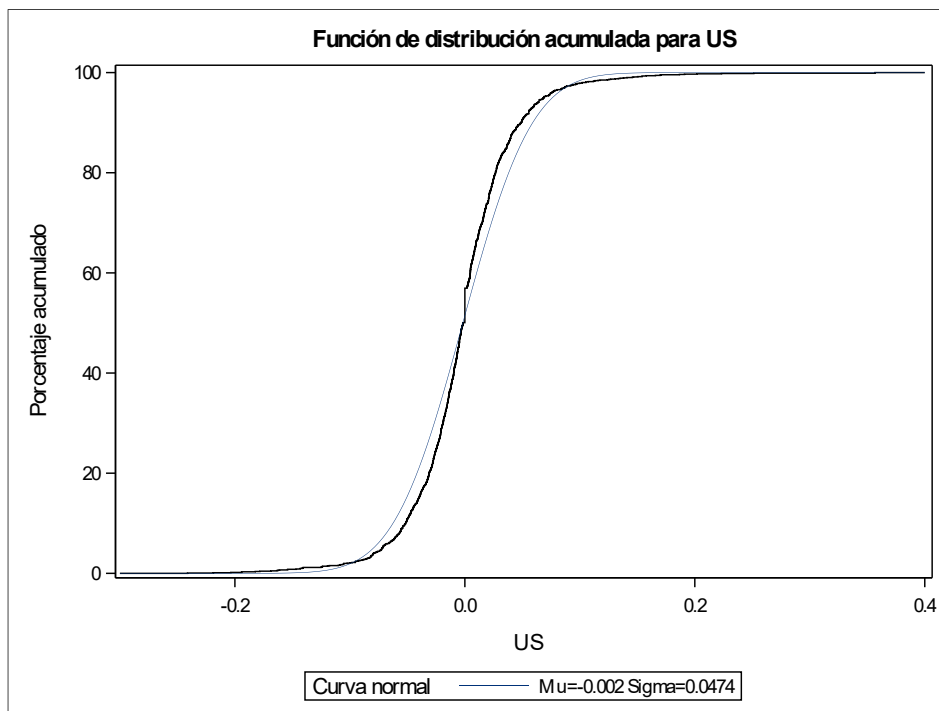
Parámetros para distribución Normal		
Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	Mu	-0.00176
Desv std	Sigma	0.047382

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal			
Test	Estadístico		p valor
Kolmogorov-Smirnov	D	0.0795279	Pr > D < 0.010

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal				
Test	Estadístico		p valor	
Cramer-von Mises	W-Sq	4.0689277	Pr > W-Sq	<0.005
Anderson-Darling	A-Sq	23.4728362	Pr > A-Sq	<0.005

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
1.0	-0.14129	-0.11199
5.0	-0.07216	-0.07970
10.0	-0.05129	-0.06249
25.0	-0.02453	-0.03372
50.0	-0.00151	-0.00176
75.0	0.02075	0.03020
90.0	0.04879	0.05896
95.0	0.06879	0.07617
99.0	0.14086	0.10846





- Índice Standard & Poor's 500 y acciones

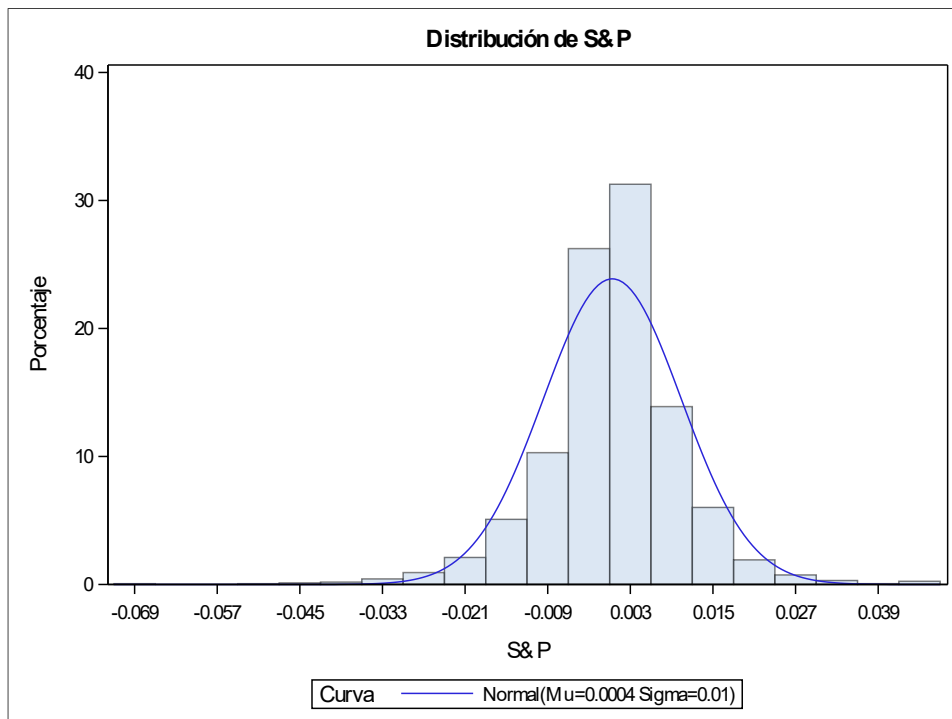
Momentos			
N	1612	Sumar pesos	1612
Media	0.0003819	Observ suma	0.61562374
Desviación std	0.01002508	Varianza	0.0001005
Asimetría	-0.417409	Curtosis	4.0082697
SC no corregida	0.16214426	SC corregida	0.16190915
Coef. variación	2625.05018	Media error std	0.00024969

Medidas estadísticas básicas			
Ubicación		Variabilidad	
Media	0.000382	Desviación std	0.01003
Mediana	0.000574	Varianza	0.0001005
Moda	.	Rango	0.11528
		Rango intercuartil	0.00959

Tests para posición: $\mu_0=0$				
Test	Estadístico		p valor	
T de Student	t	1.529484	Pr > t 	0.1263
Signo	M	72	Pr \geq M 	0.0004
Rango con signo	S	58055	Pr \geq S 	0.0019

Cuantiles (Definición 5)	
Nivel	Cuantil
100% Máx	0.046317441
99%	0.025514428
95%	0.015261823
90%	0.011351874
75% Q3	0.005466318
50% Mediana	0.000574221
25% Q1	-0.004126524
10%	-0.011375704
5%	-0.016278995
1%	-0.028863603
0% Mín	-0.068958369

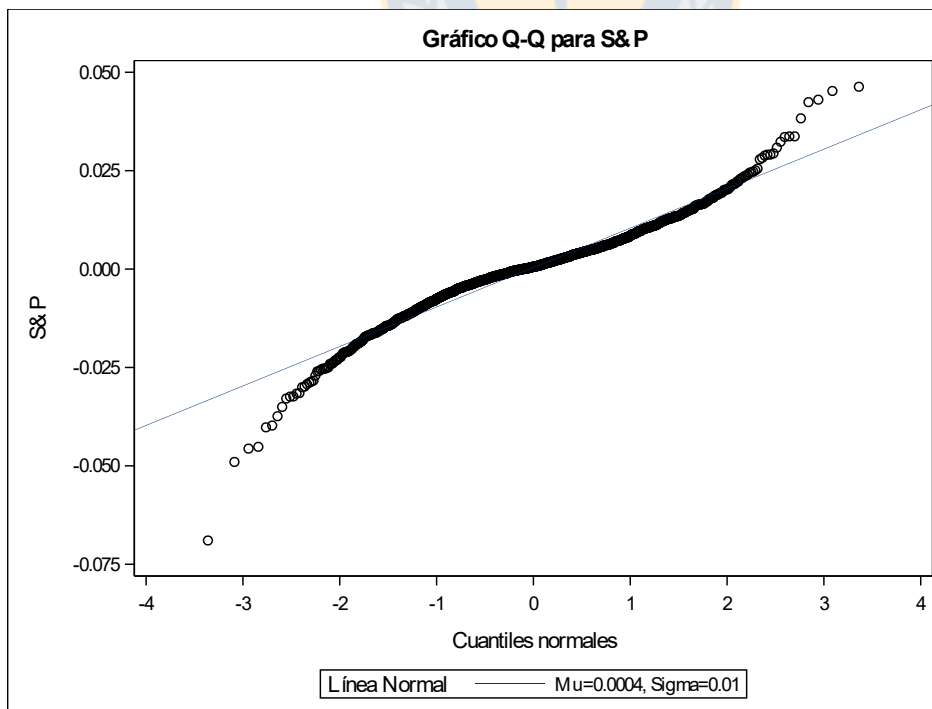
Observaciones extremas			
Inferior		Superior	
Valor	Observación	Valor	Observación
-0.0689584	402	0.0382913	1421
-0.0490017	400	0.0424034	482
-0.0456186	410	0.0430347	87
-0.0451568	404	0.0452506	405
-0.0402114	1419	0.0463174	403

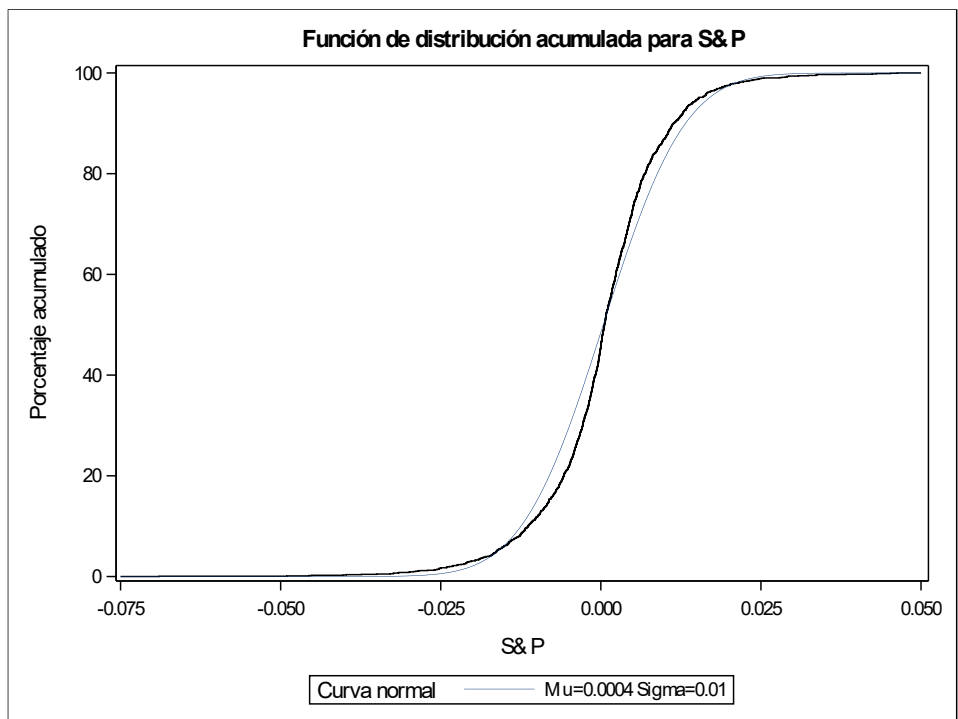


Parámetros para distribución Normal		
Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	Mu	0.000382
Desv std	Sigma	0.010025

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal				
Test	Estadístico		p valor	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.0805857	Pr > D	<0.010
Cramer-von Mises	W-Sq	3.3470035	Pr > W-Sq	<0.005
Anderson-Darling	A-Sq	18.2538244	Pr > A-Sq	<0.005

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
1.0	-0.02886	-0.02294
5.0	-0.01628	-0.01611
10.0	-0.01138	-0.01247
25.0	-0.00413	-0.00638
50.0	0.00057	0.00038
75.0	0.00547	0.00714
90.0	0.01135	0.01323
95.0	0.01526	0.01687
99.0	0.02551	0.02370





- Hasbro

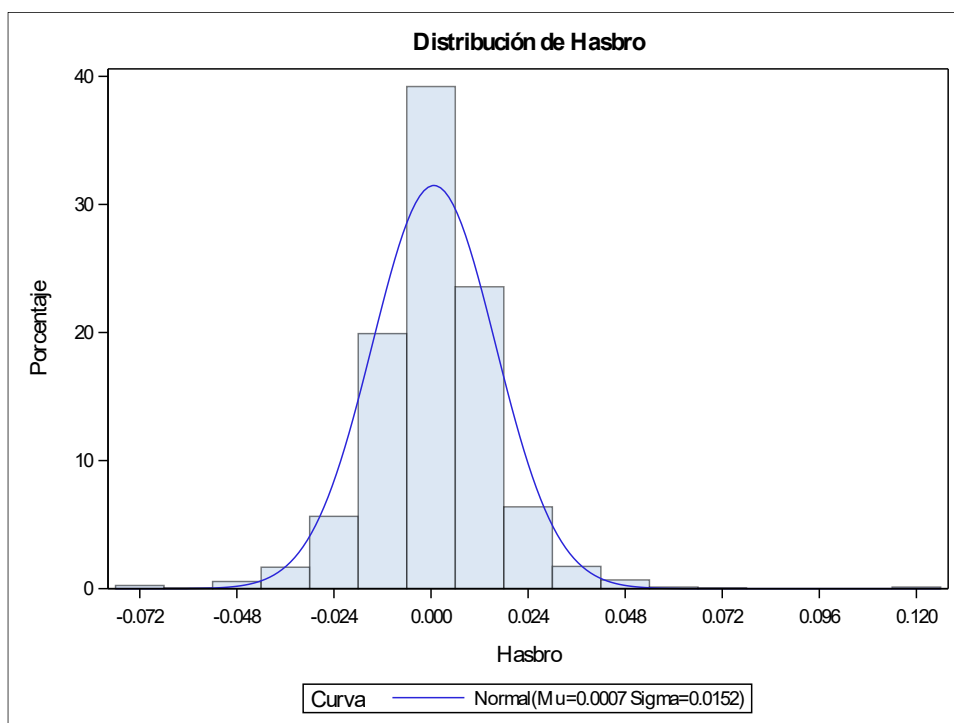
Momentos			
N	1612	Sumar pesos	1612
Media	0.00072118	Observ suma	1.16254612
Desviación std	0.01520684	Varianza	0.00023125
Asimetría	0.36945246	Curtosis	6.41229964
SC no corregida	0.37337904	SC corregida	0.37254063
Coef. variación	2108.59853	Media error std	0.00037875

Medidas estadísticas básicas			
Ubicación		Variabilidad	
Media	0.000721	Desviación std	0.01521
Mediana	0.000535	Varianza	0.0002312
Moda	0.000000	Rango	0.19621
		Rango intercuartil	0.01590

Tests para posición: $\mu_0=0$				
Test	Estadístico		p valor	
T de Student	t	1.904095	Pr > t 	0.0571
Signo	M	36.5	Pr >= M 	0.0716
Rango con signo	S	41082	Pr >= S 	0.0258

Cuantiles (Definición 5)	
Nivel	Cuantil
100% Máx	0.119513159
99%	0.041444398
95%	0.024387536
90%	0.017087179
75% Q3	0.008772688
50% Mediana	0.000534782
25% Q1	-0.007124789
10%	-0.015467023
5%	-0.023950598
1%	-0.040239025
0% Mín	-0.076692624

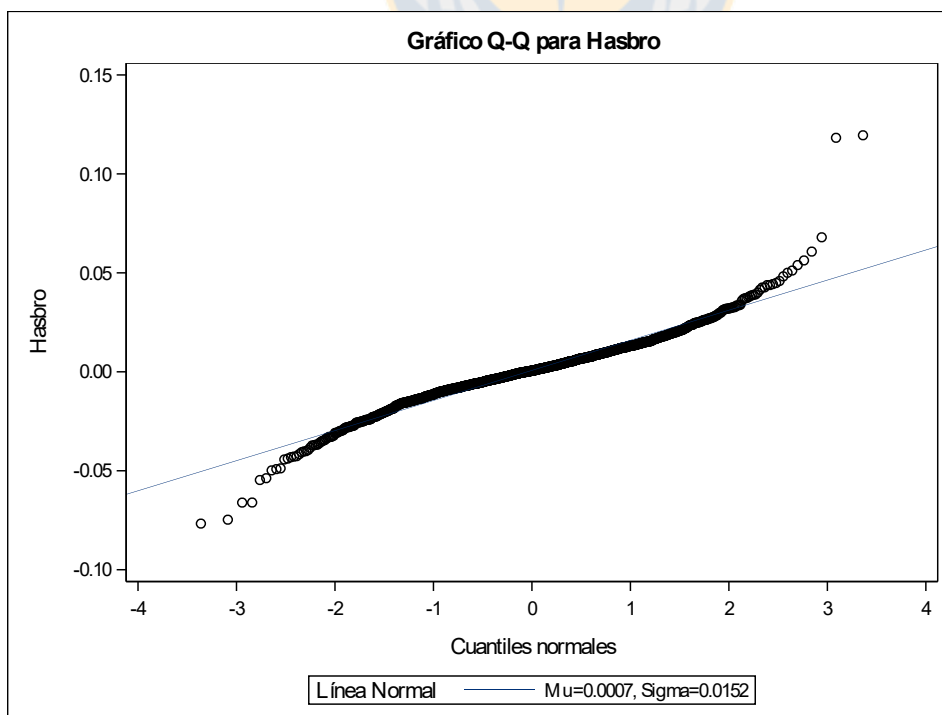
Observaciones extremas			
Inferior		Superior	
Valor	Observación	Valor	Observación
-0.0766926	402	0.0562681	1582
-0.0747213	1458	0.0607374	1394
-0.0660805	468	0.0679637	1283
-0.0660475	1250	0.1182383	1331
-0.0546734	1419	0.1195132	24

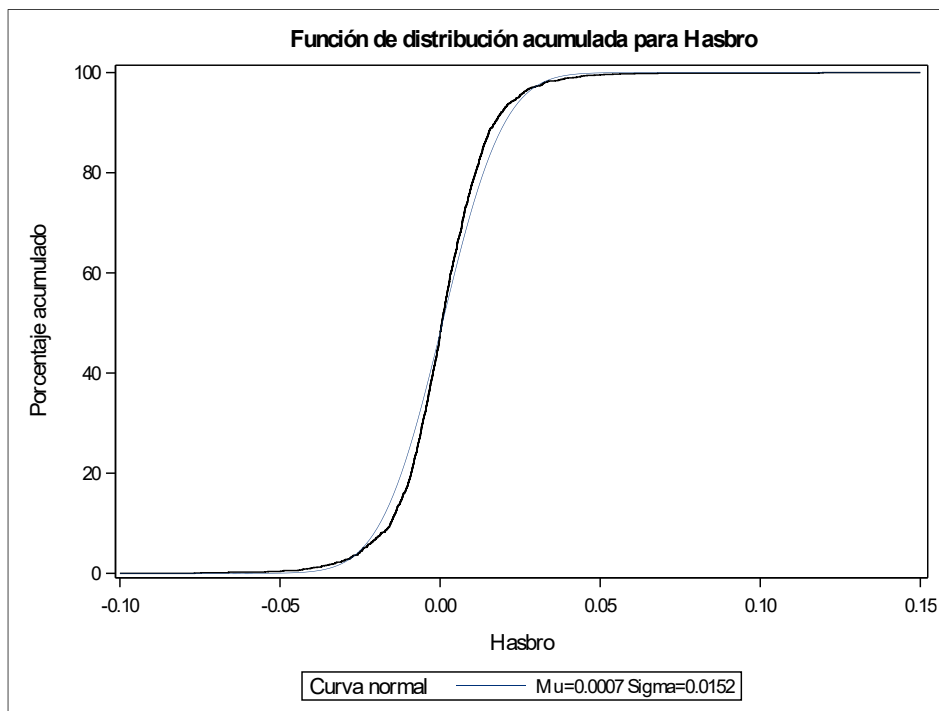


Parámetros para distribución Normal		
Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	Mu	0.000721
Desv std	Sigma	0.015207

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal				
Test	Estadístico		p valor	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.0636816	Pr > D	<0.010
Cramer-von Mises	W-Sq	2.2839517	Pr > W-Sq	<0.005
Anderson-Darling	A-Sq	13.8817601	Pr > A-Sq	<0.005

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
1.0	-0.04024	-0.03466
5.0	-0.02395	-0.02429
10.0	-0.01547	-0.01877
25.0	-0.00712	-0.00954
50.0	0.00053	0.00072
75.0	0.00877	0.01098
90.0	0.01709	0.02021
95.0	0.02439	0.02573
99.0	0.04144	0.03610





- Macys

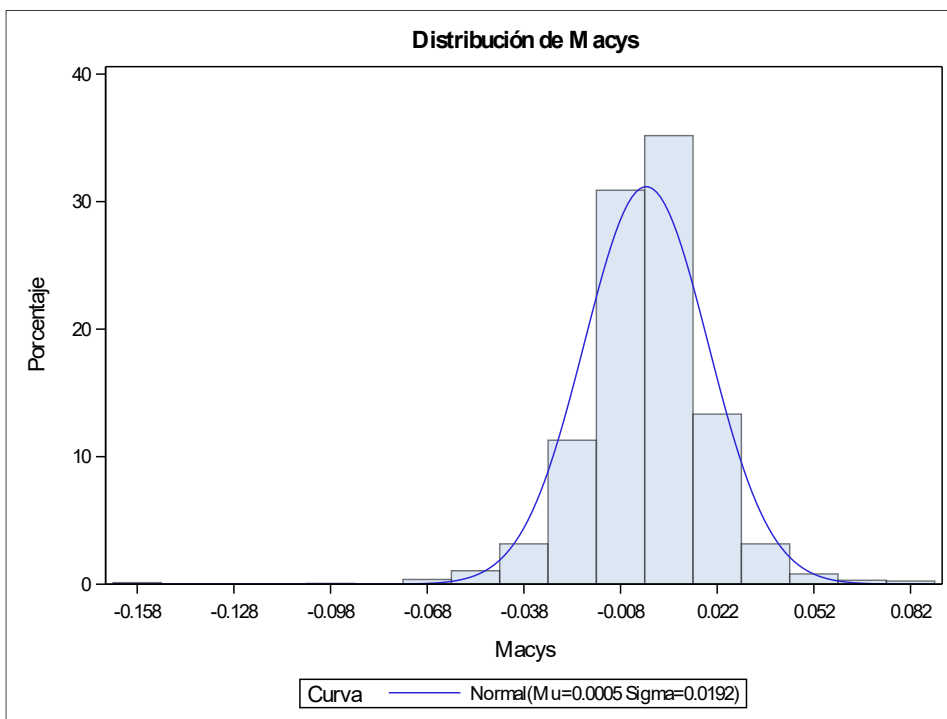
Momentos			
N	1612	Sumar pesos	1612
Media	0.00046781	Observ suma	0.75411217
Desviación std	0.01919589	Varianza	0.00036848
Asimetría	-0.6496965	Curtosis	7.3866512
SC no corregida	0.59397761	SC corregida	0.59362483
Coef. Variación	4103.33853	Media error std	0.00047811

Medidas estadísticas básicas			
Ubicación		Variabilidad	
Media	0.000468	Desviación std	0.01920
Mediana	0.000897	Varianza	0.0003685
Moda	0.000000	Rango	0.25422
		Rango intercuartil	0.02075

Tests para posición: $\mu_0=0$				
Test	Estadístico		p valor	
T de Student	t	0.978465	Pr > t 	0.3280
Signo	M	40	Pr >= M 	0.0478
Rango con signo	S	30809	Pr >= S 	0.0937

Cuantiles (Definición 5)	
Nivel	Cuantil
100% Máx	0.089741606
99%	0.051032230
95%	0.029023140
90%	0.021196212
75% Q3	0.011032860
50% Mediana	0.000896617
25% Q1	-0.009715790
10%	-0.020197468
5%	-0.028701664
1%	-0.051971553
0% Mín	-0.164476949

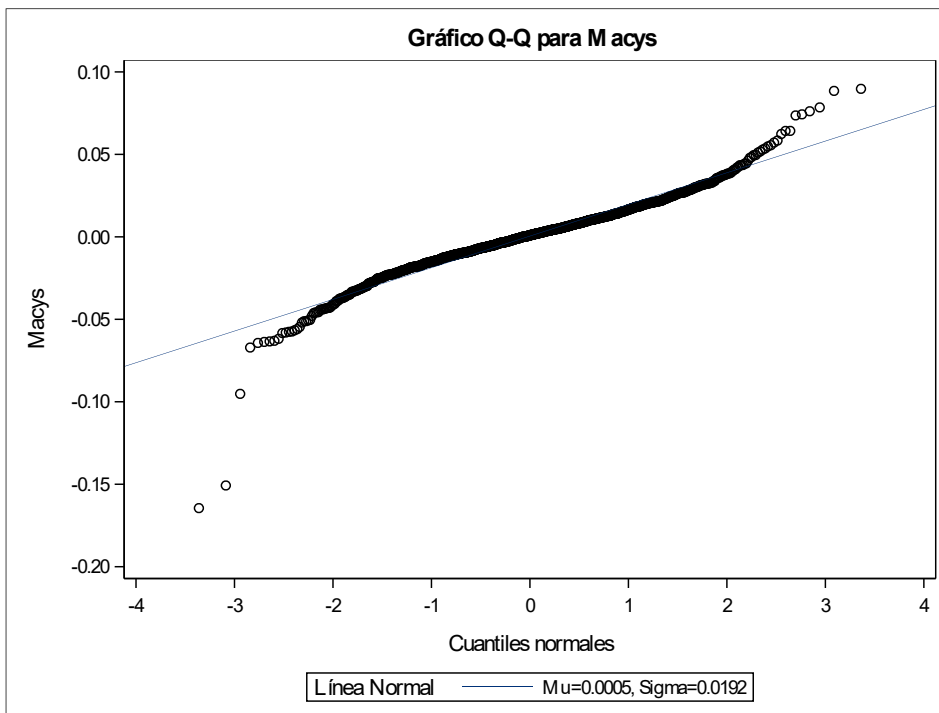
Observaciones extremas			
Inferior		Superior	
Valor	Observación	Valor	Observación
-0.1644769	1599	0.0742708	341
-0.1507537	1475	0.0761503	1391
-0.0951972	402	0.0784769	1515
-0.0671207	105	0.0884915	87
-0.0643199	134	0.0897416	973

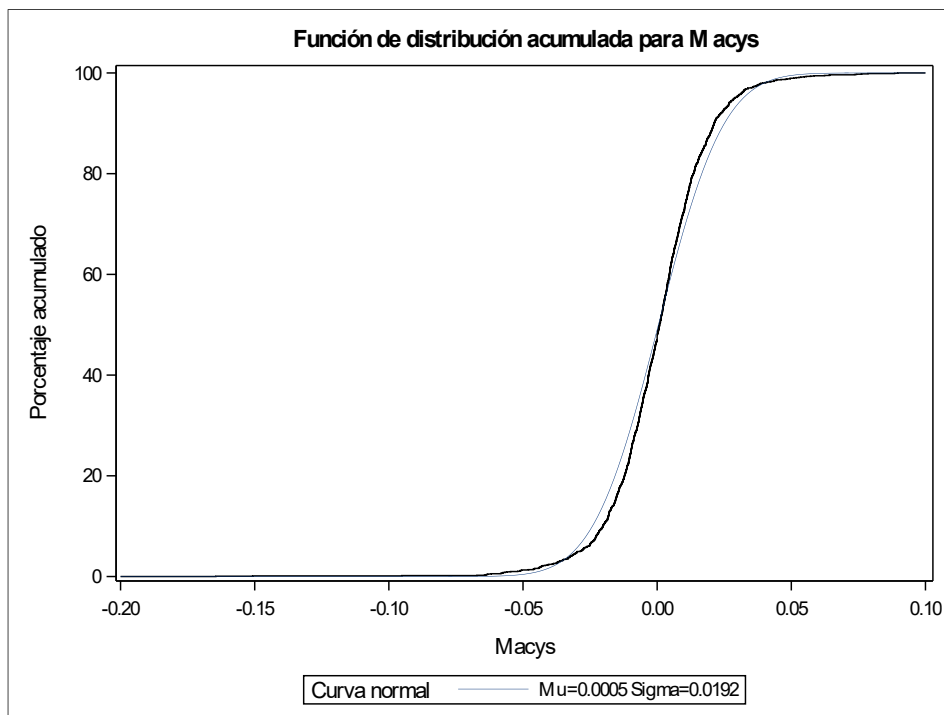


Parámetros para distribución Normal		
Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	Mu	0.000468
Desv std	Sigma	0.019196

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal				
Test	Estadístico		p valor	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.0582057	Pr > D	<0.010
Cramer-von Mises	W-Sq	1.9027395	Pr > W-Sq	<0.005
Anderson-Darling	A-Sq	12.1665306	Pr > A-Sq	<0.005

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
1.0	-0.05197	-0.04419
5.0	-0.02870	-0.03111
10.0	-0.02020	-0.02413
25.0	-0.00972	-0.01248
50.0	0.00090	0.00047
75.0	0.01103	0.01342
90.0	0.02120	0.02507
95.0	0.02902	0.03204
99.0	0.05103	0.04512





- Metlife

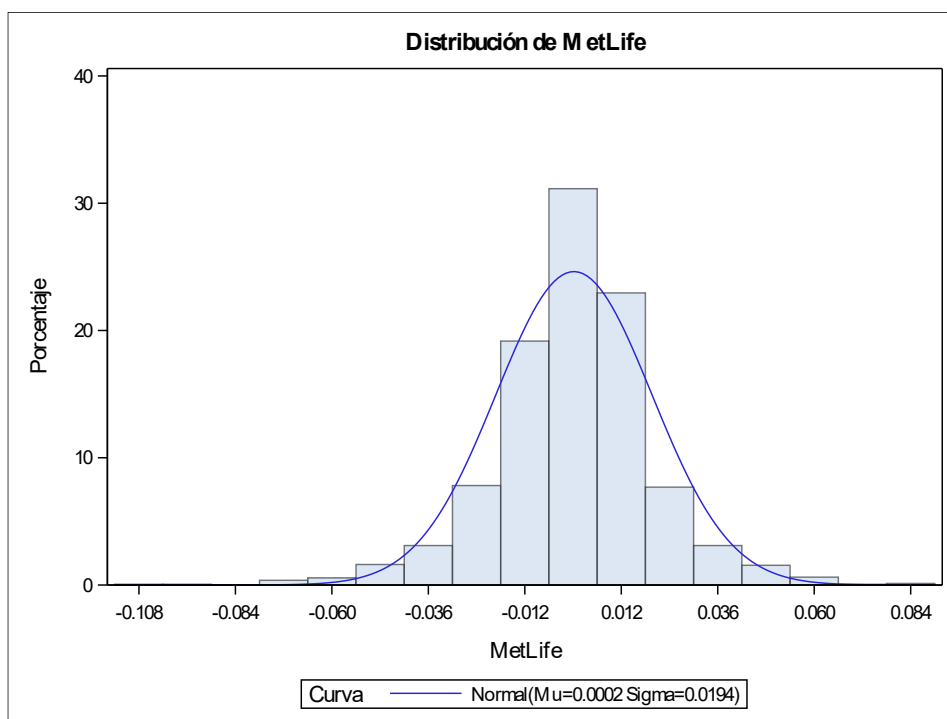
Momentos			
N	1612	Sumar pesos	1612
Media	0.00022178	Observ suma	0.35750387
Desviación std	0.01943934	Varianza	0.00037789
Asimetría	-0.1659573	Curtosis	2.32060834
SC no corregida	0.60885664	SC corregida	0.60877736
Coef. Variación	8765.27945	Media error std	0.00048417

Medidas estadísticas básicas			
Ubicación		Variabilidad	
Media	0.000222	Desviación std	0.01944
Mediana	0.000000	Varianza	0.0003779
Moda	0.000000	Rango	0.19011
		Rango intercuartil	0.02093

Tests para posición: $\mu_0=0$				
Test	Estadístico		p valor	
T de Student	t	0.458054	Pr > t 	0.6470
Signo	M	2.5	Pr >= M 	0.9204
Rango con signo	S	17841	Pr >= S 	0.3350

Cuantiles (Definición 5)	
Nivel	Cuantil
100% Máx	0.08551083
99%	0.05219642
95%	0.03234853
90%	0.02153039
75% Q3	0.01101227
50% Mediana	0.00000000
25% Q1	-0.00991405
10%	-0.02181905
5%	-0.03262383
1%	-0.05414276
0% Mín	-0.10459654

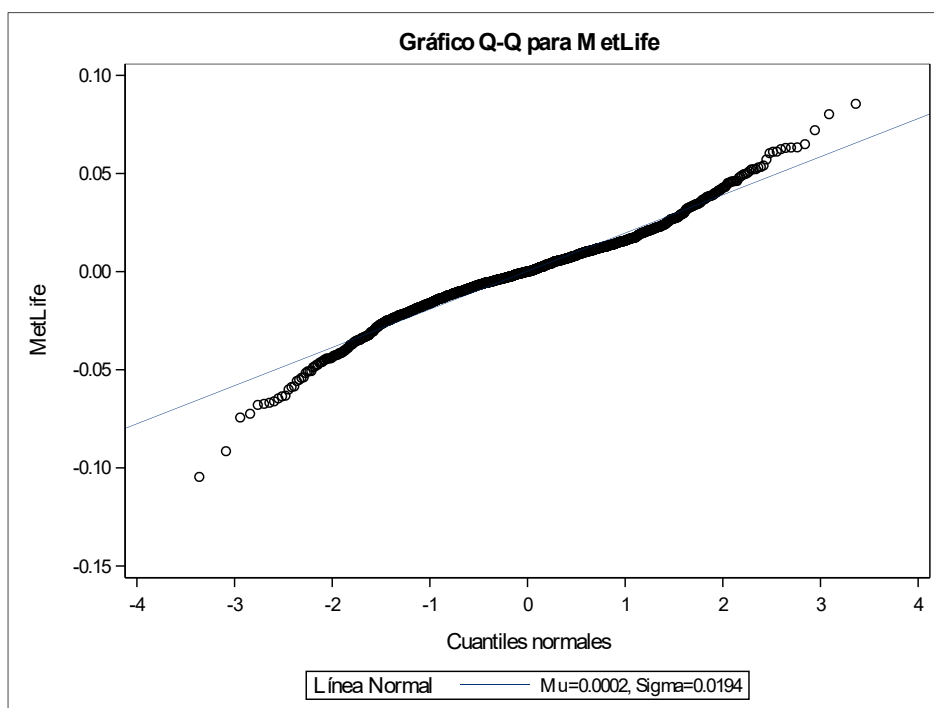
Observaciones extremas			
Inferior		Superior	
Valor	Observación	Valor	Observación
-0.1045965	402	0.0633160	403
-0.0915044	404	0.0649370	754
-0.0743465	434	0.0720614	459
-0.0724173	105	0.0802128	87
-0.0679129	433	0.0855108	482

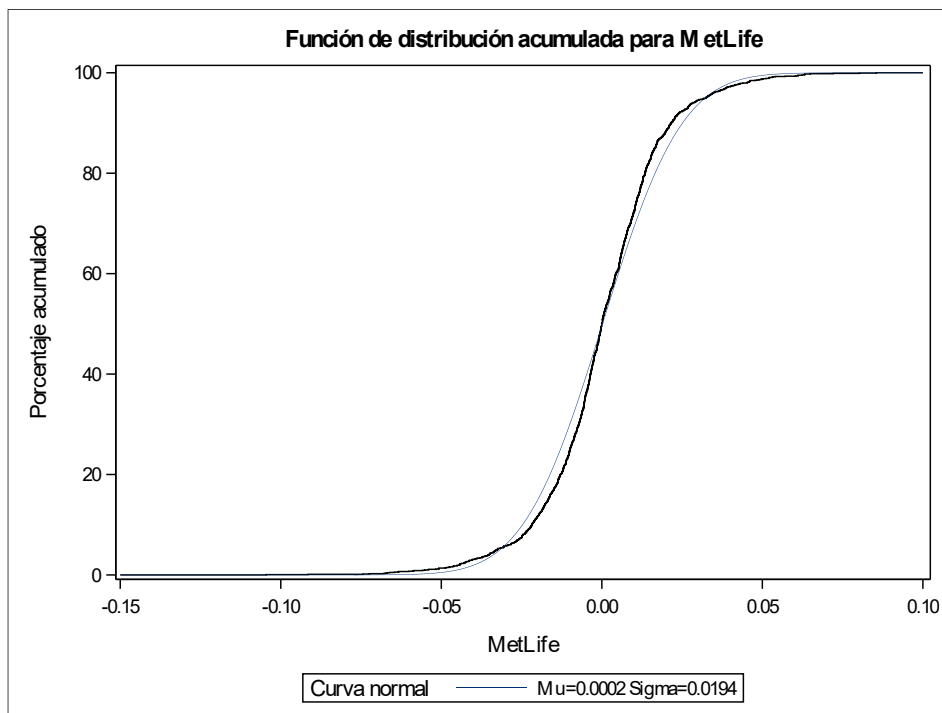


Parámetros para distribución Normal		
Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	μ	0.000222
Desv std	σ	0.019439

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal				
Test	Estadístico		p valor	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.0565246	Pr > D	<0.010
Cramer-von Mises	W-Sq	1.8207660	Pr > W-Sq	<0.005
Anderson-Darling	A-Sq	11.2494036	Pr > A-Sq	<0.005

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
1.0	-0.05414	-0.04500
5.0	-0.03262	-0.03175
10.0	-0.02182	-0.02469
25.0	-0.00991	-0.01289
50.0	0.00000	0.00022
75.0	0.01101	0.01333
90.0	0.02153	0.02513
95.0	0.03235	0.03220
99.0	0.05220	0.04544





- Starbucks

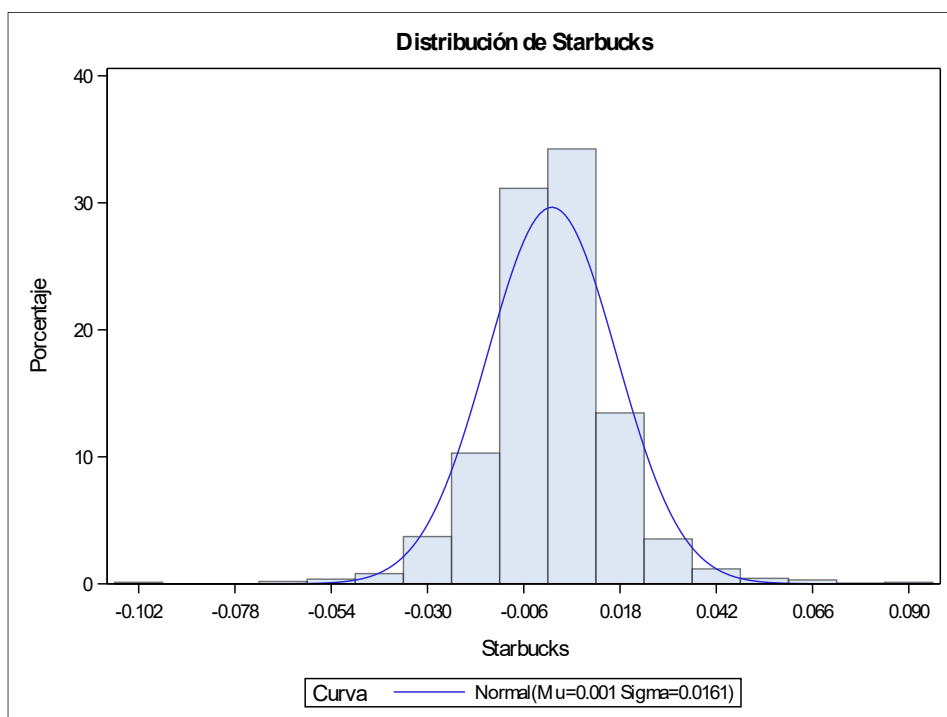
Momentos			
N	1612	Sumar pesos	1612
Media	0.00101845	Observ suma	1.64173639
Desviación std	0.01614553	Varianza	0.00026068
Asimetría	-0.0517821	Curtosis	4.9130682
SC no corregida	0.42162426	SC corregida	0.41995224
Coef. variación	1585.30851	Media error std	0.00040213

Medidas estadísticas básicas			
Ubicación		Variabilidad	
Media	0.001018	Desviación std	0.01615
Mediana	0.001092	Varianza	0.0002607
Moda	0.000000	Rango	0.20234
		Rango intercuartil	0.01691

Tests para posición: $\mu_0=0$				
Test	Estadístico		p valor	
T de Student	t	2.532612	Pr > t	0.0114
Signo	M	50	Pr >= M	0.0134
Rango con signo	S	56397.5	Pr >= S	0.0023

Cuantiles (Definición 5)	
Nivel	Cuantil
100% Máx	0.09467829
99%	0.04515442
95%	0.02480828
90%	0.01852242
75% Q3	0.00952228
50% Mediana	0.00109187
25% Q1	-0.00739048
10%	-0.01606028
5%	-0.02466303
1%	-0.04015362
0% Mín	-0.10766002

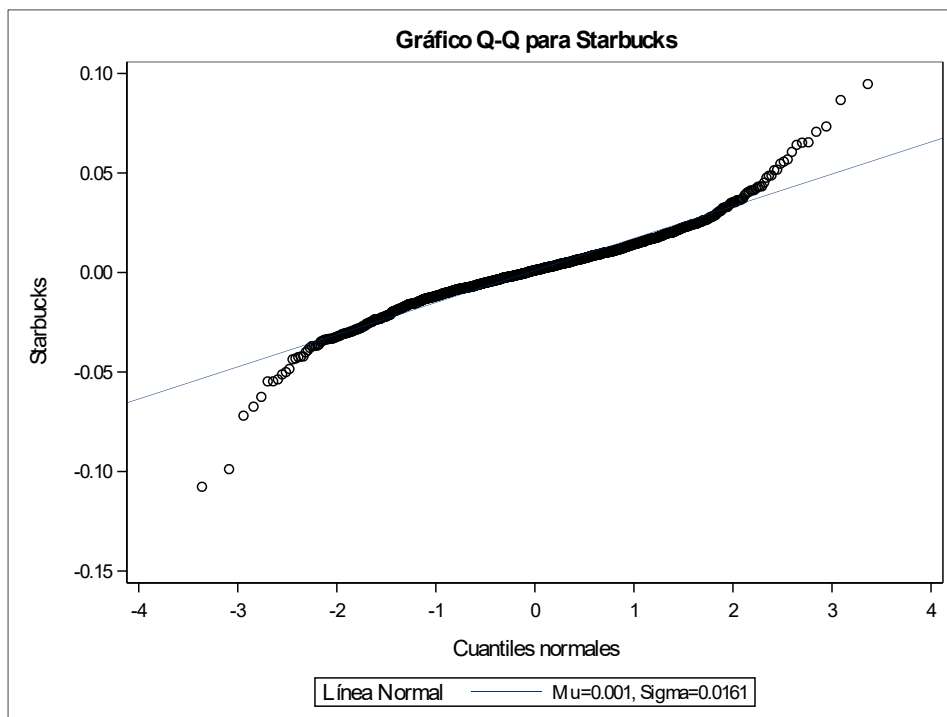
Observaciones extremas			
Inferior		Superior	
Valor	Observación	Valor	Observación
-0.1076600	410	0.0654192	405
-0.0988087	647	0.0706982	75
-0.0719450	402	0.0733743	896
-0.0674133	1533	0.0866539	714
-0.0625038	400	0.0946783	298

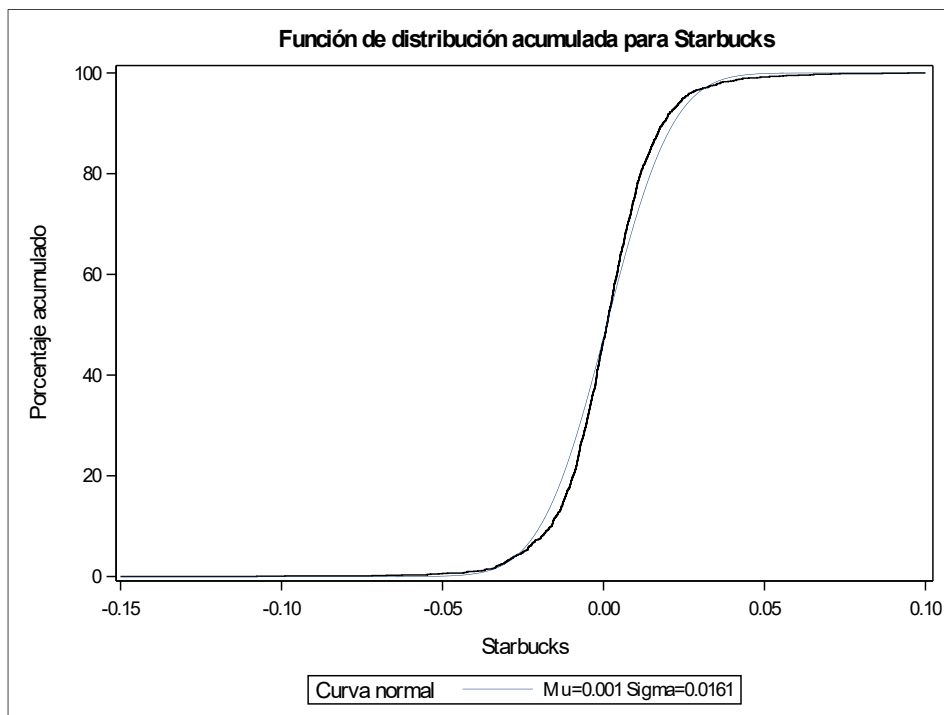


Parámetros para distribución Normal		
Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	μ	0.001018
Desv std	σ	0.016146

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal				
Test	Estadístico		p valor	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.0621567	Pr > D	<0.010
Cramer-von Mises	W-Sq	2.2618672	Pr > W-Sq	<0.005
Anderson-Darling	A-Sq	13.8360013	Pr > A-Sq	<0.005

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
1.0	-0.04015	-0.03654
5.0	-0.02466	-0.02554
10.0	-0.01606	-0.01967
25.0	-0.00739	-0.00987
50.0	0.00109	0.00102
75.0	0.00952	0.01191
90.0	0.01852	0.02171
95.0	0.02481	0.02758
99.0	0.04515	0.03858





- Wells Fargo

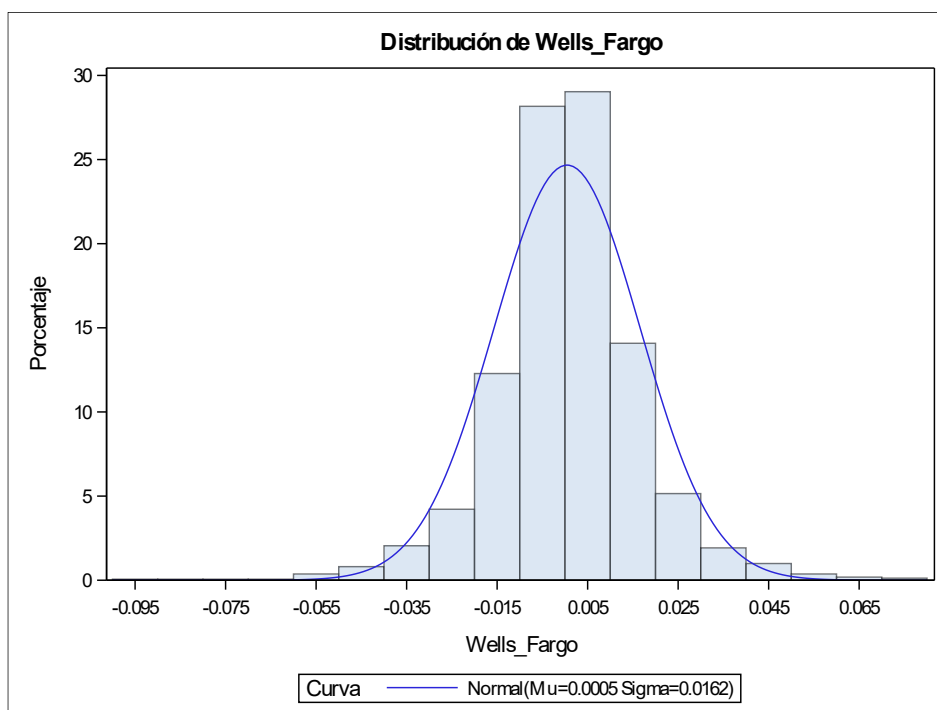
Momentos			
N	1612	Sumar pesos	1612
Media	0.00046237	Observ suma	0.74533518
Desviación std	0.01617007	Varianza	0.00026147
Asimetría	-0.1265504	Curtosis	3.53904104
SC no corregida	0.42157475	SC corregida	0.42123013
Coef. Variación	3497.23941	Media error std	0.00040274

Medidas estadísticas básicas			
Ubicación		Variabilidad	
Media	0.000462	Desviación std	0.01617
Mediana	0.000300	Varianza	0.0002615
Moda	0.000000	Rango	0.17239
		Rango intercuartil	0.01682

Tests para posición: $\mu_0=0$				
Test	Estadístico		p valor	
T de Student	t	1.14804	Pr > t 	0.2511
Signo	M	19.5	Pr >= M 	0.3408
Rango con signo	S	26551.5	Pr >= S 	0.1475

Cuantiles (Definición 5)	
Nivel	Cuantil
100% Máx	0.077590789
99%	0.046056689
95%	0.025325292
90%	0.018459951
75% Q3	0.008879015
50% Mediana	0.000300482
25% Q1	-0.007945503
10%	-0.016928182
5%	-0.025163725
1%	-0.044869488
0% Mín	-0.094794615

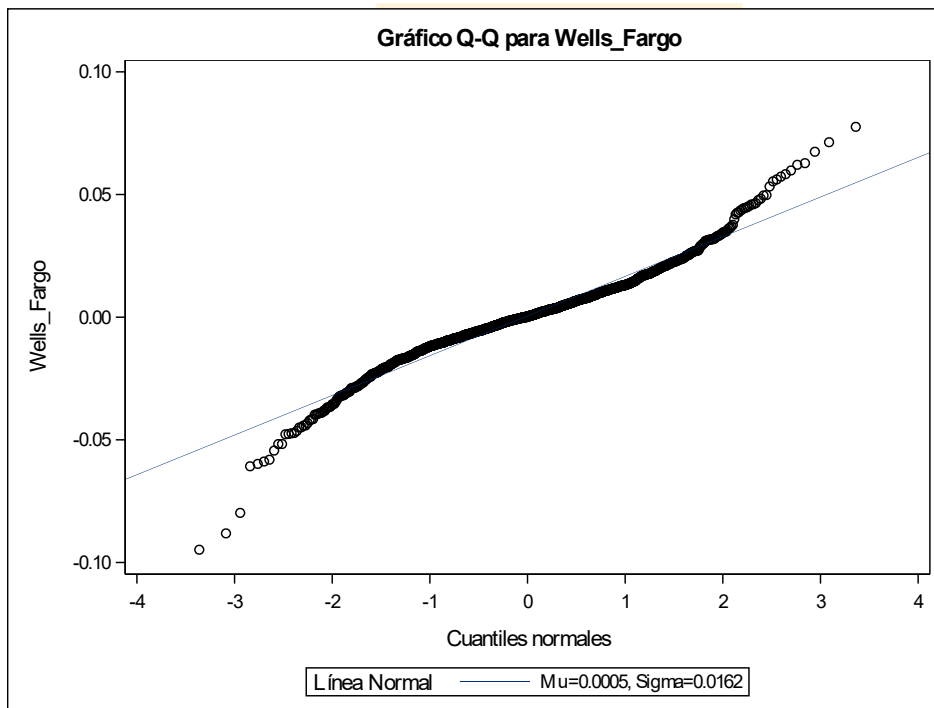
Observaciones extremas			
Inferior		Superior	
Valor	Observación	Valor	Observación
-0.0947946	402	0.0621230	213
-0.0881369	451	0.0627796	446
-0.0797738	404	0.0674343	87
-0.0607806	608	0.0713158	482
-0.0598005	468	0.0775908	403

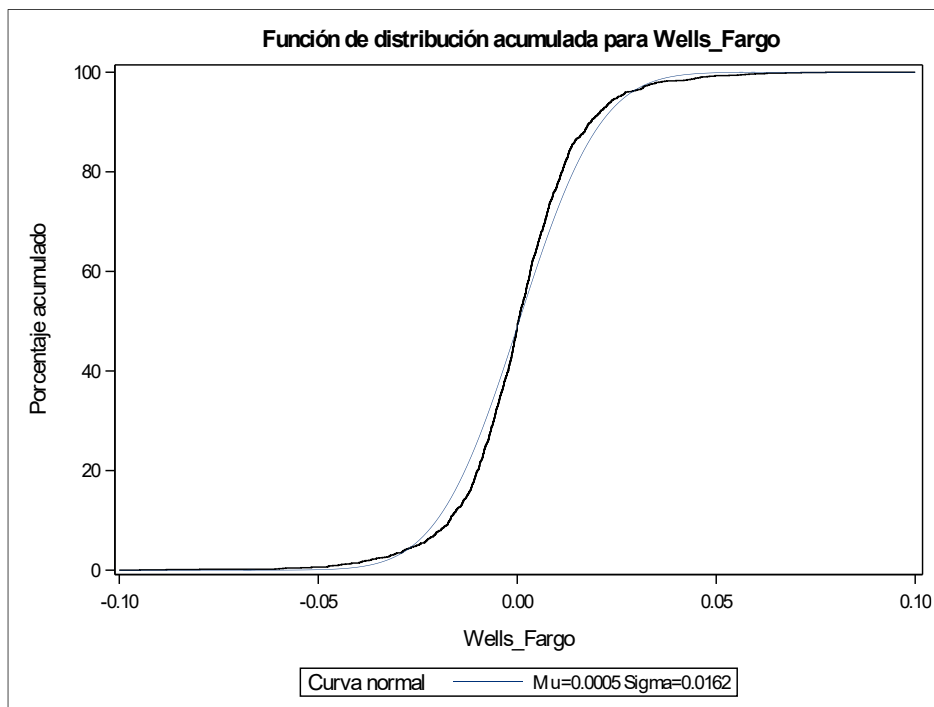


Parámetros para distribución Normal		
Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	Mu	0.000462
Desv std	Sigma	0.01617

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal				
Test	Estadístico		p valor	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.0651993	Pr > D	<0.010
Cramer-von Mises	W-Sq	2.4986944	Pr > W-Sq	<0.005
Anderson-Darling	A-Sq	15.0742495	Pr > A-Sq	<0.005

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
1.0	-0.04487	-0.03715
5.0	-0.02516	-0.02614
10.0	-0.01693	-0.02026
25.0	-0.00795	-0.01044
50.0	0.00030	0.00046
75.0	0.00888	0.01137
90.0	0.01846	0.02119
95.0	0.02533	0.02706
99.0	0.04606	0.03808





Anexo 2: Matriz de correlación entre los distintos activos seleccionados a nivel determinístico.

Activo
3M Company (MMM)
Apple Inc. (AAPL)
Johnson & Johnson (JNJ)
NIKE, Inc. (NKE)
Wal-Mart Stores Inc. (WMT)
Akorn, Inc. (AKRX)
Autobitel, Inc. (ABTL)
DURECT Corporation (DRRX)
Pegasystems Inc.(PEGA)
US Energy Corp. (USEG)
Hasbro Inc. (HAS)
Macy's, Inc. (M)
MetLife, Inc. (MET)
Starbucks Corporation (SBUX)
Wells Fargo & Company (WFC)

	MMM	AAP L	JNJ	NK E	WM T	AKR X	ABT L	DRR X	PEG A	USE G	HA S	M	ME T	SBU X	WF C
MMM	1	0,42	0,61	0,49	0,39	0,23	0,18	0,22	0,35	0,29	0,45	0,44	0,64	0,48	0,63
AAP L	0,42	1	0,32	0,34	0,23	0,21	0,13	0,17	0,30	0,17	0,33	0,28	0,40	0,39	0,40
JNJ	0,61	0,32	1	0,41	0,42	0,24	0,14	0,17	0,28	0,20	0,38	0,36	0,52	0,44	0,54
NKE	0,49	0,34	0,41	1	0,33	0,22	0,18	0,17	0,29	0,18	0,37	0,46	0,48	0,51	0,46
WMT	0,39	0,23	0,42	0,33	1	0,14	0,08	0,14	0,14	0,13	0,28	0,33	0,32	0,33	0,36
AKR X	0,23	0,21	0,24	0,22	0,14	1	0,14	0,17	0,21	0,12	0,18	0,16	0,25	0,24	0,21
ABTL	0,18	0,13	0,14	0,18	0,08	0,14	1	0,10	0,15	0,12	0,14	0,11	0,20	0,15	0,16
DRR X	0,22	0,17	0,17	0,17	0,14	0,17	0,10	1	0,17	0,19	0,17	0,17	0,26	0,18	0,24
PEG A	0,35	0,30	0,28	0,29	0,14	0,21	0,15	0,17	1	0,20	0,29	0,29	0,39	0,33	0,36
USE G	0,29	0,17	0,20	0,18	0,13	0,12	0,12	0,19	0,20	1	0,21	0,21	0,34	0,20	0,32
HAS	0,45	0,33	0,38	0,37	0,28	0,18	0,14	0,17	0,29	0,21	1	0,40	0,42	0,40	0,43
M	0,44	0,28	0,36	0,46	0,33	0,16	0,11	0,17	0,29	0,21	0,40	1	0,46	0,43	0,44
MET	0,64	0,40	0,52	0,48	0,32	0,25	0,20	0,26	0,39	0,34	0,42	0,46	1	0,48	0,75
SBU X	0,48	0,39	0,44	0,51	0,33	0,24	0,15	0,18	0,33	0,20	0,40	0,43	0,48	1	0,49
WFC	0,63	0,40	0,54	0,46	0,36	0,21	0,16	0,24	0,36	0,32	0,43	0,44	0,75	0,49	1

Anexo 3: Matriz de covarianza entre los distintos activos seleccionados a nivel determinístico.

	MMM	AAPL	JNJ	NKE	WMT	AKRX	ABTL	DRRX	PEGA	USEG	HAS	M	MET	SBUX	WFC
MM	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001
M	419	842	654	866	486	905	809	274	145	631	823	997	478	914	219
AAP	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001
L	842	849	486	851	409	171	830	404	387	352	835	917	322	056	093
JNJ	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	654	486	797	551	391	710	476	712	683	841	514	613	911	628	787
NKE	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
	866	851	551	229	514	100	982	205	179	305	834	312	391	228	115
WM	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T	486	409	391	514	089	469	318	682	386	637	437	669	654	554	603
AK	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0011	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
RX	905	171	710	100	469	003	685	730	936	882	915	042	600	270	140
ABT	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0013	0,0001	0,0001	0,0002	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
L	809	830	476	982	318	685	845	869	544	030	793	768	427	889	956
DR	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0002	0,0001	0,0022	0,0002	0,0004	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001
RX	274	404	712	205	682	730	869	995	272	321	248	607	434	396	844
PEG	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0002	0,0007	0,0002	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001
A	145	387	683	179	386	936	544	272	459	596	220	515	078	452	601
USE	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0002	0,0004	0,0002	0,0022	0,0001	0,0001	0,0003	0,0001	0,0002
G	631	352	841	305	637	882	030	321	596	437	526	884	116	522	468
HAS	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001
	823	835	514	834	437	915	793	248	220	526	311	156	256	991	054
M	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	0,0001	0,0001
	997	917	613	312	669	042	768	607	515	884	156	683	719	330	381
MET	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0003	0,0001	0,0001	0,0003	0,0001	0,0002
	478	322	911	391	654	600	427	434	078	116	256	719	777	517	364
SBU	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001
X	914	056	628	228	554	270	889	396	452	522	991	330	517	605	280
WF	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002
C	219	093	787	115	603	140	956	844	601	468	054	381	364	280	613



Anexo 4: Informes de simulaciones y optimizaciones mediante @risk Optimizer y base datos.



beta mayor a 1 y desviacion menor o beta menor a 1 y desviacion menor o beta_multiobjetivo portfolio tesis - base de datos.xlsx

