UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Propuesta de una cartera de inversión que optimice la rentabilidad de la inversión en épocas de inflación, teniendo en cuenta países emergentes de Asia y el Pacífico a través de metodologías de correlación topológica de grafos y entropía del mercado

Christian Camilo Muñoz Manquillo

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas, Escuela de Administración
Bogotá, Colombia
2023

Propuesta de una cartera de inversión que optimice la rentabilidad de la inversión en épocas de inflación, teniendo en cuenta países emergentes de Asia y el Pacífico a través de metodologías de correlación topológica de grafos y entropía del mercado

Christian Camilo Muñoz Manquillo

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magíster en Administración

Director:

Ph.D., Miguel Víctor Chirinos Grados

Línea de Investigación: Finanzas

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas, Escuela de Administración

Bogotá, Colombia

2023

En principio, agradezco a Dios por esta etapa de mi vida por los conocimientos y enseñanzas que me brindaron profesores y amigos y a mi familia que me brindo su apoyo incondicional en cada momento de mi formación.

A mi familia, especialmente, a mis padres Edna Manquillo, Marles Muñoz y hermanos Nicolás Muñoz y Julián Alejandro Muñoz, quienes me apoyaron en este proceso de aprendizaje con esfuerzo y mucho cariño para realizar el sueño de ser magister.

A mi director de investigación Miguel Víctor Chirinos, por su colaboración y conocimiento profesional, que me ayudo en mi trabajo de investigación.

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, exceptodonde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definidapor la universidad.

Christian Camilo Muñoz Manquillo

1 de agosto de 2023

Resumen

Propuesta de una cartera de inversión que optimice la rentabilidad de la inversión en épocas de inflación, teniendo en cuenta países emergentes de Asia y el Pacífico a través de metodologías de correlación topológica de grafos y entropía del mercado

Este trabajo propone una cartera de inversión que optimice la rentabilidad de la inversión en épocas de inflación, bajo un escenario de previsión perfecta, teniendo en cuenta países emergentes de Asia y el Pacífico a través de metodologías de correlación topológica de grafos y entropía del mercado.

De esta manera creamos la cartera de inversión utilizando las ideas convencionales de reducir el riesgo y maximizar las ganancias. Los principales índices bursátiles de Filipinas, Indonesia, Malasia, Tailandia y Singapur se utilizaron para calcular la entropía del mercado de una región del mundo emergente que había demostrado crecimiento económico y baja inflación. Después de elegir los activos más representativos del mercado emergente de Asia Pacífico, se estimó una cartera de inversión. Para el periodo 2020-2022, se llevó a cabo una optimización de la cartera de inversión, lo que evidenció que casi el 50% de la cartera de inversión se basaba en la acción MMBM de Malasia. Mientras tanto, el resto de las asignaciones se distribuyó más uniformemente, oscilando entre un 4.46% y un 7.73%.

De acuerdo con los hallazgos, los mercados financieros de los países en desarrollo de Asia Pacífico tienen un potencial de ganancias superior a los de los mercados desarrollados debido a su mayor expansión económica y a su menor exposición a los riesgos mundiales. En consecuencia, se demostró que invertir en los mercados financieros de estas naciones en desarrollo de Asia y Pacífico es una estrategia efectiva para defenderse contra la inflación mundial y obtener un mayor rendimiento a largo plazo.

Palabras clave: países emergentes, mercado de valores, índices bursátiles, inflación, rentabilidad, cartera de inversión.

Abstract

Proposal for an investment portfolio that optimizes investment profitability in times of inflation, taking into account emerging countries in Asia and the Pacific through graph topological correlation and market entropy methodologies

This work proposes an investment portfolio that optimizes investment profitability in times of inflation, under a perfect forecast scenario, taking into account emerging countries in Asia and the Pacific through graph topological correlation and market entropy methodologies.

In this way we create the investment portfolio using the conventional ideas of reducing risk and maximizing profits. Major stock indices from the Philippines, Indonesia, Malaysia, Thailand and Singapore were used to calculate market entropy for an emerging world region that had demonstrated economic growth and low inflation. After choosing the most representative assets of the emerging Asia Pacific market, an investment portfolio was estimated. For the period 2020-2022, an optimization of the investment portfolio was carried out, which showed that almost 50% of the investment portfolio was based on the Malaysian MMBM stock. Meanwhile, the rest of the allocations were more evenly distributed, ranging between 4.46% and 7.73%.

According to the findings, the financial markets of developing countries in Asia Pacific have higher profit potential than those of developed markets due to their greater economic expansion and lower exposure to global risks. Consequently, investing in the financial markets of these developing Asia-Pacific nations has been proven to be an effective strategy to defend against global inflation and earn higher long-term returns

Keywords: Emerging countries, Stock market, Stock indexes, Inflation, Profitability, Investment portfolios**.**

Contenido

Pág.

Resumen ..... **VII**

Abstract ..... **VIII**

Lista de Figuras ..... **XI**

Lista de Tablas ..... **XII**

Lista de Ecuaciones ..... **XIII**

Lista de Abreviaturas ..... **XIV**

Introducción **1**

1. Objetivos **5**
1.1 Objetivo general 5
1.2 Objetivos específicos 5

2. Metodología **7**

3. Marco Teórico **9**
3.1 Mercado financiero 9
3.2 Mercado de capitales 10
3.3 Bolsa de valores 10
3.4 Efectos del COVID-19 en la economía de países emergentes 11
3.5 Asia Pacífico mantuvo el crecimiento y moderó la inflación 12
3.6 Economías de la región Asia Pacífico 15
3.6.1 Economía de Filipinas 15
3.6.2 Economía de Indonesia 16
3.6.3 Economía de Malasia 17
3.6.4 Economía de Singapur 18
3.6.5 Economía de Tailandia 19

4. Marco Conceptual **21**
4.1 Teoría del portafolio 21
4.2 Optimización y construcción de un portafolio (Cartera) 22
4.3 Riesgo financiero 23
4.4 Concepto de entropía del mercado 24
4.5 La entropía en las finanzas 25
4.6 Inflación cuáles son sus causas, qué afecta 26

4.7 Comportamiento de la inflación y expectativas racionales sobre el futuro, previsión perfecta, e incertidumbre 28
4.8 Teoría de grafos 29
4.9 Teoría de grafos en finanzas 30
4.10 Arboles de mínima expansión 32
4.11 Arboles de expansión mínima en la cartera de inversión 34
4.12 Procesos ARIMA, ARCH y GARCH 36
4.12.1 Algoritmo de optimización automática 36
4.12.2 Modelo ARCH 37
4.12.3 Modelo GARCH 38

5. Identificación de las variables de modelación 41

6. Análisis de estructura topológica y entrópica 47
6.1 Correlación de los rendimientos financieros 47
6.2 Grafos topológicos por país 49
6.2.1 Filipinas 50
6.2.2 Indonesia 51
6.2.3 Malasia 52
6.2.4 Tailandia 53
6.2.5 Singapur 54
6.3 Análisis del mercado bursátil regional 55
6.3.1 Grafo circular regional 55
6.3.2 Árbol de mínima expansión regional 56

7. Diseño de la cartera de inversión 59
7.1 Diseño de la cartera 59
7.1.1 Definición de la similaridad entrópica 59
7.1.2 Cálculo de similaridad para el mercado de Asia Pacífico 59
7.2 Activos constituyentes de la cartera de inversión 62
7.3 Correlación de activos seleccionados de la cartera de inversión 62
7.4 Optimización de la cartera de inversión 65
7.5 Rendimiento del portafolio optimizado 66
7.6 Métricas de riesgo 67

8. Bibliografía 69

9. Bibliografía 71

10. Anexos 78
10.1 Resultados de automatización ARIMA 78
10.2 Algoritmo para cálculo de grafos 83
10.3 Algoritmo para el índice de Jaccard 87
10.4 Algoritmo para estimación GARCH 89

Lista de Figuras

Pág.

Figura 1: Clasificaciones de la preparación de los países de Asia Pacífico 12
Figura 2: Grafo de Árbol de decisión en valoración de inversiones..... 31
Figura 3: Serie de rendimientos de AC con dos desviaciones estándar superpuestas . 48
Figura 4: Distribución de densidad de los rendimientos de AC con curva normal 48
Figura 5: Densidad empírica de los residuos del proceso GARCH para AC 49
Figura 6: Grafo circular para el mercado de Filipinas..... 50
Figura 7: Árbol de mínima expansión para el mercado de Filipinas 50
Figura 8: Grafo circular para el mercado de Indonesia 51
Figura 9: Árbol de mínima expansión para el mercado de Indonesia..... 51
Figura 10: Grafo circular para el mercado de Malasia 52
Figura 11: Árbol de mínima expansión para el mercado de Malasia..... 52
Figura 12: Grafo circular para el mercado de Tailandia 53
Figura 13: Árbol de mínima expansión para el mercado de Tailandia..... 53
Figura 14: Grafo circular para el mercado de Singapur 54
Figura 15: Árbol de mínima expansión para el mercado de Tailandia..... 54
Figura 16: Grafo circular para el mercado regional..... 55
Figura 17: Árbol de mínima expansión para el mercado regional 56
Figura 18: Matriz gráfica de correlación para los retornos diarios de los activos..... 63
Figura 19: Matriz gráfica de correlación para los residuales GARCH de los activos 64
Figura 20: Asignación óptima de las acciones de la cartera de inversión 65
Figura 21: Frontera eficiente de la cartera de inversión 2020-2022 66
Figura 22: Crecimiento de la cartera de inversión conformado por Exchange 66
Figura 23: Retornos anualizados de la cartera de inversión de índices 67

Lista de Tablas

Pág.

Tabla 1: Inflación, precios al consumidor (% anual) de Asia Pacífico 14
Tabla 2: Acciones consideradas de cada uno de los países en mención 41
Tabla 3: Acciones consideradas de cada uno de los países en mención 42
Tabla 4: Resumen estadístico de las series de rendimientos diarios entre 2020-2022 .. 43
Tabla 5: Pruebas *ARCH* sobre retornos de los índices bursátiles 44
Tabla 6: Mapas de correlación bivariadas entre retornos bursátiles 60
Tabla 7: Índices de Jaccard bivariados 61
Tabla 8: Activos de la región de Asia Pacífico escogidos para la cartera 62
Tabla 9: Matriz de correlación bivariada para rendimientos diarios 64
Tabla 10: Matriz de correlación bivariada para residuales GARCH 64
Tabla 11: Métricas de riesgo para la cartera de inversión optimizada 67

Lista de Ecuaciones

Pág.

Ecuación 1: Índice generalizado de Jaccard 59
Ecuación 2: Índice de Jaccard bivariado para residuales estimados 59
Ecuación 3: Coeficiente de correlación incondicional 60
Ecuación 4: Coeficiente de correlación en forma matricial 60
Ecuación 5: Distancia euclídea entre retornos 61

Lista de Abreviaturas

Abreviaturas

Abreviatura	Término
AC	Ayala Corp
AGI	Alliance Global Group Inc
MMBM	Bny Mellon Ma Intermediate Municipal Bond Fund Class M
TENA	Tenaga Nasional Bhd
GENT	Genting Bhd
EIDO	MSCI Tailandia
EWS	MSCI Singapur
EPHE	MSCI Philippines
EIDO	MSCI Indonesia
EWM	MSCI Malaysia
THD	MSCI Thailand
EWS	MSCI Singapore

Introducción

Desde el campo de acción de las ciencias económica abordar el fenómeno de la inflación y ofrecer soluciones que tomen en cuenta sus efectos, ya que los efectos del aumento de los precios, incluidos los costos logísticos y otros, tienen un impacto inmediato y significativo en el poder adquisitivo y el bienestar tanto de las empresas como de los inversores. En general, las empresas privadas son las que inician proyectos de inversión debido a la relación entre la oferta de ahorro y las necesidades de financiamiento de empresas y gobiernos. La inflación se considera un factor de incertidumbre que afecta las decisiones de ahorro de las empresas. (Akinsola & Odhiambo, 2017).

En este sentido, si no se crean componentes o estrategias para disminuir la inflación, esto traerá grandes y graves consecuencias para los países, entre las que están: la pérdida de poder adquisitivo, el dinero pierde gran valor, se reduce la capacidad de ahorro, reducción de la inversión por parte de empresas extranjeras, alza de los precios de mayor consumo en el hogar, entre otras (Frenkel R, 1979).

Ante lo expresado, los inversionistas deben optar por herramientas que optimicen la rentabilidad de la inversión en épocas de inflación, cabe mencionar que en estos tiempos la renta variable es algo que se debe reflexionar desde un contexto económico, por lo tanto, el autor Frenkel R, (1979) propone que “el comportamiento de estos activos debería ser proporcional a la inflación”.

Según Palma, (2022). “Los países de economías emergentes que se resisten al comportamiento de la inflación se encaminan hacia la inversión”, ellos mismos promueven el crecimiento de los negocios financieros, brindan alternativas u opciones de inversión, financiamiento, innovación y liquidez. Tanto inversionistas naturales y corporativos se ven favorecidos con las inversiones, debido a que los aspectos anteriormente mencionados son muy substanciales dentro de una cartera de inversión. Por lo tanto, los países de Asia y el Pacífico (Filipinas, Singapur, Malasia, Indonesia, y Tailandia), Desde 2018 hasta la actualidad, estos países han mantenido representaciones económicas muy favorables.

Gracias a sus diversas inversiones y exportaciones, han logrado mantener un crecimiento económico sólido y en constante cambio (Palma, 2022).

Las perspectivas de la región de Asia Pacífico a mediano y largo plazo son positivas y muy atractivas para los inversionistas, convirtiéndose este destino en el más atractivo para inversores de riesgo debido a que esta región cuenta con una enorme dimensión demográfica y un gran potencial de crecimiento del consumo interior, esto se deriva en que hay menores probabilidades de salida de capital y un potencial surgimiento de unas clases altas y medias urbanas, mejor educadas, cada vez más conectadas y abiertas al mundo, dado que, los países emergentes de Asia Pacífico concentran las mejores empresas en periodos inflacionarios (Plascencia, 2019).

De esta manera seleccionamos la región de Asia Pacífico porque la mayoría de los países emergentes de esta región lograron recuperarse de los efectos de la pandemia de COVID-19 en 2022. Durante este tiempo, los países emergentes de la región experimentaron un crecimiento del 2.6% en 2021, que se incrementó al 5.3% en 2022. (Thangavelu & Narjoko, 2021).

Según el estudio de Rosas (2021), la región de Asia Pacífico, en particular las naciones emergentes como Filipinas, Indonesia, Malasia, Singapur y Tailandia, seguirá siendo la principal fuerza impulsora de la economía mundial. Esta autora concluye en su estudio que los países en desarrollo mantengan tasas de crecimiento superiores a las de los países desarrollados, aunque a ritmos y cifras moderados, al mismo tiempo que contrarrestan los efectos de la inflación. (p, 22).

Ante lo expresado, este trabajo investigativo tiene como tarea principal, proponer una cartera de inversión que optimice la rentabilidad de la inversión en épocas de inflación, bajo un escenario de previsión perfecta por lo cual los resultados en términos nominales y reales presentarán el mismo valor presente. Por consistencia, se trabaja con términos nominales que permitirá que la reproducción de nuestros resultados sea más fácil para el lector, por lo que dejaremos de lado los términos reales y nos enfocaremos en términos nominales.

Por consiguiente, teniendo en cuenta metodologías de correlación topológicas de grafos y entropía del mercado. Se orientará en emplear herramientas que le ofrezcan la rentabilidad de invertir en activos de los principales índices bursátiles de los países de Filipinas, Indonesia, Malasia, Singapur y Tailandia a las empresas de los países emergentes de Asia y el Pacífico.

Este documento está organizado de la siguiente manera. En la sección 1 se presenta una revisión bibliográfica tanto del marco conceptual como del teórico sobre el cual se fundamenta este trabajo, como de los efectos del COVID-19 en la economía de los países emergentes, el crecimiento y la moderación que ha tenido la región de Asia y el Pacífico con la inflación generada por la pandemia. La sección 2 explica las variables de identificación en la metodología empleada para proponer una cartera de inversión que optimice la rentabilidad de la inversión en épocas de inflación, bajo un escenario de previsión perfecta, para determinar los parámetros de las variables estáticas y dinámicas, enfocándose en la rentabilidad y los activos para la cartera de inversión. En la sección 3 se presenta el análisis de estructura topológica y entropía del mercado, a las principales opciones de inversión en el mercado de renta variable. La sección 4, con base en el apartado anterior, se presenta el diseño de la cartera de inversión que ayude a optimizar la rentabilidad de la inversión en épocas de inflación bajo un escenario de previsión perfecta, y la última sección presenta las conclusiones y anexos de este trabajo.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Proponer una cartera de inversión que optimice la rentabilidad de la inversión en épocas de inflación, teniendo en cuenta países emergentes de Asia Pacífico a través de metodologías de correlación topológica de grafos y entropía del mercado.

1.2 Objetivos específicos

- Analizar las economías emergentes de país de Asia y el Pacífico teniendo en cuenta los efectos de los activos financieros en materia de inversión con índices bajos en inflación en la actualidad.
- Determinar parámetros de las variables estáticas y dinámicas, enfocándose en las métricas estadísticas de dispersión y rentabilidad de los activos, para la cartera de inversión.
- Identificar a través del análisis de estructura correlacional, topología de grafos y análisis de entropía, a las primordiales opciones de inversión en el mercado de renta variable.
- Determinar los pesos de una cartera de inversión que optimice la rentabilidad de la inversión en épocas de inflación, bajo un escenario de previsión perfecta.

2. Metodología

El propósito de esta investigación es sugerir una cartera de inversión que maximice la rentabilidad en tiempos de inflación, partiendo de la idea de un escenario de previsión ideal. Para lograr esto, se utilizarán metodologías de correlación topológica de grafos y entropía del mercado para tomar en cuenta los países emergentes de Asia y el Pacífico. En primer lugar, se han establecido las naciones en desarrollo que han demostrado una economía robusta y una tasa de inflación baja. Estos países incluyen Filipinas, Indonesia, Malasia, Tailandia y Singapur, utilizando los índices bursátiles más importantes de cada uno.

Para lograr esto, estimaremos los cálculos de inversión en Filipinas, Indonesia, Malasia, Singapur y Tailandia, que son países emergentes de Asia y el Pacífico. Utilizaremos estrategias como la entropía del mercado y la topología de grafos. En primer lugar, analizando cada país individualmente, se explicarán brevemente los efectos del COVID-19 en la economía de estos países emergentes y la manera en que la región prospera a pesar de la inflación.

Se explicará las variables de identificación en la metodología empleada para proponer una cartera de inversión que optimice la rentabilidad de la inversión en épocas de inflación, bajo un escenario de previsión perfecta, para determinar los parámetros de las variables estáticas y dinámicas, enfocándose en las cinco economías de Asia Pacífico con alto crecimiento y mínima inflación en los últimos tres años, se realizarán estadísticas descriptivas de las series de rendimientos diarios que corresponden al número de activos bursátiles por país. Encontrando los resultados de la tendencia central (media aritmética y mediana) de los rendimientos diarios, se grafican los retornos diarios de los índices bursátiles de cada país de Asia Pacífico y se ejecuta una prueba estadística de efectos ARCH sobre ellos.

La metodología que se va a efectuar en este estudio es el árbol de mínima expansión: cuyo objetivo primordial es identificar los diferentes agrupamientos (clústeres) y nodos valiosos del árbol para conservar la estabilidad del mercado de valores. en inversiones de los países emergentes de Asia y el Pacífico

Los datos usados serán los descargados de Bloomberg en los períodos correspondientes a 2020-01-01 hasta 2022-12-31. Los datos están compuestos por los cierres de las acciones que componen los principales índices bursátiles de los países emergentes en frecuencia diaria.

En esta investigación aplicada, se construirá una cartera de inversión que optimice la rentabilidad de la inversión en épocas de inflación, bajo un escenario de previsión perfecta por lo cual los resultados en términos nominales y reales presentarán el mismo valor presente, teniendo en cuenta la entropía del mercado bursátil. El valor añadido de esta investigación es que no construye el portafolio basándose en los conceptos tradicionales de maximizar la ganancia y minimizar el riesgo, se calculará la entropía del mercado de una región del mundo emergente que ha demostrado crecimiento económico y baja inflación esta región es el Asia Pacífico. esta investigación cuyo enfoque epistemológico es de tipo cuantitativo.

3. Marco Teórico

3.1 Mercado financiero

Un mercado financiero es donde vendedores y compradores se reúnen para negociar productos financieros. El activo principal que se intercambia en estos mercados es el dinero. Aunque los términos "mercado de deuda", "mercado de capitales" y "mercado de divisas" se utilizan con frecuencia, todos ellos se refieren a aspectos de la negociación de activos financieros. Sin embargo, los mercados monetarios tienen variaciones en cuanto a la liquidez, la naturaleza electrónica o virtual, entre otros factores. (Pascale, 2009).

A lo largo de los años, las condiciones monetarias han cambiado para hacerla más segura, facilitar las transferencias y aumentar los retornos económicos más rápidamente. Los mercados financieros existen en todos los países del mundo, y cada país tiene un sistema cambiario que permite el desarrollo de la economía local. Algunos son grandes y desarrollados porque tienen un gran número de participantes (por ejemplo, las bolsas estadounidenses), mientras que otros son muy pequeños y tienen muy poca liquidez (Kirzner, et al. 2006).

Hoy en día, la tecnología ha permitido el desarrollo de los mercados financieros para que los inversores puedan encontrar una variedad de productos que ofrecen muchos activos financieros en cada mercado. Si bien muchos mercados están abiertos a los inversores públicos, otros sólo están disponibles para los inversores privados que gestionan grandes cantidades de capital (Pascale, 2009).

Cuando se trata de invertir, cada parte tiene un interés o propósito particular para sus acciones. Actualmente, existe una variedad de herramientas y mecanismos que permiten a cada individuo o institución financiera tomar posiciones diferentes dependiendo de sus objetivos de inversión.

3.2 Mercado de capitales

Según Foley (1991), "un conjunto de mercados financieros que incluyen acciones, bonos y otros valores de tasa fija o variable" constituye el mercado de capitales. No obstante, los activos financieros que se encuentran en el mercado de dinero no están incluidos en esta idea.

El mercado de capitales se divide en dos categorías: el mercado de capitales no bancario o de instrumentos y el mercado de capitales bancario o intermediado. El primero incluye todos los bienes y servicios financieros que ofrecen instituciones como bancos, sociedades financieras, corporaciones financieras, sociedades fiduciarias y otras entidades que brindan servicios financieros. Por otro lado, el mercado de valores, que forma parte del mercado de capitales no bancario, abarca todas las operaciones de compra y venta de instrumentos de tasa fija y variable. Estas transacciones se llevan a cabo en la bolsa de valores (Franco, et al. 2011).

3.3 Bolsa de valores

Una bolsa de valores es "un lugar público para negociar valores (acciones, bonos, derivados, tasas de interés, materias primas, etc.)". Como se menciona en Foley (1991), el gobierno, los emisores de valores y el personal calificado que brinda asesoría de inversión a los inversores supervisan y regulan estas bolsas.

Existe una gran cantidad de intercambios financieros a nivel mundial, cada uno con sus propias características y diferentes niveles de negociación. Con más de 2000 empresas cotizadas y una capitalización de mercado superior a los 20 miles de millones de dólares, la Bolsa de Valores de Nueva York (NYSE) es actualmente el mercado de valores más grande del mundo. (Franco, et al. 2011).

3.4 Efectos del COVID-19 en la economía de países emergentes

Un estudio del Banco Mundial (2020) indico que el COVID-19 ha tenido un impacto significativo en la economía mundial. Para frenar la propagación del virus, se han implementado restricciones sin precedentes y una parálisis económica. Según Baker, et al. (2020) las pandemias como la del COVID-19 reducen la inversión debido al aumento de la incertidumbre y el riesgo, lo que reduce la capacidad de producción y la confianza del consumidor, lo que reduce el consumo. Se prevé que una pandemia global podría costar alrededor de $800 mil millones a la economía mundial.

Los países con sistemas tributarios y de salud más frágiles enfrentan un impacto económico aún más severo debido a la falta de fondos para comprar medicamentos y vacunas. Además, la pandemia ha planteado un dilema entre abordar la crisis sanitaria mediante el distanciamiento social o tomar medidas de contención menos drásticas para evitar un freno económico (Gonzales, 2021, p. 18).

El impacto del COVID-19 en el mercado de valores ha sido incalculable. Se han registrado disminuciones en los valores en los mercados financieros de Estados Unidos, la Unión Europea, América Latina y Asia, debido tanto a las noticias negativas sobre la enfermedad como a las medidas políticas tomadas por los gobiernos. Por ejemplo, durante los primeros 22 días de la pandemia, los Estados Unidos tuvieron el mayor impacto en los índices bursátiles globales, aunque este impacto disminuyó a medida que la trayectoria de la pandemia se hizo más evidente (Rosas, et al. 2020, p. 18).

En medio del impacto económico global de la pandemia del COVID-19, los mercados financieros de todo el mundo experimentaron una alta volatilidad comparable a la crisis financiera del 2008, y se observaron pérdidas como las que sucedieron en 1987. La situación se complicó aún más por los niveles de deuda de algunos países (Rosas, et al. 2020, p. 22).

La pandemia del COVID-19 afecto negativamente el desarrollo del mercado de valores, porque hasta el 80% de la producción mundial se detuvo a causa de las medidas de contención social, que provocaron la disminución de bienes y servicios que paralizaron total o parcialmente los niveles de producción en una amplia gama de sectores productivos de la economía mundial (Estrada, et al. 2020)

3.5 Asia Pacífico mantuvo el crecimiento y moderó la inflación

La economía de los países de Asia pacífico los gobiernos fueron capaces de contener el progreso de los contagios, durante la pandemia mantuvieron en niveles manejables y con números mínimos de muertes y obtuvieron resultados notables al transitar de una política sanitaria basada en la contención de los contagios a una estrategia orientada a la mitigación de estos y de sus efectos sobre la población, ayudando así a la economía de estos países.

La pandemia puso en marcha una respuesta decidida y de gran magnitud de los países de Asia pacífico a través de políticas económicas que, en términos generales, lograron mitigar los costos humanos más graves a corto plazo, esta medida tuvo una gran relevancia frente a la economía de estos países, dado que, no se paralizo por completo la economía en especial los mercados financieros, ya que, las economías emergentes de Asia representan solo el 10% de los índices del mercado de acciones globales y solo el 3% de los mercados de bonos globales.

Figura 1: Clasificaciones de la preparación de los países de Asia Pacífico ante la covid 19

Baja a elevada	Desarrollo humano			Sistema de salud				Conectividad	
	Índice de desarrollo humano (IDH)	IDH ajustado por la desigualdad (IDH-D)	Desigualdad en el IDH	Médicos	Enfermeros y obstetras	Camas de hospitales	Gasto en salud	Abonos de telefonía móvil	Abonos de banda ancha fija
	(índice) 2018		(porcentaje) 2018	(por cada 10.000 personas) 2010–2018			(% del PIB) 2016	(por cada 100 personas) 2017–2018	
Singapur	0,935	0,810	13,3	23,1	72	24	4,5	145,7	28,0
Brunei Darussalam	0,845	..	..	17,7	66	27	2,3	131,9	11,5
Malasia	0,804	..	..	15,1	41	19	3,8	134,5	8,6
Tailandia	0,765	0,635	17,0	8,1	30	21	3,7	180,2	13,2
Filipinas	0,712	0,582	18,2	12,8	2	10	4,4	110,1	3,7
Indonesia	0,707	0,583	17,5	3,8	21	12	3,1	119,8	3,3
Viet Nam	0,693	0,580	16,3	8,2	14	26	5,7	147,2	13,6
Timor-Leste	0,626	0,450	28,0	7,2	17	59	4,0	103,2	0,0
Rep. Dem Popular Lao	0,604	0,454	24,9	5,0	10	15	2,4	51,9	0,6
Myanmar	0,584	0,448	23,2	8,6	10	9	5,1	113,8	0,2
Camboya	0,581	0,465	20,1	1,7	10	8	6,1	119,5	1,0

Fuente: Banco Mundial (2020) Los impactos económicos de la pandemia y los nuevos riesgos de recuperación.

El crecimiento económico en Asia especialmente en la región del Pacífico en los países emergentes ayudó a la economía del continente en su crecimiento, porqué, los activos asiáticos emergentes se convirtieron en carteras más grandes para los inversores globales (Estrada, et al. 2020).

La recuperación de Asia tendrá implicaciones de gran alcance para los inversores, sobre todo, porque los mercados financieros aún no le han prestado atención a esta región. Basta con observar el panorama de los índices mundiales de renta variable y renta fija para comprobar hasta qué punto Asia está insuficientemente representada en los portafolios de inversión a nivel mundial (Gereffi, 1989).

Las economías emergentes de Asia representan solo el 10% de los índices del mercado de acciones globales y solo el 3% de los mercados de bonos globales, a pesar de representar alrededor del 24% de la economía y las ganancias corporativas globales, se puede convertir en una parte más importante del panorama de inversión a medida que los mercados de capitales de la región se profundicen y se abran a los inversores extranjeros (Gereffi, 1989).

La respuesta efectiva de países emergentes de Asia Pacífico a la pandemia y la resiliencia económica, se deben en gran medida a una serie de reformas estructurales históricas que la región ha implementado durante las últimas dos décadas. Según el autor (Gereffi, 1989). “Se espera que este proceso se acelere durante la próxima década”, dado que, desde la crisis monetaria de fines de la década de 1990, los países asiáticos han reformado sus marcos institucionales, regulatorios y de mercado de capitales para fortalecer su competitividad internacional y fortalecer los cimientos de su crecimiento económico a largo plazo (Estrada, et al. 2020).

Otra clave para la recuperación económica postpandemia es lograr una mayor integración regional, la cual se puede obtener gracias al anuncio de la Asociación Económica Integral Regional (RCEP) de países emergentes. Un nuevo y ambicioso acuerdo comercial que abarca el comercio de bienes, servicios e inversiones entre 15 países que albergan el 30% de la población mundial. Se espera que el acuerdo impulse aún más el crecimiento a largo plazo mediante la eliminación de las barreras comerciales y el fomento de una mayor inversión extranjera directa (Rangel. 2021).

Tabla 1: Inflación, precios al consumidor (% anual) de Asia Pacífico

Inflación, precios al consumidor (% anual)				
País	2019	2020	2021	2022
Filipinas	2,39	2,39	3,93	5,82
Malasia	0,66	-1,14	2,48	3,38
Indonesia	3,03	1,92	1,56	4,21
Singapur	0,57	-0,18	2,30	6,12
Tailandia	0,71	-0,85	1,23	6,08
Vietnam	2,80	-3,22	1,83	3,16
Camboya	1,94	-2,94	2,92	5,34
Laos	3,32	-5,10	1,76	2,96
Brunéi	-0,39	-1,94	1,73	3,68
Birmania	1,61	-0,85	2,86	3,59
Taiwán	1,81	-0,97	2,98	5,59

Fuente: elaboración propia

A pesar de las consecuencias sociales y económicos generadas por la pandemia del COVID-19, Asia Pacífico se ha mantenido fuerte y ha estado emergiendo al mundo con mayor influencia.

De acuerdo con este criterio, se han seleccionado Filipinas, Indonesia, Malasia, Singapur y Tailandia. Debido a su manejo excepcional de la pandemia de COVID-19, estos países han tenido una gran influencia económica a nivel mundial. Mantuvieron los niveles de contagio bajo control y evitaron las muertes. Además, llevaron a cabo políticas sanitarias efectivas centradas en la prevención y reducción de los contagios, lo que impulsó el desarrollo y el crecimiento económico, lo que se reflejó en el PIB de cada nación. Se consideró que los países asiáticos demostraron la mayor capacidad de defensa y resiliencia contra el coronavirus, lo que contribuyó a la estabilidad económica y la

moderación de la inflación Por otro lado, naciones como Brunéi y Birmania fueron descartadas debido a su falta de manejo adecuado de la pandemia, lo que provocó un estancamiento económico en lugar de un crecimiento sostenido. (Rosales & Osvaldo, 2021).

Los países de Asia Pacífico, como Filipinas, Indonesia, Malasia, Singapur y Tailandia, han experimentado un notable crecimiento económico en las últimas décadas, acompañado de una disminución de la inflación y un aumento en el nivel de vida de sus ciudadanos. En la región, este fenómeno ha sido una tendencia constante, reflejando el progreso económico sostenido y la mejora de las condiciones de vida de los habitantes. utilizando datos del Banco Mundial para el año 2022, para analizar el PIB per cápita (nominal) de los países mencionados. Filipinas tiene un PIB per cápita (nominal) de $4,422 con un crecimiento anual del 4,3% desde 2010 hasta 2022. En Indonesia, el PIB per cápita (nominal) fue de $4,182, con un crecimiento anual del 5.1%. Singapur tiene un impresionante PIB per cápita (nominal) de $72,724 con un crecimiento anual del 3.8%, mientras que Malasia tiene un PIB per cápita (nominal) de $12,944 con un crecimiento anual del 4.0%. Por último, pero no menos importante, Tailandia tiene un PIB per cápita (nominal) de $7,334 y un crecimiento anual del 4.2% (Prieto, 2022).

3.6 Economías de la región Asia Pacífico

3.6.1 Economía de Filipinas

La crisis asiática de 1997, también conocida como la crisis financiera asiática, tuvo un impacto significativo en la región, implicando una depreciación de las monedas y una serie de dificultades económicas para varios países del sudeste asiático. Sin embargo, a pesar de los desafíos que enfrentó en ese momento, Filipinas ha mantenido su estatus como país emergente en los últimos años (Doner, 1991).

Este estatus se atribuye a varios factores, incluidos sus abundantes recursos naturales y su sólido crecimiento económico. Aunque su PIB per cápita sigue siendo de nivel medio, el país ha demostrado un potencial de crecimiento significativo. Además, la estructura demográfica de Filipinas, con más del 30% de la población con menos de 15 años,

proporciona una base demográfica favorable para el crecimiento económico futuro (Doner, 1991).

Filipinas ha demostrado un crecimiento económico claro y sostenible del 6% al 7% anual en los últimos años, debido a la baja deuda, la inflación moderada y una fuerza laboral joven. El motor de la economía es el sector de servicios manufactureros y financieros, que ha seguido creciendo en los últimos años, dado que, la demanda, en el consumo de los hogares se encuentra en lo más alto gracias al aumento de los salarios y las remesas de los filipinos en el exterior (Doner, 1991).

La economía filipina cerró en 2021 con una tasa de crecimiento del 5,9%, superando ampliamente el crecimiento previsto por el Fondo Monetario Internacional FMI, esto ocasionado por la inversión extranjera directa que se concentró en las principales empresas de este país (Banco Mundial, 2020).

Por consiguiente, el mercado de valores fue el principal beneficiado por este crecimiento, dado que, la inversión extranjera directa ayudó a que el principal índice bursátil de la Bolsa de Valores de Filipinas el PSE Composite Index (PSEi), se valorizara ya que está compuesto por las empresas más importantes del país, abarcando sectores como: bienes de equipo y tecnología industrial, industria automotriz, agroalimentaria, industria química, productos metálicos y elementos de construcción (Alonso, 2020).

3.6.2 Economía de Indonesia

Indonesia ha tenido la economía más grande de Asia Pacífico en los últimos cinco años. La abundancia de recursos naturales de este país ha impulsado su economía significativamente. La abundancia de recursos naturales de Indonesia ha provocado un aumento en la demanda interna y externa, lo que ha impulsado los flujos de inversión, especialmente en la exportación de dichos recursos naturales. "Indonesia por su tamaño, recursos y potencial de crecimiento la hacen un mercado emergente muy atractivo", afirma Pávez-Rosales (2016).

Indonesia, siendo un país subtropical de gran extensión, hace que sea uno de los mayores productores de cereales, arroz y maíz, además, tiene relevancia en la producción de minerales, siendo el mayor productor mundial de níquel y tiene el octavo puesto en la producción de cobre a nivel mundial. De otro lado, a medida que comienza a exportar estas materias primas y convertirse en una parte más importante de la cadena de suministro a nivel global Indonesia está experimentando un crecimiento significativo en la inversión (Alonso, 2020).

Todo lo anteriormente mencionado contribuye a un mercado bursátil más dinámico y creciente, dado que, la mayoría de estas empresas que se dedican a estos sectores económicos, están dentro los principales índices de Indonesia como el IDX PEFINDO-25 que incluye las 25 empresas que más se cotizan en la Bolsa de Valores de Indonesia (Arranz, 2013).

De otro lado, Indonesia es miembro de la mayoría de las organizaciones y asociaciones internacionales, así como el G20. Por consiguiente, el país tiene acuerdos de cooperación con organismos internacionales y otros países recibiendo apoyo financiero y asistencia técnica para estimular la economía en su desarrollo y capacitación a nivel técnico e institucional (Arranz, 2013).

Todo esto convierte al país en un excelente socio para la comunidad internacional y en un destino potencialmente interesante para las relaciones económicas e inversiones comerciales en general.

3.6.3 Economía de Malasia

El desempeño económico de Malasia es el más admirado por los economistas de todo el mundo. Debido a que Malasia ha pasado de ser un productor de materias primas a una de las potencias emergentes de Asia Pacífico, siendo considerado la cuarta economía más grande de esta región (Jomo & Kansas, 2019).

El país tiene una estructura económica altamente diversificada, un mercado laboral favorable, inflación baja y estable, un sector financiero fuerte y bien capitalizado y una balanza de pagos saludable. Actualmente, Malasia está surgiendo como una economía emergente diversificada que es estimulada por las exportaciones y las industrias de alta

tecnología en componentes electrónicos. Además, el ecosistema maduro e integrado de Malasia desarrollado durante décadas ha fomentado fuertes cadenas de suministro locales que respaldan el crecimiento comercial a largo plazo (Jomo & Kansas, 2019).

Otro resultado del crecimiento económico de Malasia es la diversificación de su sector productivo, pasando de ser un país industrial a una economía basada en los sectores secundarios y de servicios, además de experimentar un crecimiento en la industria del turismo que representan el 40% del PIB (Jomo & Kansas, 2019).

Malasia se ha convertido en uno de los principales fabricantes mundiales de componentes electrónicos gracias a sus nuevas políticas económicas destinadas a reducir su dependencia de las exportaciones y atraer inversores extranjeros en áreas de alta tecnología como la producción médica y farmacéutica (Plascencia, 2019).

El mercado de valores y el sistema financiero de Malasia han demostrado ser resistentes y ordenados después de la pandemia, sin que el gobierno malayo tenga que intervenir financieramente. Hasta la fecha, el mercado de valores de Malasia ha anticipado una inversión extranjera neta de más de $1,42 millones para 2022. Esta inversión extranjera se ha concentrado principalmente en las empresas que forman parte del índice más importante del país, el FTSE Malaysia KLCI (KLSE). Este flujo de inversión ha hecho que Malasia sea un mercado emergente muy atractivo para inversionistas extranjeros. (Jomo & Kansas, 2019).

3.6.4 Economía de Singapur

El desarrollo de los mercados financieros y el alto nivel de apertura al comercio internacional se encuentran entre las grandes fortalezas de la economía de Singapur. Además, el país se beneficia de su posición estratégica en las rutas comerciales marítimas entre economías asiáticas como China e India (Prieto Isidro, 2022).

El país tiene una economía de mercado altamente desarrollada con un entorno comercial libre, próspero y abierto, muy poca corrupción, precios estables y un ingreso per cápita más alto que muchos países desarrollados. Singapur, es considerado uno de los países de Asia con mayor crecimiento junto con Hong Kong, Corea del Sur y Taiwán. La economía depende en gran medida de las exportaciones, especialmente de productos electrónicos y farmacéuticos de consumo, y de un sector financiero muy fuerte y en crecimiento (Prieto Isidro, 2022).

Una de las políticas económicas clave de Singapur es fomentar la inversión extranjera directa (IED), beneficiando así al mercado de valores. Por lo mismo, el pequeño país asiático está tratando activamente de atraer inversores extranjeros, creando un entorno favorable para que las empresas inviertan en el país esto incluyen la eliminación de barreras comerciales, reducciones de impuestos y simplificación de los procedimientos de registro de empresas (Huff, 1997).

La Bolsa de Valores de Singapur es una de las bolsas de valores más importantes a nivel mundial, y una de las más influyentes de Asia. Por lo mismo, Singapur ha mostrado una salud económica y un índice de Desarrollo Humano más alto, lo cual ha beneficiado a los índices más grandes del país (índice STI, FTSE Singapur y MSCI Singapur), los cuales representan sectores de la economía de Singapur y son adecuados para inversionistas que buscan exposición en acciones de Singapur de gran y mediana capitalización en sus carteras. Estos índices tienen un componente saludable (Prieto Isidro, 2022).

3.6.5 Economía de Tailandia

Tailandia tiene un sistema económico mixto que tienen la mayoría de los países del mundo, donde las principales fuentes de ingresos son la agricultura, industria, turismo, servicios y recursos naturales, las exportaciones de productos agrícolas y sus derivados continúan siendo la principal fuente de ingresos del país desde 2010 hasta la fecha (Rangel, 2021).

Las exportaciones y el turismo son los principales impulsores del crecimiento económico de Tailandia, que se caracteriza por su alta diversificación. Ambos sectores experimentaron un crecimiento notable en 2022. En particular, el turismo aumentó un 7,5 %, impulsado por la flexibilización de las restricciones de viaje y la recuperación de la

demanda global. Por otro lado, gracias a la fuerte demanda mundial de productos electrónicos y otros bienes manufacturados, las exportaciones también crecieron significativamente del 7,2 %. Estos hallazgos demuestran la capacidad de la economía tailandesa para adaptarse y prosperar a las transformaciones económicas. (Delgado, 2021).

Por lo tanto, Tailandia tiene la intención de fomentar un futuro crecimiento equilibrado y invertir en infraestructura sostenible en sectores clave como la alimentación, la agricultura, los servicios médicos, los servicios sociales, la bioenergía, la bioquímica, el turismo sostenible, las industrias creativas y la economía circular. Como resultado de sus políticas económicas efectivas, Tailandia se ha convertido en una economía de ingresos medios altos y está bien encaminada hacia el logro de los objetivos de desarrollo sostenible, lo que la convierte en una de las grandes historias de éxito en el desarrollo económico. (Rangel, 2021).

El mercado de valores de Tailandia se ha beneficiado del crecimiento económico, dado que el principal índice bursátil SET, incluye algunas de las empresas más reconocidas que cotizan activamente, además, el índice refleja el desempeño de muchos de los principales sectores de la economía los cuales son la agricultura, industria, turismo, servicios e industrias del país, haciéndolo altamente atractivo para la inversión extranjera (Delgado, 2021).

4. Marco Conceptual

4.1 Teoría del portafolio

En 1952, Harry Markowitz creó la teoría de la mejor cartera de inversión a través de dos artículos clave: "El uso de la riqueza", publicado en el Journal of Political Economy, y "Selección de cartera", publicado en el Journal of Finance. No obstante, se menciona con mayor frecuencia su obra de 1959, "Portfolio Selection: Efficient Investment Diversification". La fórmula original fue ampliada y refinada por Markowitz en esta obra, lo que contribuyó significativamente a su amplia aceptación y aplicación en el campo de las inversiones (Markowitz, 1991).

El modelo de Markowitz se fundamenta en tres hipótesis:

a) El rendimiento de la cartera de inversión se considera una variable aleatoria a partir de la cual los inversores estiman la distribución de probabilidad durante el período de estudio. Los valores esperados de las variables que son aleatorias se utilizan para cuantificar la rentabilidad de una inversión.

b) El riesgo de rentabilidad de una variable aleatoria se mide mediante la varianza o desviación estándar. Esta evaluación se realiza de manera individual para cada activo y cartera de inversión en su conjunto. Este método permite comprender el nivel de incertidumbre asociado con cada activo y con la cartera en su conjunto, lo que es fundamental para una gestión efectiva del riesgo y la toma de decisiones en inversiones.

c) El comportamiento razonable de los inversores significa que prefieren la composición de carteras que dan los mejores rendimientos para un nivel de riesgo dado.

Una de las principales dificultades a las que se enfrentan los inversores profesionales a la hora de decidir dónde invertir su dinero es la variedad de vehículos de inversión alternativos disponibles. Se han establecido varios principios básicos para elegir instrumentos financieros que puedan generar carteras eficientes para la toma de decisiones. A la hora de decidir una cartera de inversión, se evalúa el porcentaje de fondos que se debe destinar a cada instrumento financiero seleccionado para maximizar la rentabilidad y reducir el riesgo de la inversión.

La teoría de la cartera de inversión proporciona herramientas para seleccionar combinaciones de activos financieros para maximizar el rendimiento para un nivel particular de riesgo o minimizar el riesgo para un nivel particular de rendimiento. Entre las técnicas más utilizadas en la industria financiera se encuentran el Modelo de Varianza Media de Markowitz y el Modelo de Black Litterman, que permiten construir carteras de inversión según el principio de diversificación para reducir el riesgo (Markowitz, 1991).

4.2 Optimización y construcción de un portafolio (Cartera)

La construcción de la cartera de inversión se divide en tres fases. La primera fase define los activos elegibles. El segundo paso es definir las expectativas sobre el rendimiento potencial y determinar la exposición al riesgo de cada activo financiero. En la tercera fase, se seleccionan los activos y las respectivas participaciones de inversión. Esta etapa considera no solo las relaciones riesgo-beneficio de los activos financieros individuales, sino también las interrelaciones de todos los activos representados por sus covarianzas.

Debido a la incertidumbre y volatilidad inherentes a las acciones, invertir en acciones requiere aceptar un cierto nivel de riesgo que escala directamente con el rendimiento esperado. Una necesidad común de todos los inversores es lograr la mejor rentabilidad posible con un riesgo mínimo o razonable. Diversos expertos en economía y finanzas han desarrollado teorías y modelos para abordar esta necesidad y optimizar las carteras de inversión (Satchell, 2003).

4.3 Riesgo financiero

Antes de Knight, el término "antinatural" no era importante en la teoría económica. La teoría económica se mantuvo en gran medida sin cambios, incluso después del final de la Primera Guerra Mundial, sin ningún nuevo conocimiento o discusión. En síntesis, Knight afirma que la incertidumbre está presente en todas las actividades planificadas y llevadas a cabo (Dow, et al. 2013).

Según Knight, estas clases, en asuntos económicos, que se creía que tenían algún conocimiento del futuro, eran recibidas en el mismo lugar de la manera más favorable y competitiva, pero había una gran variación en la descripción de los males del mundo real que es la incertidumbre. Ellos gobernarán. Así, “el deseo de continuar el estudio de la libre competencia, el poder y el papel del intermediario como empresario u comerciante”, argumenta que esto muestra el intento de Knight de alejarse de las viejas formas.

Sin embargo, Knight concluyó que "los primeros (antiguos) economistas europeos usaban la palabra ganancia (beneficio) para denotar los ingresos de un empresario" (Knight, 1994). De hecho, para los antiguos, en gran medida, era solo una forma de decoración, no un negocio. Knight afirma que el mundo está cambiando, lleno de incertidumbre, y los consumidores lo saben, como resultado, las personas no se centran en las influencias pasadas sino en las expectativas de su experiencia.

Knight hizo una distinción conocida entre peligroso e irrelevante. Él afirma que "riesgo" se refiere a emergencias conocidas y asegurables, mientras que "incertidumbre" se refiere a emergencias desconocidas y no asegurables. Como resultado, Knight estableció principios de toma de decisiones que indicaban que "el riesgo es muy incierto" para unir empresas y mantener la neutralidad. (Dow, et al. 2013).

Knight distinguió claramente el riesgo de seguro e incertidumbre del riesgo no asegurador, que él cree que es responsable de las altas ganancias (Brand, 1998), aunque Knight admite que teóricamente es así. Debido a que no hay cambio sin resultado, dice que no es la diferencia, sino la diferencia entre lo real y lo esperado, que utiliza como base para hacer su negocio y generar beneficios." (Roll, 1996).

El argumento de la incertidumbre de Knight muestra que cuando un emprendedor decide iniciar un “proyecto arriesgado”, lo hace porque cree que como último recurso se le ofrecerá una oportunidad atractiva, aunque cree que los "empresarios, en lugar de reducir la incertidumbre organizan y aseguran el dinero a quienes dudan o temen. Su tarea es proporcionar trabajo rentable a un precio fijo, es decir, los empleadores son los dueños del trabajo útil que autoriza la incertidumbre y la volatilidad de los ingresos de la empresa” (Roll, 1996).

Como resultado, la introducción de la incertidumbre futura se convierte en la base de la teoría empresarial, lo que permite a los empresarios transformar la incertidumbre en riesgo. Al seleccionar posibles eventos y evaluar su probabilidad de ocurrencia, los emprendedores enfrentan la incertidumbre en este enfoque probabilístico. La variable del tiempo, también conocida como período de tiempo, se agrega, lo que aumenta la incertidumbre.

En pocas palabras, Knight distingue entre las categorías de probabilidad e incertidumbre. Los riesgos son objetivos, medibles y pueden incluirse en el presupuesto de la empresa. Los riesgos también se pueden evitar y reducir mediante la creación de seguros. Sin embargo, la incertidumbre es constante y es la que guía el comportamiento del empresario (Dow, et al. 2013).

4.4 Concepto de entropía del mercado

El concepto de caos está relacionado con la termodinámica y la mecánica estadística, que son campos cercanos al conocimiento que describen cómo cambia la energía no utilizada por un sistema (que aumenta en un sistema cerrado) y cómo la mecánica estadística cambia según el número de estados del sistema, similar al concepto de espacio muestral. El contenido del texto se refiere a la función de probabilidad de que ocurra un evento en el espacio muestral, y la entropía representa el valor promedio o esperado de esa información en el diseño posterior de este documento (Micheloni & Miranda, 2014).

Veamos un ejemplo para aclarar la definición, que se refiere a la aleatoriedad del contenido del mensaje. Es poco probable que consideremos que un mensaje que dice "el sol saldrá en el cielo mañana" sea lo suficientemente interesante como para invertir dinero en su publicación y edición. Esto se debe a que simplemente afirma un hecho predecible y común: durante millones de años, el sol ha salido del cielo. Sin embargo, si recibimos un mensaje que dice "mañana el sol no saldrá del cielo", sería sorprendente e inesperado.

Creemos que mientras más cosas impactantes se publican, más cosas llegan a los medios y luego cambian. Los niveles de curiosidad se pueden vincular a la noción de habilidad matemática; cuanto mayor sea la sorpresa, menos probable es que ocurra ese evento, y viceversa. En particular, la cantidad de conocimiento está relacionada con la probabilidad de ocurrencia del tema en cuestión. Si es cercano a 1, es decir, si se anuncia algo, como "mañana saldrá el sol" o "el gobierno llorará la muerte del Papa", entonces la cantidad de información será cercana a 0. Pero si las probabilidades son bajas, como "Bogotá será sacudida mañana" o "Colombia golpeará a los Estados Unidos", entonces hay mucha información allí (Micheloni & Miranda, 2014).

4.5 La entropía en las finanzas

La entropía tiene su origen en la física y tiene aplicaciones en diversas ciencias, especialmente en las finanzas. Cuanto mayor es la entropía, más estocástico es el sistema, mientras que cuanto menor es la entropía, más determinista es el comportamiento. Básicamente, entropía significa desorden o incertidumbre. En finanzas, se utiliza para comprender la complejidad de las carteras de inversión.

La entropía en el sector financiero y los mercados de capital implica riesgo e incertidumbre. La evaluación de riesgos entrópicos reconoce que las carteras de inversión pueden estar sujetas a una variedad de riesgos e incertidumbres. Estos pueden tener volatilidad del mercado, fluctuaciones económicas, eventos geopolíticos y factores específicos de la empresa. Al cuantificar el nivel de entropía, los inversores obtienen información sobre la exposición general al riesgo de su cartera.

Esto conduce a la diversificación, una estrategia importante para reducir el riesgo y aumentar el rendimiento de la cartera. La evaluación del riesgo de la entropía mide cuantitativamente el rango de diversificación de una cartera de inversión. Considere factores como la asignación de activos, la exposición sectorial y las correlaciones entre diferentes inversiones. Un mayor rango de diversificación, indicado por una menor entropía, indica una cartera más equilibrada y flexible (Micheloni & Miranda, 2014).

De esta forma se obtiene la optimización de la cartera de inversiones, que es una estimación del riesgo de entropía que puede guiar a los inversores a optimizar sus carteras. Al analizar los rangos de entropía de diferentes clases de activos de inversión, los inversores pueden identificar áreas de sobreexposición o subexposición. Esta información puede ayudarle a reequilibrar su cartera para lograr el perfil riesgo-rendimiento deseado. Por ejemplo, si un sector en particular tiene una alta entropía, esto puede indicar que es necesario reducir la exposición a ese sector para gestionar eficazmente el riesgo (Micheloni & Miranda, 2014).

La optimización de la cartera incluye evaluaciones comparativas. En otras palabras, la evaluación del riesgo entrópico permite a los inversores comparar la diversidad y la incertidumbre de su cartera con un punto de referencia o una cartera comparable. El análisis proporciona información sobre el rendimiento relativo y las características de riesgo de la cartera. Al realizar comparaciones con los estándares de la industria, los inversionistas pueden identificar las áreas de mejora y tomar decisiones informadas para mejorar sus estrategias de inversión.

4.6 Inflación cuáles son sus causas, qué afecta

La inflación, al indicar las diferencias en los precios de los bienes, afecta todo lo relacionado con los precios: choques de oferta, fluctuaciones de precios e inflación, todo lo cual puede hacer que los precios bajen. (por lo tanto, la baja vibración es importante) a medida que aumenta el valor de la carretera, también sube el precio (Frenkel, 1979).

La inflación está relacionada tanto con los precios como con el dinero. Recordemos que el dinero es la cantidad de algo que facilita hacer negocios (es decir, comprar un bien o servicio) el dinero que administra el banco central lo utiliza como herramienta macroeconómica. Por lo tanto, existe una relación significativa entre la cantidad de dinero en la economía y los precios de los bienes y servicios que recibimos, por lo que los cambios de dinero en la economía se ven afectados por la inflación (cambios en los precios de los bienes). Los economistas explican esta relación en términos de cantidad de dinero, lo que muestra la relación entre la actividad y la cantidad de dinero requerida para producirla: MV = PY, donde M es la cantidad de dinero que circula en la economía. V es la llamada "velocidad del dinero", que se refiere a la velocidad a la que las monedas y los billetes cambian de manos en un tiempo determinado y es la cantidad de bienes y servicios reemplazados por dinero a lo largo del tiempo, y P es el precio de bienes y servicios. Los bancos centrales controlan la cantidad de dinero en la economía a través de Operaciones de Mercado Abierto (OMA), aumentando o disminuyendo la cantidad de dinero, bonos y divisas que se pueden comprar y vender en función de los objetivos económicos primarios deseados (Frenkel, 1979).

Por lo tanto, la tasa de interés es el precio al que se puede comprar el dinero en el banco, que es el costo del crédito, por lo que, a mayor interés, más caro el dinero (préstamo), así la gente. No use el crédito sin el riesgo de que tomarlo aumente sus costos; pero si las tasas de interés son bajas, las personas se ven obligadas a pedir prestado y el dinero fluye hacia el flujo de ingresos, lo que estimula la demanda de intereses y los precios en general aumentan (Ferrero, 1955).

Otro factor importante que considerar es el tipo de cambio, que representa el valor de la moneda local frente a la moneda extranjera. Los compradores extranjeros se benefician cuando sube el tipo de cambio. Recordemos que las navieras extranjeras embarcan en moneda extranjera (principalmente dólares), y si sube el precio, cambian más pesos por moneda extranjera, es decir, cuanto más dinero tienen los consumidores, más producen y venden. Las economías que son más abiertas (es decir, aquellas que comercian e interactúan con el mundo exterior) son más sensibles a los cambios en los tipos de cambio (Ferrero, 1955).

4.7 Comportamiento de la inflación y expectativas racionales sobre el futuro, previsión perfecta, e incertidumbre

Keynes se opuso a la teoría económica tradicional y a las predicciones futuras. En su artículo del Quarterly Journal of Economics de 1937 (p. 222), demostró que la teoría económica tradicional implica una perspectiva del futuro que es muy diferente de la realidad. Por lo tanto, la teoría no puede predecir el futuro (Dow & Phelps, 2013).

Por lo tanto, Keynes miró hacia el futuro (o como él lo llamó) y analizó las consecuencias que dependían de él. Desde este punto de vista, Keynes reemplaza la idea de toda la información de diferentes expectativas, no muy diferente. Actuar sin saber el futuro (en su artículo Quarterly Journal of Economics mencionado anteriormente). Dado que, los ingresos futuros No están claros, hay muchas consecuencias. Esto se debe a que el tiempo considerado está tan lejos que no sabemos cómo usar los cálculos de probabilidad. Podemos pensar en (visión), además, sabemos más sobre el futuro para poder diferir nuestras decisiones. Una segunda consecuencia es la capacidad de usar el pasado como guía para predecir el futuro (si hay buenas razones para objetar), sin importar cuán difícil sea. Según Keynes en 1936, este enfoque. Una tercera consecuencia de la incertidumbre es la confianza en las opiniones de otros (promedios) para predecir el futuro. Lo que Keynes llamó "concurso de bellezas (beauty contest)" es un buen ejemplo de este comportamiento (Dow & Phelps, 2013).

Otra historia psicológica que surge en la mente de muchas personas de diversas formas: cuando se habla de la producción de alimentos, el impacto de los cambios de precios, entre otros. Los resultados esperados de los cambios económicos futuros dependen de la naturaleza de esos cambios que pueden ocurrir a corto plazo (temporales, neologismos) que tienen poco efecto sobre el valor esperado del próximo cambio, mientras que los cambios que se consideran permanentes tienen un efecto significativo sobre las expectativas. valor futuro valor esperado basado en estos supuestos y varianzas (Dow & Phelps, 2013).

4.8 Teoría de grafos

Estudiar teoría de grafos y nueva teoría algebraica desde el punto de vista de segmentos de recta y puntos planos, difiere de la geometría euclidiana en que la teoría de grafos es adimensional, ya que ignora la noción de "longitud" a favor de más cálculos o gráficos. De esta forma, debido a la teoría de grafos, las rectas y las curvas son iguales, el número de segmentos de recta vertical que se forman es igual al número de segmentos de arco, y todos los triángulos son iguales (iguales, proporcionales y unitarios), porque los conceptos de grafos sólo son compatibles con sus propiedades: los triángulos (Pinker, 1990).

La teoría de Gratos sostiene que las figuras en una superficie plana son "diferentes", es decir, sostiene que las figuras geométricas en papel delgado son tan flexibles y elásticas que pueden resistir la distorsión (el estiramiento, la torsión todavía existe en el deseo de deformarlas). Esto significa que la distancia entre los nodos y la forma de los componentes cambiaron, pero no el número de nodos y sus conexiones (Pinker, 1990).

Como se mencionó anteriormente, en la teoría de grafos, hay dos tipos de cosas que forman un gráfico cuando se conectan: segmentos de línea y puntos. El concepto de gráfico no se limita a formas geométricas de líneas y símbolos, sino que en el campo académico se ha utilizado con fines de recuperación y recuperación de datos, considerando los símbolos como objetos de colección con líneas y conexiones entre sus elementos.

Así es como se ve gráficamente el archivo de datos: los puntos son los registros y las líneas son los enlaces entre los registros. Entre los muchos tipos de relaciones que pueden existir entre documentos, la relación ORDEN puede considerarse la más importante, esta figura muestra cómo se escriben los documentos en el archivo. El concepto de DIRECCIÓN es importante en la teoría de grafos, representando el tipo de relación entre puntos, el estado se indica mediante una flecha en la línea. (Pinker, 1990).

4.9 Teoría de grafos en finanzas

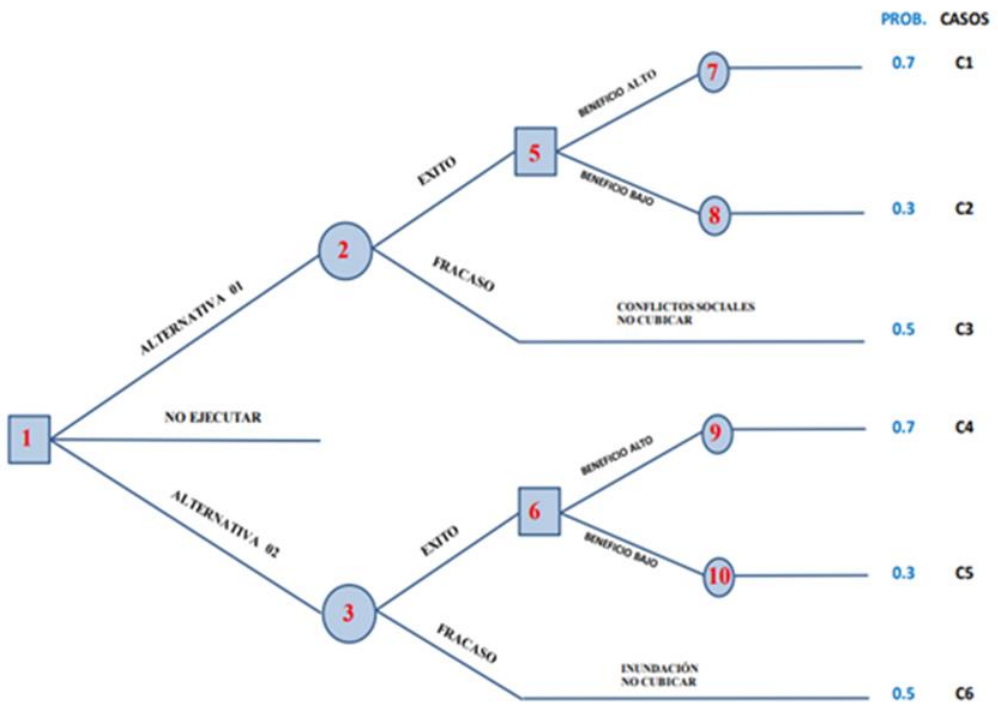
Un grafo de árbol de decisiones, especialmente en la valoración y evaluación de carteras de inversión, es un método de análisis de proyectos de inversión basado en una representación gráfica de sucesivas decisiones.

La teoría de grafos permite presentar problemas de decisión de forma simplificada y, tras el proceso de análisis y evaluación, facilita la comprensión al visualizar las diversas alternativas que pueden surgir durante el periodo de planificación y el orden en el que se toman las decisiones óptimas. Una de las ventajas de esta metodología es que las decisiones iniciales se pueden modificar posteriormente teniendo en cuenta todos los eventos que pueden afectar al proyecto analizado a lo largo del periodo de planificación. Además, implementar un análisis de varias alternativas posibles significa que en realidad no se analiza un solo proyecto, sino que se analizan varios proyectos simultáneamente.

Por otro lado, utilizar este método puede introducir riesgos en el análisis de proyectos de inversión. Un árbol de decisiones es un gráfico que muestra las diversas alternativas que se pueden presentar durante el análisis de un proyecto de inversión para determinar la secuencia de decisiones óptima para aumentar la rentabilidad (Pinker, 1990).

En particular, el método de grafo de árbol de decisión son una herramienta de visualización. Sin embargo, necesitamos hacer algunos cálculos para obtener el resultado (Pinker, 1990).

Figura 2: Grafo de Árbol de decisión en valoración de inversiones



Fuente: Una teoría de la comprensión de grafos. La inteligencia artificial y el futuro de las pruebas.

Los siguientes elementos se utilizan para diseñar un árbol de decisión:

- Nodo de decisión: Se utiliza para representar diferentes alternativas de elección posibles. Gráficamente se muestra como un cuadrado.
- Nodos aleatorios: Representan diferentes estados ambientales que pueden ocurrir si quien toma la decisión no tiene la oportunidad de tomar una decisión. A estos estados se les asigna una probabilidad específica de ocurrencia en el proceso, y partiendo de un mismo nodo aleatorio, la suma de las probabilidades asignadas a los diferentes estados debe ser 1. Se muestra gráficamente como un círculo.
- Arco o rama: Nombre que se le da a una flecha que conecta dos nodos, es decir, una flecha que se mueve de una situación a otra. Las sucursales representan los flujos de cobro y pago de cada alternativa. Para las cláusulas que comienzan con un nodo de decisión, contienen la probabilidad estimada de cada caso posible.

Un grafo de árbol de decisión puede contener tantas decisiones y nodos arbitrarios como sea necesario, creando un número ilimitado de rutas diferentes para analizar sin restricciones de intervalo de tiempo. Los árboles de decisión están diseñados para que las decisiones relacionadas con los horizontes de planificación estén alineadas simultánea y verticalmente.

Por otro lado, es importante señalar que las alternativas de decisión están ordenadas cronológicamente, de manera que la primera decisión en el árbol de izquierda a derecha en el tiempo corresponde al momento inicial. Una vez construido el árbol de decisión, se numeran tanto la solución como los nodos aleatorios. El número 1 corresponde al nodo de decisión en la raíz del árbol, y a partir de ahí se numeran los nodos desde el momento 1 y así sucesivamente. La numeración es desde arriba hasta el último nodo y se ejecuta simultáneamente, continuando desde el último nodo numerado de la hora anterior. La rama final del árbol de decisión representa el número de caminos a analizar, cada camino formado seleccionando la alternativa anterior (Pinker, 1990).

4.10 Arboles de mínima expansión

Los árboles de mínima expansión son una parte importante de la teoría de grafos y se utilizan para encontrar las uniones más eficientes o menos costosas dentro de un conjunto de vértices. Los árboles con expansión mínima se usan comúnmente en varios campos, como las telecomunicaciones, la construcción y más recientemente, las finanzas. Los árboles de mínima expansión son la representación gráfica de un número de objetos definidos (N) en la que los vértices están unidos o conectados por N -1 arcos y es posible moverse de un vértice a otro dentro del diagrama.

Por tal razón, los árboles de expansión mínima se construyen gradualmente al asociar todas las acciones seleccionadas en un diagrama, cuya característica principal del diagrama está en la distancia mínima entre las series temporales, empezando siempre por la distancia más corta de las series temporales (Brida, Matesanz & Risso, 2009).

Para nuestro caso de estudio, se crea un árbol de expansión mínima a través de una red, cuyos pilares representan el principal índice de inversión con sus activos (emisores) en los diferentes países emergentes de Asia y el Pacífico (Filipinas, Indonesia, Malasia, Singapur y Tailandia), en el cual se medirá la distancia existente entre los vértices que se construyen a partir de los coeficientes de correlación. Por lo tanto, usando el árbol, podemos identificar el activo con el mayor número de vértices conectados, y así, el centro de gravedad del árbol representa de alguna manera el activo que más impacto tiene en el sistema.

Un árbol de expansión es un gráfico de N objetos (vértices o nodos) conectados por $N - 1$ arcos, lo que permite la transición de un vértice a cualquier otro vértice. Por lo general cada arco representa una distancia, un costo o en su mayoría un peso asociado (número real), y la suma de los pesos de todos los lados de un árbol será el peso absoluto del árbol.

Un árbol de expansión mínima es un árbol de expansión cuyo peso absoluto es el menor posible entre todos los árboles con los mismos vértices. Por consiguiente, en este trabajo, los vértices del árbol son las empresas (acciones) y los arcos representan las brechas entre las acciones, que se determinan a partir de cada coeficiente de correlación de acuerdo con la siguiente fórmula

$$d_{wx} = \sqrt{2(1 - p_{"wx"})}$$

Esta es una métrica de distancia que relaciona el activo w y el activo x. Como $-1 \leq p_{wx} \leq 1$, tenemos $0 \leq d_{wx} \leq 2$. Nótese que la distancia entre dos acciones es 0 si están perfectamente correlacionadas $(r_{wx} = 1)$, al no estar "negativamente" $(r_{wx} = -1)$ la distancia es 2.

Por tal motivo, el promedio de ocupación y el vértice central, es importante caracterizar la forma en que se distribuyen los nodos en el árbol. A tal efecto, se define cantidad de "utilización media"

$$l(v_c) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} niv\ (v_i)$$

Donde $niv\ (v_i)$ es el plano del vértice vi. Los niveles (que no deben confundirse con la distancia d_{wx} entre nodos) se miden en relación con un vértice especial, el vértice central Vc, cuyo nivel se supone que es cero. El $niv\ (v_i)$ es la suma de los arcos que hay que

recorrer para ir de v_i a v_c. La ocupación media indica hasta dónde se extienden las ramas del árbol. Un valor alto de $l(v_c)$ refleja una estructura de mercado muy fina, mientras que valores extremadamente bajos se asocian con crisis de mercado (las ramas del contrato del árbol). Se considera que el vértice central v_c. es el padre de todos los nodos del árbol o su raíz. Esto se utiliza como un punto de referencia en el árbol al que es relativa la posición de los otros vértices

Aunque la selección del vértice central es algo arbitraria, los siguientes criterios ayudarán a seleccionar a los mejores candidatos.

- El vértice con más nodos conectados, es decir, el vértice con más nodos vecinos (grado del vértice).
- El coeficiente que maximiza la suma de los coeficientes de correlación de los vértices vecinos. Este estándar se llama peso del vértice
- El vértice que produce el valor de ocupación promedio más bajo es el centro de masa.

De forma intuitiva, estos tres criterios es probable que coincidan. Un vértice con un grado alto especialmente los vértices centrales, tienen pesos importantes (nodos vecinos) y pueden estar estrechamente relacionados.

4.11 Arboles de expansión mínima en la cartera de inversión

Esta sección describe brevemente el uso de árboles de expansión mínima en el análisis de cartera. Sea P una cartera de inversión de Markowitz con ponderaciones de activos $w_1., w_2, \ldots . w_N$. En el esquema clásico de optimización de cartera de inversión de Markowitz, los activos financieros se caracterizan por su riesgo y rendimiento promedio utilizando la desviación estándar para medir el riesgo asociado con el activo. La optimización de Markowitz generalmente se realiza en datos históricos.

La idea es optimizar las ponderaciones de los activos de manera que el riesgo de la cartera de inversión se minimice con respecto al rendimiento de la cartera de inversión r_p. Sin embargo, en el marco del árbol de activos, lo que se busca es determinar cómo se distribuyen los activos en relación con el vértice central. Sean r_m y r_M los rendimientos mínimo y máximo de la cartera, respectivamente. El rendimiento esperado de la cartera de inversión oscila entre estos dos extremos y puede expresarse como:

$$r\ P, \theta = (1-\theta)\, r_m + \theta r_M \qquad 0 \leq\ \theta\ \leq 1.$$

Por lo tanto, se define $lP,$ el promedio ponderado del portafolio o cartera de inversión, de la siguiente manera:

$$lP(\theta) = \sum_{i \epsilon P} w_i niv(v_i)$$

donde $\sum_{i=1}^{N} = 1.$

Los activos que minimizan el riesgo de la cartera de inversión se encuentran en las ramas exteriores del árbol. Por lo tanto, se espera que los árboles largos (l grande) tengan un mayor potencial de diversificación, esto significa oportunidad y exposición para permitir que los mercados financieros eliminen un riesgo particular de una cartera de inversión con un riesgo mínimo (θ) = 0, a medida que (θ) aumenta hasta llegar a 1, el riesgo del portafolio en función del tiempo empieza enseguida a comportarse muy diferente del promedio de ocupación l, por lo mismo, ya no es útil para describir la diversificación potencial del mercado.

Sin embargo, obtenemos otro resultado interesante. El promedio ponderado de $l_p(\theta)$ de la cartera de inversión disminuye al aumentar los valores de θ. Esto significa que, entre todas las carteras de Markowitz posibles, Según la teoría de la cartera de inversión, las acciones de una cartera de inversión menos riesgosa deberían estar lo más lejos del centro de la lista de carteras posibles. Esto se debe a que estas acciones suelen tener un menor riesgo y volatilidad. Sin embargo, al cambiar a carteras que tienen rendimientos esperados más altos, las acciones que forman parte de ese portafolio estarán más cerca del punto más alto. Esto se debe a que, aunque estas acciones ofrecen mayores ganancias potenciales, también suelen estar relacionadas con mayores niveles de riesgo y volatilidad. Como

resultado, la ubicación de las acciones dentro de la lista de carteras posibles cambia según el nivel de riesgo y el rendimiento deseado.

4.12 Procesos ARIMA, ARCH y GARCH

4.12.1 Algoritmo de optimización automática

El Automatic ARIMA Forecasting se refiere a la capacidad de un software o algoritmo para seleccionar automáticamente el modelo ARIMA más adecuado para realizar pronósticos en una serie temporal específica. En concreto, ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) es un tipo de modelo estadístico que se utiliza para estudiar y pronosticar datos de series temporales. Las componentes de un proceso ARIMA son:

- Componente autorregresivo (AR): este componente refleja que el valor actual de la serie temporal depende de sus propios valores pasados. En otras palabras, cómo la serie se ha comportado en el pasado influye en cómo se comportará en el futuro. ARIMA utiliza esta relación para hacer pronósticos basados en patrones previos.
- Componente de media móvil (MA): El componente de media móvil (MA) muestra que el valor actual de la serie está relacionado con los errores (diferencias) entre sus valores pasados y las predicciones hechas en pasos anteriores. Es decir, los errores cometidos en el pasado afectan las estimaciones futuras. ARIMA utiliza esta información para mejorar las predicciones ajustando los errores pasados.
- Componente de integración (I): El componente de integración (I) indica cuántas veces se ha diferenciado la serie temporal para hacerla estacionaria. La estacionariedad implica que la serie tiene una media y una varianza constante a lo largo del tiempo, lo que facilita el análisis. La dependencia de integración muestra que es necesario transformar los datos para eliminar tendencias o patrones no deseados antes de hacer predicciones.

En el paquete estadístico EViews esta es una función que permite al software seleccionar automáticamente el mejor modelo ARIMA para hacer pronósticos en una serie temporal sin que el usuario tenga que especificar manualmente los componentes AR, MA del modelo. Para calcularlo el software realiza los siguientes pasos:

- Exploración de datos: EViews analiza los datos de la serie temporal que deseas pronosticar. Examina las tendencias, patrones y estacionalidades presentes en los datos.
- Selección del modelo ARIMA: EViews prueba diferentes combinaciones de órdenes AR, MA para el modelo ARIMA. Compara el rendimiento de cada modelo utilizando criterios de selección, como el criterio de información de Akaike (AIC) o el criterio de Schwarz (BIC).
- Elección del mejor modelo: EViews selecciona automáticamente el modelo ARIMA que tiene el valor más bajo de AIC o BIC, lo que indica que es el modelo que mejor se ajusta a los datos y ofrece la mejor capacidad de pronóstico.
- Pronósticos automáticos: Con el modelo ARIMA seleccionado, EViews utiliza ese modelo para realizar pronósticos futuros de la serie temporal. Estos pronósticos se basan en los datos históricos y las tendencias identificadas por el modelo.

4.12.2 Modelo ARCH

El modelo ARCH (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) es una herramienta estadística que se utiliza para analizar y pronosticar series temporales que muestran cambios en su volatilidad a lo largo del tiempo. La "volatilidad" se refiere a la variabilidad o dispersión de los datos en la serie temporal.

Este modelo es útil cuando tenemos datos en los que la volatilidad no es constante, es decir, hay momentos donde los cambios son más grandes y otros donde son más pequeños. El modelo ARCH aborda esta situación al establecer una relación entre los errores pasados (las diferencias entre los valores observados y los pronósticos) y la volatilidad presente en la serie temporal. El modelo ARCH se define mediante las siguientes ecuaciones:

Ecuación de la media condicional: La ecuación de la media condicional establece cómo se comporta el valor esperado (media) de la serie temporal en función de sus valores

pasados y otros términos determinísticos o estocásticos. En un modelo ARCH, la ecuación de la media condicional generalmente toma la forma de un modelo autoregresivo (AR) o un modelo autorregresivo de media móvil (ARMA)

Ecuación de la varianza condicional: La ecuación de la varianza condicional es la parte clave del modelo ARCH, ya que describe cómo cambia la volatilidad (variabilidad) de la serie temporal en función de los errores pasados. La ecuación ARCH se define como:

$$ARCH(p): \sigma^2(t) = \alpha_0 + \alpha_1 * \varepsilon^2(t-1) + \alpha_2 * \varepsilon^2(t-2) + \ldots + \alpha_{\mathrm{p}} * \varepsilon^2(t-p)$$

Donde:

- $\sigma^2(t)$ es la varianza condicional de la serie temporal en el momento "t".
- α_0, α_1, α_2, ..., α_{p} son los coeficientes del modelo ARCH, que representan la importancia relativa de los errores pasados en la determinación de la varianza actual.
- $\varepsilon^2(t-1), \varepsilon^2(t-2), \ldots, \varepsilon^2(t-p)$ son los errores al cuadrado en momentos pasados, que reflejan la volatilidad condicional de la serie.

4.12.3 Modelo GARCH

El modelo GARCH es una extensión del modelo ARCH que permite capturar patrones más complejos en la variabilidad de la serie. En lugar de considerar solo los errores pasados al cuadrado, el modelo GARCH también tiene en cuenta términos adicionales que involucran los errores pasados y la varianza condicional previa.

Se utiliza para entender y predecir cómo cambia la volatilidad en una serie temporal en diferentes momentos. Esto es valioso porque muchos datos financieros y económicos, como los precios de acciones o las tasas de cambio, tienden a mostrar cambios en su volatilidad a lo largo del tiempo. Al utilizar el modelo GARCH, podemos hacer pronósticos más precisos y obtener una mejor comprensión de cómo se comporta la volatilidad en la serie temporal en estudio.

En el modelo GARCH, se definen dos ecuaciones principales para modelar la volatilidad condicional de una serie temporal. La ecuación de la varianza condicional en el modelo se define como:

$$\sigma^2(t) = \alpha_0 + \alpha_1 * \varepsilon^2(t-1) + \alpha_2 * \varepsilon^2(t-2) + \ldots + \alpha_{\mathrm{p}} * \varepsilon^2(t-p) + \beta_1 * \sigma^2(t-1) + \beta_2 * \sigma^2(t-2) + \ldots + \beta q * \sigma^2(t-q)$$

En finanzas la aplicación de la metodología ARIMA, ARCH y GARCH a diversos factores de mercado afronta el análisis de diagnóstico de la estacionalidad, la identificación, selección y evaluación de procesos con diagnósticos adecuados. Para identificar, seleccionar y evaluar los procesos que explican el comportamiento de la varianza para este caso se realiza un (modelo de Garch).

La utilidad del modelo de ARCH y GARCH proviene de su capacidad para tomar en cuenta factores de incertidumbre estimados por los agentes financieros al determinar los rendimientos de los activos. Esta puede ser una de las formas más tediosas de calcular la volatilidad, pero es aún más precisa esto aumenta la confianza en los resultados obtenidos al evaluar el riesgo de mercado.

5. Identificación de las variables de modelación

En esta investigación aplicada, se construirá una cartera de inversión que optimice la rentabilidad de la inversión en épocas de inflación, bajo un escenario de previsión perfecta, con base a la entropía del mercado bursátil. El valor añadido de esta investigación es que no se construye la cartera de inversión basándose en los conceptos tradicionales de maximizar la ganancia y minimizar el riesgo, se calcula la entropía del mercado de una región del mundo emergente que ha demostrado crecimiento económico y baja inflación: esta región es el Asia Pacífico.

En específico, e las cinco economías de Asia Pacífico con alto crecimiento y mínima inflación en los últimos tres años, los países asiáticos: Filipinas, Indonesia, Malasia, Tailandia y Singapur. En las siguientes tablas se identifican las acciones consideradas de cada uno de los países en mención.

Tabla 2: Acciones consideradas de cada uno de los países en mención

Singapur		
País	Nemotécnico	Nombre empresa o índice
Singapur	*FTSE*	FTSE Singapore
	MSCI	Futuros MSCI Singapur

Fuente: elaboración propia

Tabla 3: Acciones consideradas de cada uno de los países en mención

Filipinas

País	Nemotécnico	Nombre empresa o índice
Filipinas	*AC*	Ayala Corp
	ACEN	AC Energy Philippines Inc
	AEV	Aboitiz Equity Ventures Inc
	AGI	Alliance Global Group Inc
	ALI	Ayala Land Inc
	APTA	Aboitiz Power Corp
	BDO	BDO Unibank Inc
	BPI	Bank of the Philippine Islands
	DMC	DMCI Holdings Inc
	EMI	Emperador Inc
	GTCAP	GT Capital Holdings Inc
	ICT	International Container Terminal Services Inc
	JFC	Jollibee Foods Corp
	JGS	JG Summit Holdings Inc
	LTG	LT Group Inc
	MBT	Metropolitan Bank and Trust Co
	MER	Manila Electric Co
	MPI	Empire Diversified Energy Inc
	PGOLD	Puregold Price Club Inc
	SCC	Semirara Mining Corp
	SMC	San Miguel Corp
	SMPH	SM Prime Holdings Inc
	UBP	Union Bank of the Philippines
	URC	Universal Robina Corp
	WLCON	Wilcon Depot Inc

Indonesia

País	Nemotécnico	Nombre empresa o índice
Indonesia	*BFIN*	BFI Finance Indonesia Tbk
	BRMS	Bumi Resources Minerals Tbk
	BTPS	Bank Tabungan Pensiunan Nasional Syariah PT
	DSNG	Dharma Satya Nusantara Tbk
	ENRG	Energi Mega Persada Tbk
	ERAA	Erajaya Swasembada Tbk
	ESSA	Surya Esa Perkasa Tbk
	HEAL	Medikaloka Hermina PT
	HRUM	Harum Energy Tbk
	INTP	Indocement Tunggal Prakarsa
	MAPI	Mitra Adiperkasa Tbk
	MNCN	Media Nusantara Citra Tbk PT
	MPMX	Mitra Pinasthika Mustika
	MYOR	Mayora Indah Tbk
	POWR	Cikarang Listrindo Tbk PT
	SCMA	Surya Citra Media Tbk
	SIDO	Industri Jamu dan Farmasi Sido Muncul Tbk PT
	SMDR	Samudera Indonesia Tbk
	SMSM	Selamat Sempurna Tbk
	SSMS	Sawit Sumbermas Sarana Tbk
	TINS	Timah Persero Tbk
	TOBA	TBS Energi Utama Tbk PT
	UNVR	Unilever Indonesia Tbk

Malasia

País	Nemotécnico	Nombre empresa o índice
Malasia	*AXIA*	Axiata Group Bhd
	CELC	CelcomDigi Bhd
	CIMB	CIMB Group Holdings Bhd
	DIAL	Dialog Group Bhd
	GENM	Genting Malaysia Bhd
	GENT	Genting Bhd
	HLBB	Hong Leong Bank Bhd
	HTHB	Hartalega Holdings Bhd
	IHHH	IHH Healthcare Bhd
	INAR	Inari Amertron Bhd
	IOIB	IOI Corporation Bhd
	KLKK	Kuala Lumpur Kepong Bhd
	MBBM	Malayan Banking Bhd
	MISC	MISC Bhd
	MXSC	Maxis Bhd
	NESM	Nestle (Malaysia) Bhd
	PCGB	Petronas Chemicals Group Bhd
	PEPT	PPB Group Bhd
	PETR	Petronas Dagangan Bhd
	PGAS	Petronas Gas Bhd
	PMET	Press Metal Bhd
	PUBM	Public Bank Bhd
	RHBC	RHB Bank Bhd
	SIME	Sime Darby Bhd
	SIPL	Sime Darby Plantation Bhd
	TENA	Tenaga Nasional Bhd
	TLMM	Telekom Malaysia Bhd
	TPGC	Top Glove Corporation Bhd

Tailandia

País	Nemotécnico	Nombre empresa o índice
Tailandia	*ADVANC*	Advanced Info Service PCL
	AOT	Airports of Thailand PCL
	AWC	Asset World Corp PLC
	BANPU	Banpu PCL
	BBL	Bangkok Bank PCL
	BDMS	Bangkok Dusit Medical Services PCL
	BEM	Bangkok Expressway and Metro PCL
	BGRIM	BGrimm Power PCL
	BH	Bumrungrad Hospital PCL
	BTS	BTS Group Holdings PCL F
	CBG	Carabao Group PCL
	CENTEL	Central Plaza Hotel PCL
	CPF	Charoen Pokphand Foods PCL
	CPN	Central Pattana PCL
	DELTA	Delta Electronics Thailand PCL
	EA	Energy Absolute PCL
	EGCO	Electricity Generating PCL
	JMART	Jay Mart PCL
	KBANK	Kasikornbank PCL
	KTB	Krung Thai Bank PCL
	LH	Land and Houses PCL
	MTC	Muangthai Capital PCL
	RATCH	Ratchaburi Electricity Generating Holding PCL
	SAWAD	Srisawad Power 1979 PCL
	TISCO	TISCO Financial Group PCL
	TRUE	True Corporation PCL
	TTB	TMBThanachart Bank PCL
	TU	Thai Union Group PCL

Fuente: elaboración propia

A continuación, se enlistan las estadísticas descriptivas de las series de rendimientos diarios, en donde $\boldsymbol{n}$ corresponde al número de activos bursátiles por país. A priori, se evidencia que la tendencia central (media aritmética y mediana) de los rendimientos diarios es cercana a cero, lo cual es natural en las series financieras. No obstante, los valores mínimo y máximo se alejan de esta tendencia central y la desviación estándar siempre resultó superior a la media, lo cual implica una alta dispersión en la frecuencia de los datos.

Tabla 4: Resumen estadístico de las series de rendimientos diarios entre 2020-2022

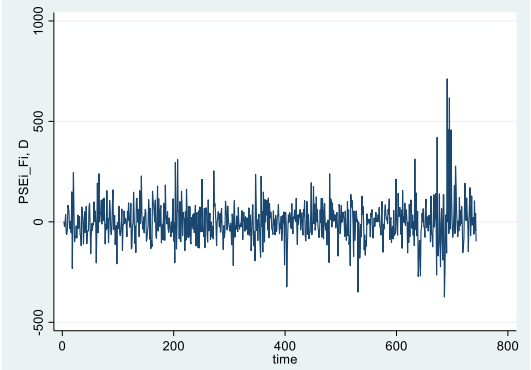
País	n	min	max	$\bar{x}$	s	p_{25}	p_{50}	p_{75}
Filipinas	25	-19.9%	34.3%	-0.023%	2.52%	-1.246%	0.000%	1.188%
Indonesia	23	-29.7%	160.9%	-0.054%	3.37%	-1.212%	0.000%	1.498%
Malasia	28	-111.6%	115.0%	0.006%	2.30%	-0.774%	0.000%	0.849%
Tailandia	28	-701.0%	710.2%	-0.007%	19.89%	-0.948%	0.000%	0.976%
Singapur	1	-6.5%	7.4%	0.008%	1.16%	-0.624%	0.032%	0.630%

Fuente: elaboración propia

De forma análoga, se grafican los retornos diarios de los índices bursátiles de cada país de Asia Pacífico y se ejecuta una prueba estadística de efectos $ARCH$ sobre ellos; esto se hizo para identificar si hay patrones heteroscedásticos. En efecto, en todos los casos, los resultados de las pruebas rechazaron la hipótesis nula de ausencia de efectos de varianza condicional; en consecuencia, los retornos mercantiles sí poseen perturbaciones $ARCH$ con 95% de confiabilidad.

Tabla 5: Pruebas $ARCH$ sobre retornos de los índices bursátiles

PSEi Filipinas

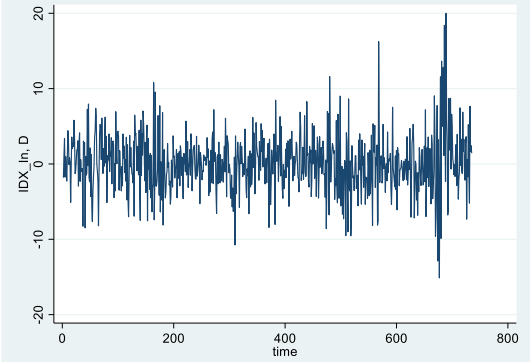


LM test for autoregressive conditional heteroskedasticity (ARCH)

lags(*p*)	chi2	df	Prob > chi2
2	**52.646**	**2**	**0.0000**

H0: no ARCH effects *vs.* H1: ARCH(*p*) disturbance

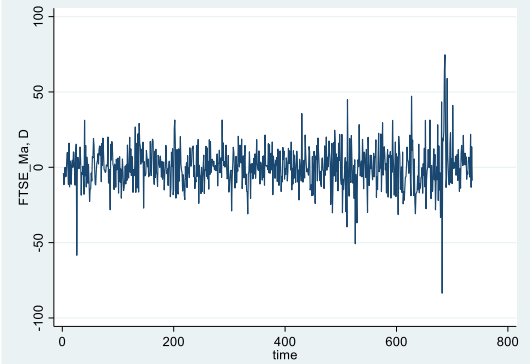
IDX Indonesia



lags(*p*)	chi2	df	Prob > chi2
2	**34.791**	**2**	**0.0000**

H0: no ARCH effects *vs.* H1: ARCH(*p*) disturbance

FTSE Malasia

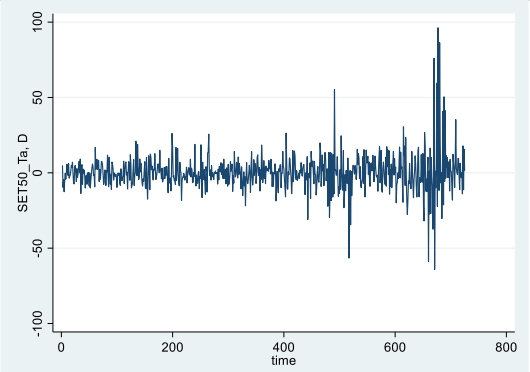


LM test for autoregressive conditional heteroskedasticity (ARCH)

lags(*p*)	chi2	df	Prob > chi2
2	**49.603**	**2**	**0.0000**

H0: no ARCH effects *vs.* H1: ARCH(*p*) disturbance

SET50 Tailandia

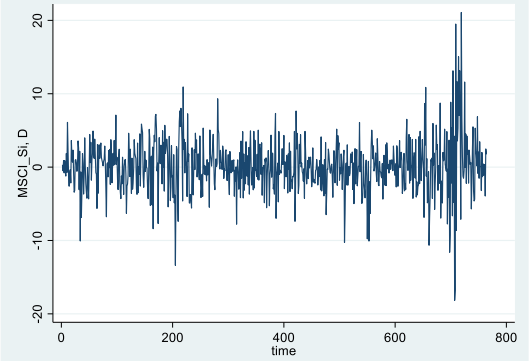


LM test for autoregressive conditional heteroskedasticity (ARCH)

lags(*p*)	chi2	df	Prob > chi2
2	**37.424**	**2**	**0.0000**

H0: no ARCH effects *vs.* H1: ARCH(*p*) disturbance

MSCI Singapur



LM test for autoregressive conditional heteroskedasticity (ARCH)

lags(*p*)	chi2	df	Prob > chi2
2	**131.382**	**2**	**0.0000**

H0: no ARCH effects *vs.* H1: ARCH(*p*) disturbance

6. Análisis de estructura topológica y entrópica

6.1 Correlación de los rendimientos financieros

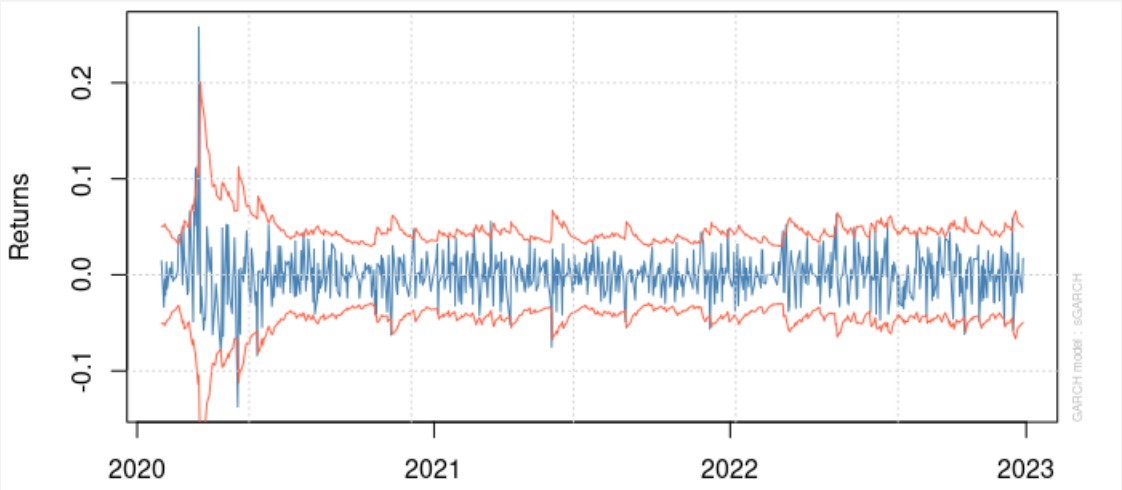
Dado que un supuesto fundamental, de los grafos de árboles, es que la serie en cuestión siga una distribución normal, se ajustaron procesos estocásticos $GARCH$ a los rendimientos diarios del conjunto de acciones siguiendo dos pasos:

- Para iniciar, se estimaron procesos autorregresivos ARIMA –los cuales hacen parte de la ecuación $GARCH$– optimizando el valor de sus componentes autorregresiva ($AR = p$) y de media móvil ($ma = q$). El valor óptimo de estas componentes se encontró según el criterio de Akaike con el algoritmo *Forecasting* ARIMA *Equation* del paquete econométrico $EViews^{®}$ 12.
- Luego de optimizado el proceso ARIMA, se añadió una componente de varianza residual ($arch = 1$) y otra de varianza residual generalizada ($garch = 1$), esto se hizo para capturar mejor la heteroscedasticidad propia de los rendimientos financieros.

El anterior procedimiento se realizó para los 106 activos bursátiles del conjunto en estudio; a continuación, se expone los resultados para uno de ellos: la acción de *Ayala Corporation* (AC) de Filipinas.

En la siguiente figura se presenta la serie de rendimientos diarios financieros de esta acción, la cual tiene patrones asimétricos de volatilidad.

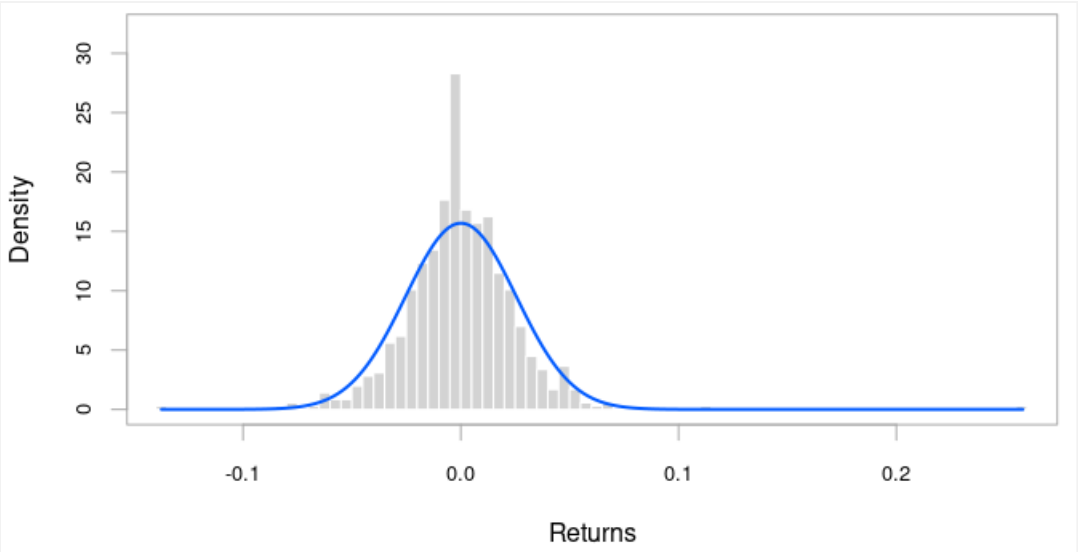
Figura 3: Serie de rendimientos de AC con dos desviaciones estándar superpuestas



Fuente: elaboración propia, en software $RStudio^{®}$

Así mismo, se traza la distribución de densidad empírica con una curva normal estándar superpuesta: es evidente la alta curtosis y el peso asimétrico de colas de los rendimientos financieros, lo que implica que estos no se ajustan a una forma aproximadamente normal.

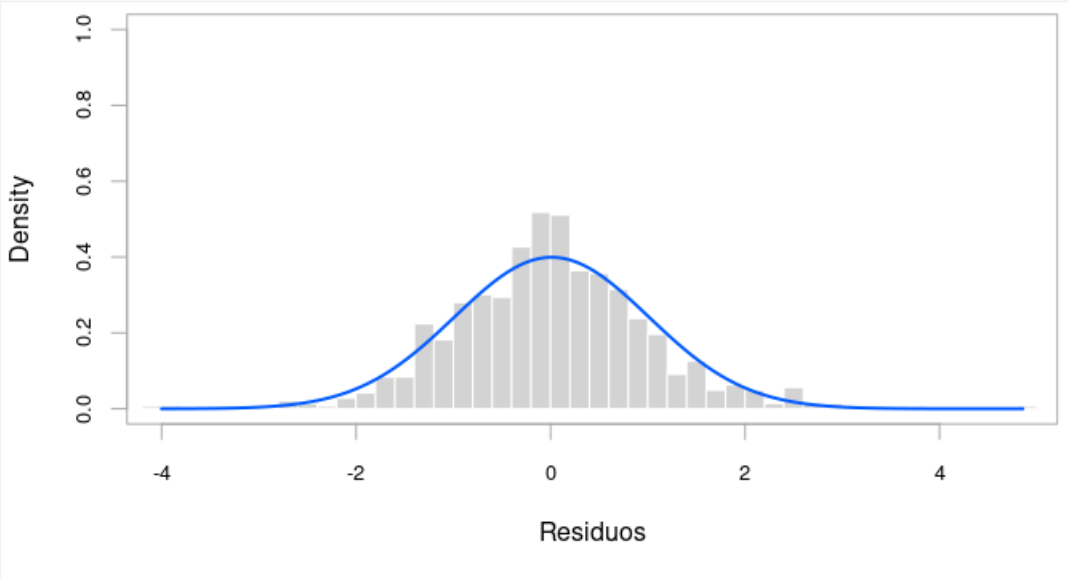
Figura 4: Distribución de densidad de los rendimientos de AC con curva normal



Fuente: elaboración propia, en software $RStudio^{®}$

No obstante, después de estimar un proceso óptimo $GARCH(p,q,1,1)$ para la acción de *Ayala Corporation,* se obtuvo un conjunto de residuos estimados cuya distribución de densidad se ajusta mejor a la curva normal estándar. En consecuencia, se utilizó estos residuos estimados para calcular los coeficientes de correlación para construir los grafos.

Figura 5: Densidad empírica de los residuos del proceso GARCH para AC



Fuente: elaboración propia, en software $RStudio^{®}$

6.2 Grafos topológicos por país

En principio, se trazaron los grafos correlativos de los mercados bursátiles nacionales. Estos grafos corresponden a matrices circulares que representan las correlaciones entre activos bursátiles de un mismo país de Asia Pacífico. Cada empresa se ubica en un punto de la circunferencia del grafo y, luego, se le trazan líneas sobreyectivas para cada correlación bivariada significativa que tenga el rendimiento de la acción. Así, el criterio para trazar una línea es que el valor absoluto de su coeficiente de correlación implícito sea superior a 0.30.

Después de trazar el grafo correlativo circular, se trazaron diagramas de árbol de mínima expansión para cada país. A saber, estos son grafos jerárquicos que comenzando desde un vértice encuentra todos sus nodos accesibles, y sus relaciones en conjunto, de tal modo que se interconecten con el menor peso posible.

6.2.1 Filipinas

En la Figura 6 se presenta el grafo circular para las Filipinas y su correspondiente árbol de mínima expansión. Respecto a las correlaciones bivariadas, se identificó que menos de la mitad de las acciones tiene más de tres correlaciones significativas, en concreto: estas acciones están ubicadas en el sector inferior-derecho de la circunferencia. Respecto a la estructura jerárquica, el mercado es liderado por la empresa $\boldsymbol{ALI}$: vértice del cual se bifurcan dos agrupamientos (clústeres) liderados por las empresas $\boldsymbol{JFC}$ y $\boldsymbol{JGS}$.

Figura 6: Grafo circular para el mercado de Filipinas

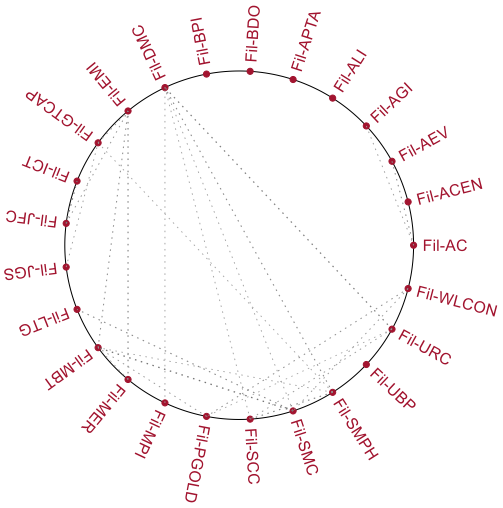
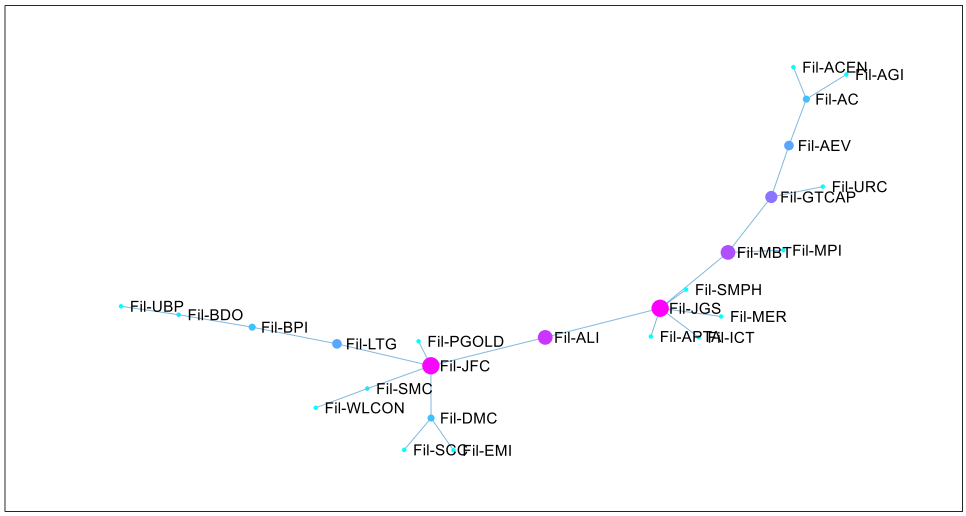


Figura 7: Árbol de mínima expansión para el mercado de Filipinas



Fuente: elaboración propia, en software $MATLAB^{®}$

6.2.2 Indonesia

Respecto a las correlaciones bivariadas, Indonesia tiene un mercado poco correlacionado; en consecuencia, tiene baja densidad o concentración de fuerzas internas del mercado. El vértice jerárquico del mercado lo establece la empresa $\boldsymbol{INTP}$, con tres conglomerados liderados por $\boldsymbol{TINS}$, $\boldsymbol{MNCN}$ y $\boldsymbol{BTPS}$.

Figura 8: Grafo circular para el mercado de Indonesia

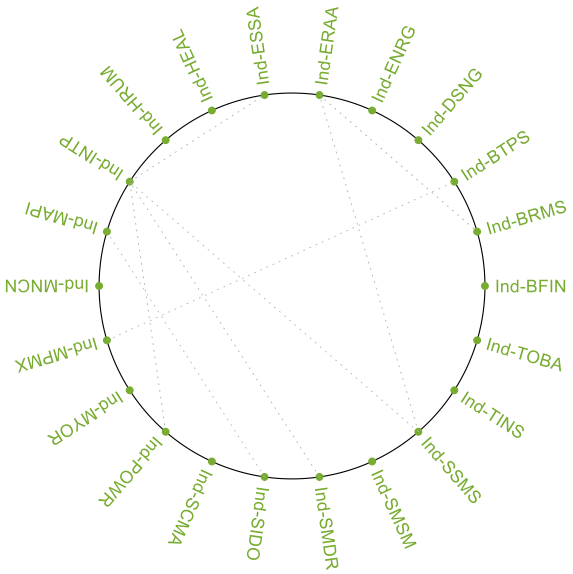
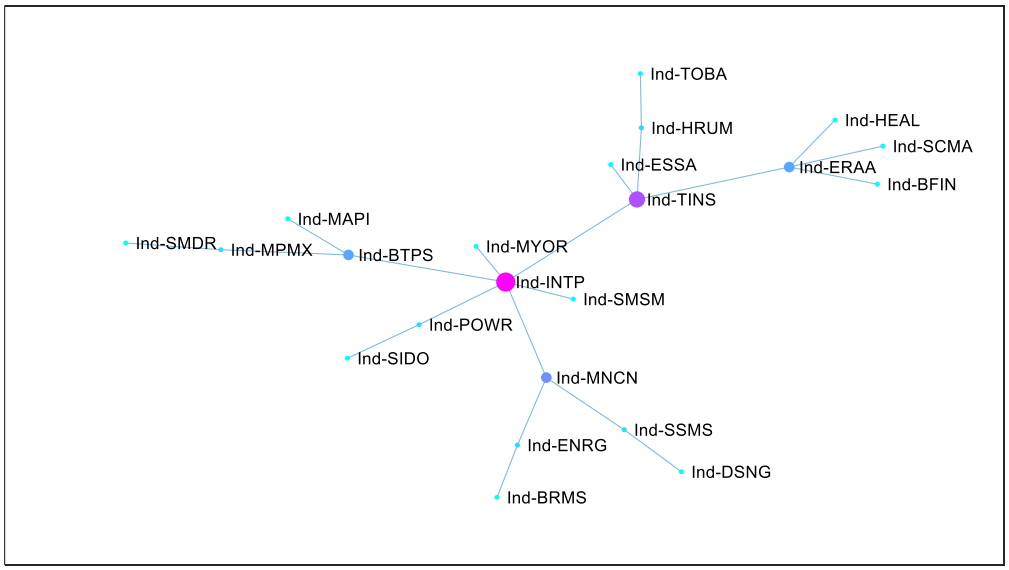


Figura 9: Árbol de mínima expansión para el mercado de Indonesia



Fuente: elaboración propia, en software $MATLAB^{®}$

6.2.3 Malasia

A nivel correlativo, este mercado es más denso que Indonesia, pero menos que Filipinas: las acciones de mayor concentración se ubican en el sector superior izquierdo de la circunferencia. El vértice jerárquico de su mercado bursátil lo establece la empresa $\boldsymbol{MBBM}$, de la cual se desprenden tres agrupamientos (clústeres) liderados por $\boldsymbol{TENA}$, $\boldsymbol{GENT}$ y $\boldsymbol{PUBM}$.

Figura 10: Grafo circular para el mercado de Malasia

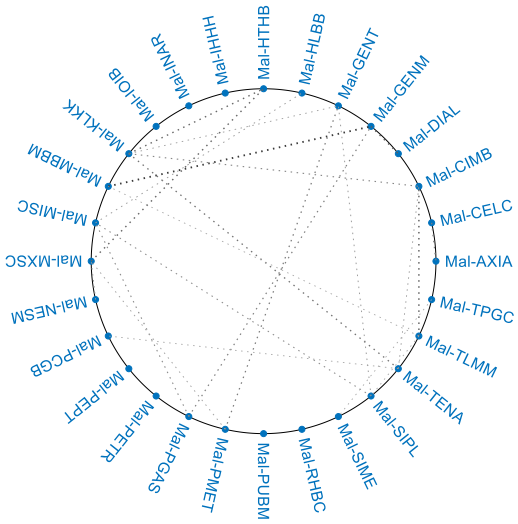
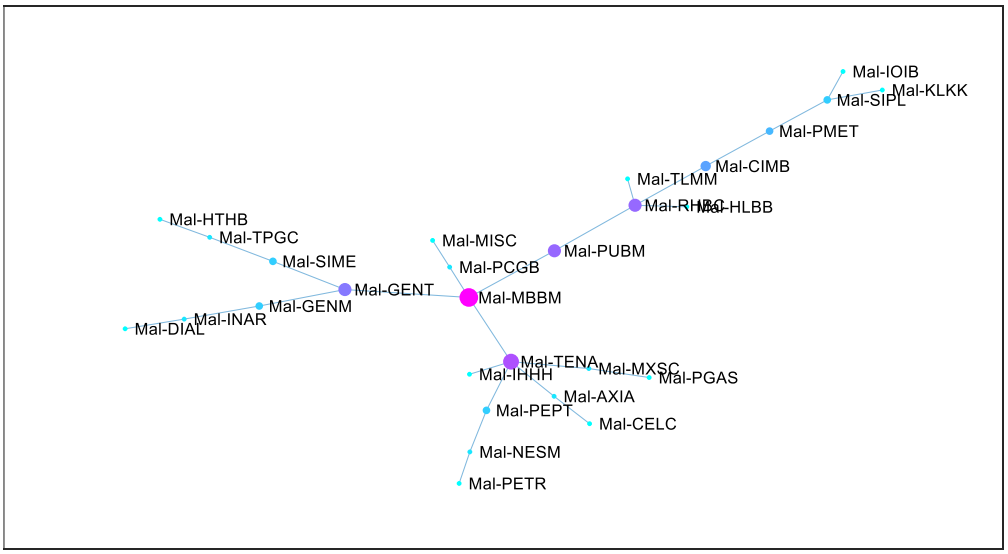


Figura 11: Árbol de mínima expansión para el mercado de Malasia



Fuente: elaboración propia, en software $MATLAB^{®}$

6.2.4 Tailandia

Tailandia que se caracteriza por ser el único país de la región que cuenta con tres vértices; es decir, que la estructura jerárquica de su mercado bursátil es dirigida por tres acciones que a su vez actúan como líderes de sus respectivos conglomerados. A saber, las tres empresas respectivas son: $\boldsymbol{AOT}$, $\boldsymbol{BTS}$ y $\boldsymbol{BEM}$. Además de esto es un mercado concentrado en extremo: los rendimientos diarios de sus acciones están muy correlacionados.

Figura 12: Grafo circular para el mercado de Tailandia

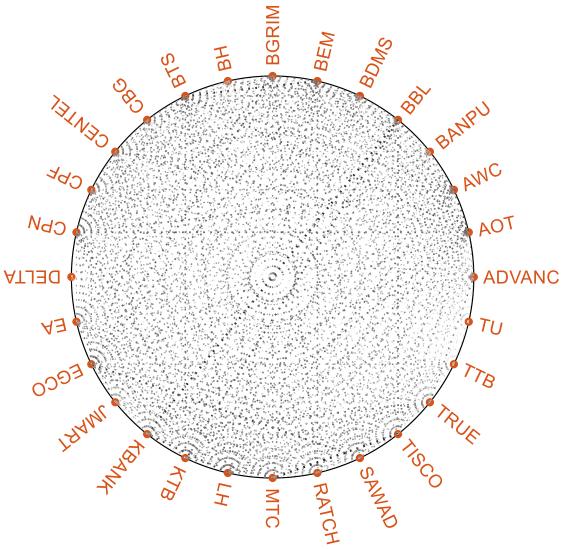
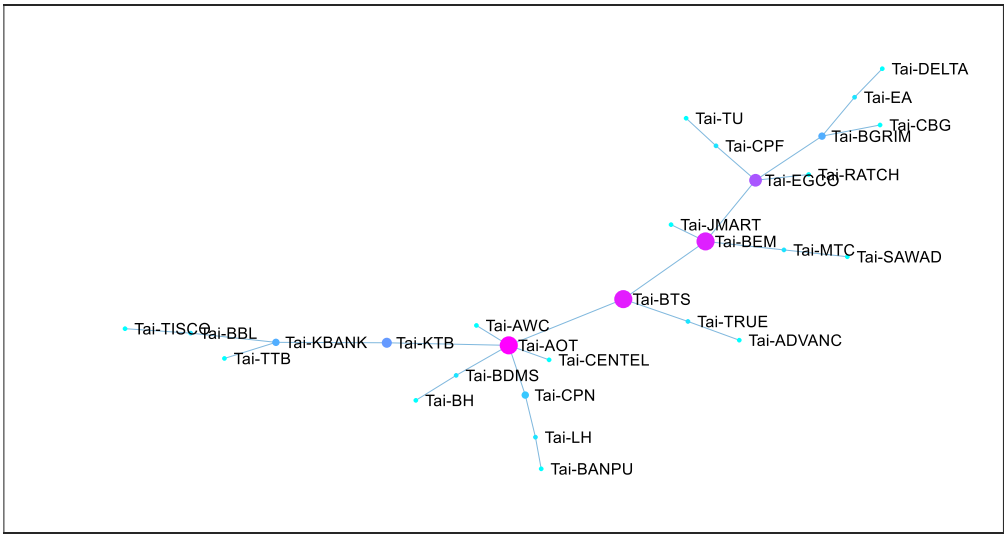


Figura 13: Árbol de mínima expansión para el mercado de Tailandia



Fuente: elaboración propia, en software $MATLAB^{®}$

6.2.5 Singapur

Para el mercado de Singapur no puede trazarse un grafo circular o un árbol mínimo que sean explicativos dado que solo contiene dos activos: los índices ***FTSE*** y ***MSCI.*** Sin embargo, estos índices sí se incluirán en el análisis regional.

Figura 14: Grafo circular para el mercado de Singapur

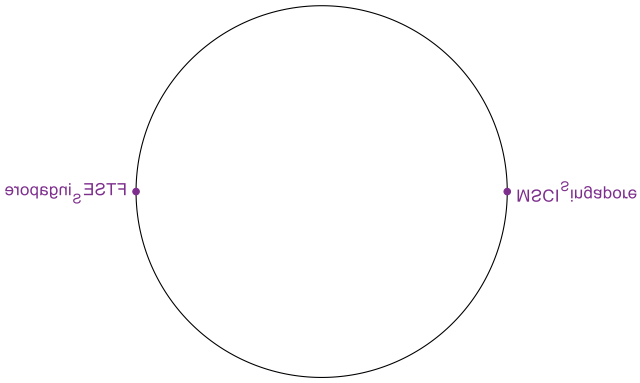
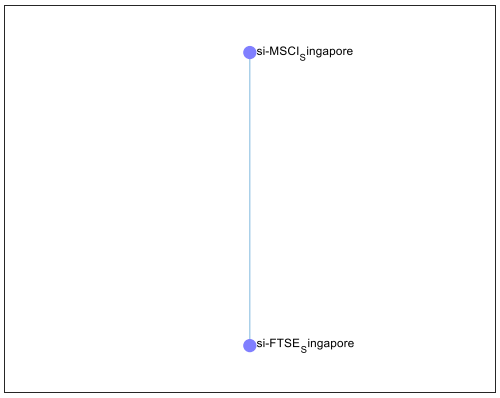


Figura 15: Árbol de mínima expansión para el mercado de Tailandia



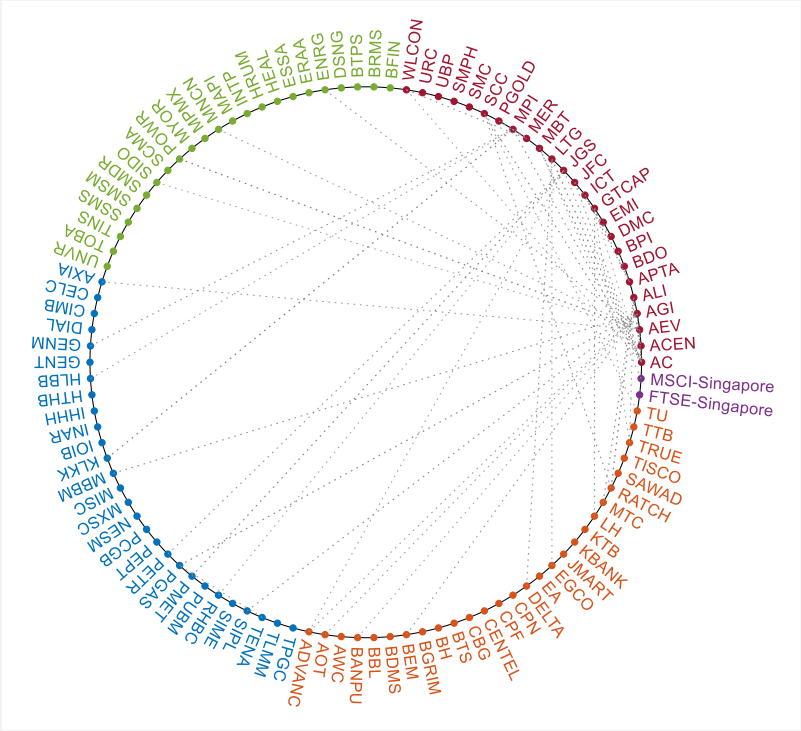
Fuente: elaboración propia, en software $MATLAB^{®}$

6.3 Análisis del mercado bursátil regional

6.3.1 Grafo circular regional

En el contexto regional, el grafo circular del mercado bursátil de Asia Pacífico permite identificar las correlaciones entre activos de diferentes países. Se usó el siguiente código de colores: Filipinas (rojo), Indonesia (verde), Malasia (azul), Tailandia (naranja), Singapur (magenta).

Figura 16: Grafo circular para el mercado regional



Fuente: elaboración propia, en software $MATLAB^{®}$

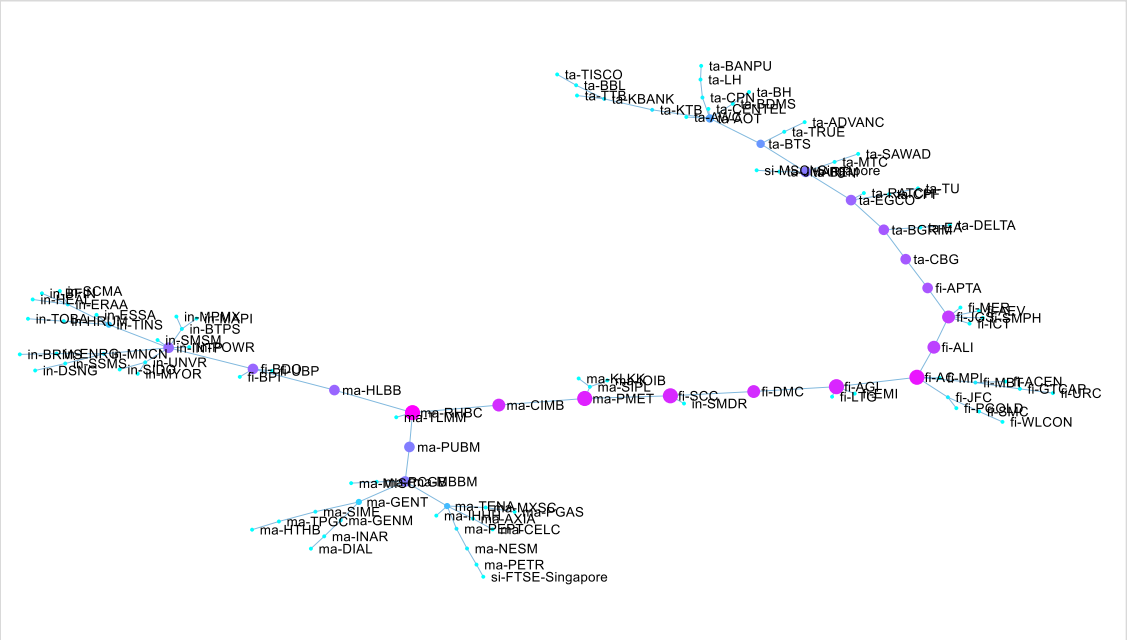
Las líneas rectas punteadas representan correlaciones bivariadas significativas (mayores a 40%) entre los retornos diarios de las acciones. En particular, destaca que las fuerzas correlativas no se dan, necesariamente, a nivel intra-país, sino que convergen a mercados exógenos (otros países); lo cual refleja la integración del mercado de Asia Pacífico.

Otro factor crítico, es que las correlaciones exógenas tienden a agruparse en activos del mercado bursátil de Filipinas (color rojo). Esto implica que este país, en específico, tiene un rol de líder a nivel financiero en la región.

6.3.2 Árbol de mínima expansión regional

El grafo anterior, de matriz circular, permite identificar correlaciones bivariadas internas, intra-país, y exógenes, entre países. Esto permite conocer, a nivel macro, la relación entre rendimientos diarios de las acciones de la región. Sin embargo, para identificar concentraciones de asociación entre activos se requiere de un proceso de jerarquización de agrupamientos (clústeres); lo cual se logra con el algoritmo de árbol de mínima expansión.

Figura 17: Árbol de mínima expansión para el mercado regional



Fuente: elaboración propia, en software $MATLAB^{®}$

Este árbol es un grafo, tipo jerárquico. Cada acción está representada por un nodo: cuyo tamaño e intensidad de color representan la importancia de esa acción dentro de la expansión regional.

- Los dos nodos centrales principales contienen acciones de Filipinas y Malasia, en consecuencia, estos países y estas acciones en particular deben priorizarse para construir una estrategia de inversión resistente a la inflación.
- Luego, en la parte izquierda del árbol (Malasia) surgen bifurcaciones con ramas que agrupan: activos de Malasia en la zona inferior; y activos de Indonesia en la

zona izquierda. Así, se concluye que el mercado de Indonesia está demasiado concentrado, lo cual también debe considerarse en las estrategias de inversión.

- Respecto al nodo principal de la derecha (Filipinas) nace la expansión más larga del árbol conteniendo acciones mayormente de Tailandia. Aquí se deduce que, en contraste con Indonesia, Tailandia es un mercado heterogéneo y poco denso; por ende, puede servir como táctica de diversificación dentro de las estrategias de inversión.

7. Diseño de la cartera de inversión

7.1 Diseño de la cartera

7.1.1 Definición de la similaridad entrópica

La entropía del mercado regional en general, como medida de similitud entre mercados bursátiles individuales, se calcula con el índice de Jaccard cruzado entre dos países. Algebraicamente, el índice de Jaccard (J) mide el grado de similitud entre dos conjuntos (A, B), sea cual sea su tipo de elementos. En concreto, este índice está definido como (Parker et al, 2016):

Ecuación 1: Índice generalizado de Jaccard

$$J(A,B) = \frac{A \cap B}{A \cup B}$$

7.1.2 Cálculo de similaridad para el mercado de Asia Pacífico

Para el caso de esta investigación empírica, el elemento algebraico es el retorno diario accionario. Entonces, siendo R_x el conjunto finito de residuales estimados de un país Asia Pacífico x y R_y el conjunto accionario de otro país y, la formulación para el cálculo de similaridad entrópica es:

Ecuación 2: Índice de Jaccard bivariado para residuales estimados

$$J(R_x, R_y) = \frac{R_x \cap R_y}{R_x \cup R_y} \qquad \forall (x,y) \in \begin{Bmatrix} \text{Filipinas} \\ \text{Indonesia} \\ \text{Malasia} \\ \text{Tailandia} \\ \text{Singapur} \end{Bmatrix}$$

Luego, para calcular este índice Jaccard cruzado se debe, en principio, encontrar la correlación entre los activos (i, j) de mercados bursátiles respectivos. Para ello, se calculó

el coeficiente de correlación de Pearson (ρ): el cual es una medida de la interdependencia lineal entre dos variables; para los activos en cuestión queda definido como:

Ecuación 3: Coeficiente de correlación incondicional

$$\rho(r_i, r) = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_k \left(\frac{r_{ik} - \mu_{r_i}}{\sigma_{r_i}}\right)\left(\frac{r_{jk} - \mu_{r_j}}{\sigma_{r_j}}\right)$$

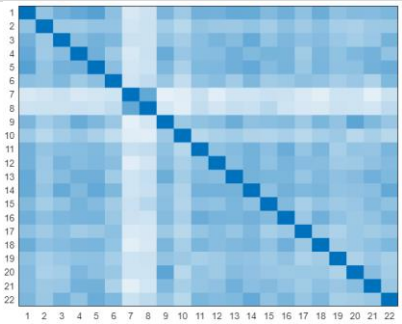
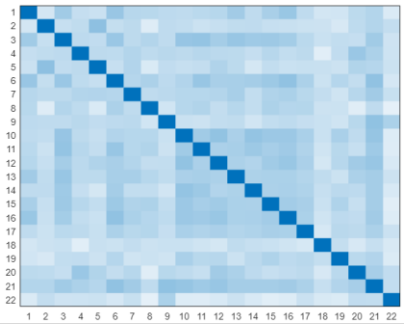
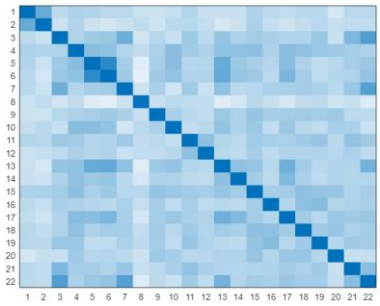
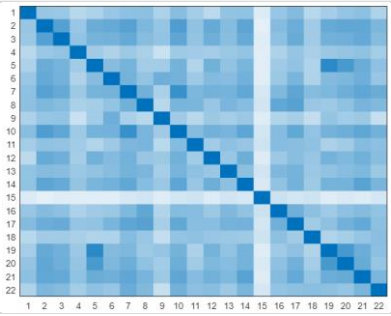
Donde μ_r y $\sigma_r$son las medias y desviaciones de los retornos accionarios. Ahora bien, la "matriz" de correlación contiene estos coeficientes bivariados de Pearson:

Ecuación 4: Coeficiente de correlación en forma matricial

$$\rho(R_i, R_j) = \begin{bmatrix} \rho(r_i, r_i) & \rho(r_i, r_j) \\ \rho(r_j, r_i) & \rho(r_j, r_j) \end{bmatrix} \qquad [4]$$

A continuación, se representan gráficamente las matrices de correlación como mapas de calor: la intensidad del color significa un coeficiente mayor en valor absoluto. Se exceptuó Singapur porque solo contiene dos activos en su conjunto.

Tabla 6: Mapas de correlación bivariadas entre retornos bursátiles

Filipinas	Indonesia
	
Malasia	**Tailandia**
	

Fuente: elaboración propia, en software $MATLAB^{®}$

Una vez calculadas las anteriores matrices de correlación, se computaron algorítmicamente las consecuentes matrices de distancia entre activos (R_x, R_y). En concreto, se utilizó el algoritmo rápido de distancia euclidiana $fasteuclidean$ el cual usa las siguientes ecuaciones:

Ecuación 5: Distancia euclídea entre retornos

$$D_{xy}^2 = \left\| R_x - R_y \right\|^2$$

Lo anterior se expresa como el producto de matrices transpuestas:

$$D_{xy}^2 = \left(R_x - R_y\right)^T \left(R_x - R_y\right)$$
$$D_{xy}^2 = \|R_x\|^2 - 2R_x R_y + \left\|R_y\right\|^2$$

Por último, esta matriz de distancia se transformó en binaria: de modo, que las distancias **mayores que cero** se sustituyeron por 1 y las menores por 0.

Así, con las matrices binarias, puede calcularse los índices de Jaccard bivariados entre un par de países (x, y). De nuevo, se exceptuó Singapur por solamente contener dos activos lo cual imposibilita aplicar la fórmula. Los resultados son:

Tabla 7: Índices de Jaccard bivariados

$J(R_x, R_y)$	Filipinas	Indonesia	Malasia	Tailandia
Filipinas	1	0.9697	0.9437	0.7205
Indonesia	0.9697	1	0.9740	0.7359
Malasia	0.9437	0.9740	1	0.7174
Tailandia	0.7205	0.7359	0.7174	1

Fuente: elaboración propia

En general, los valores resultantes permiten inferir que el mercado de Asia Pacífico tiene un alto valor de similaridad entrópica regional; lo que implica que los rendimientos de sus activos son símiles en conjunto. En particular, el país menos símil, a nivel exógeno, de la región es Tailandia. Los valores obtenidos permiten inferir que el mercado de Asia Pacífico exhibe un alto grado de similaridad entrópica regional, lo que implica que los rendimientos de sus activos son similares en conjunto. Sin embargo, a nivel exógeno, Tailandia es el país menos similar en la región. Por lo tanto, una estrategia de inversión debería siempre incluir acciones líderes tailandesas para garantizar una diversificación excluyente.

7.2 Activos constituyentes de la cartera de inversión

En este orden ideas, una cartera de inversión defensiva contra la inflación con acciones de esta región estaría compuesto por los activos vértices en la jerarquía de los grafos de mínima expansión. Sus nombres se consignan en la siguiente tabla.

Tabla 8: Activos de la región de Asia Pacífico escogidos para la cartera

País	Nemotécnico	Ticker	Nombre empresa o índice
Filipinas	AC	$AYALY$	Ayala Corp
	AGI	$ALGGY$	Alliance Global Group Inc
Malasia	$MMBM$	$MMBMX$	BNY Mellon Ma Intermediate Municipal Bond
	$TENA$	$TNABY$	Tenaga Nasional Bhd
	$GENT$	$GMALY$	Genting Bhd
Tailandia	AOT	$AIPUY$	Airports of Thailand
	BTS	$BTSGY$	BTS Group Holdings PCL
Indonesia	$EIDO$	$EIDO$	MSCI Indonesia
Singapur	EWS	EWS	MSCI Singapur

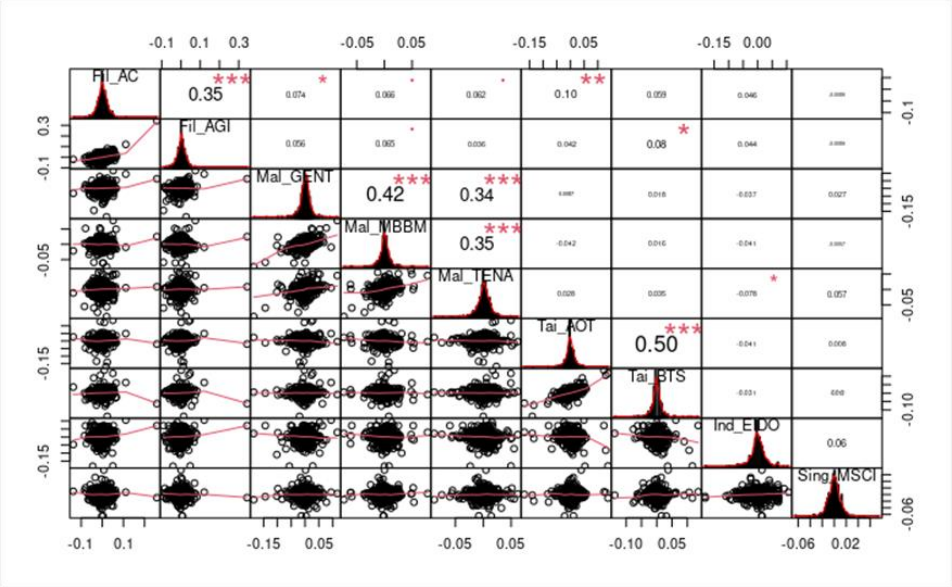
Fuente: elaboración propia

7.3 Correlación de activos seleccionados de la cartera de inversión

En la tabla 8 tabla contiene el conjunto de activos que fueron seleccionados para constituir la cartera de inversión. Cada país de Asia Pacifico tiene uno o más activos representativos según la cantidad de nodos en los árboles de expansión y la homogeneidad, o heterogeneidad, del mercado local.

La Figura 18 corresponde a la matriz gráfica de correlación de Spearman entre los retornos diarios de los activos seleccionados. Se escogió el coeficiente de Spearman por su naturaleza no paramétrica.

Figura 18: Matriz gráfica de correlación para los retornos diarios de los activos



Fuente: elaboración propia, en software $MATLAB^{®}$

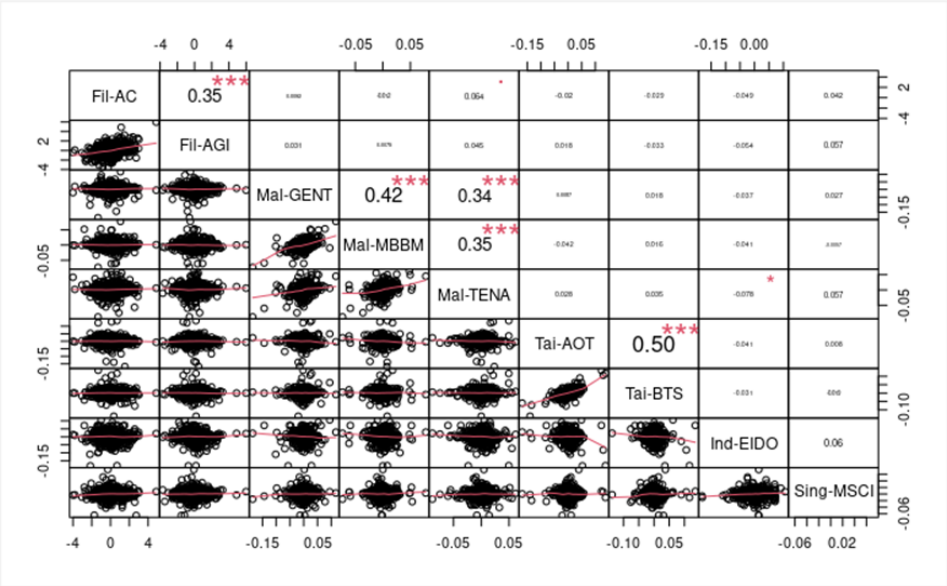
Lo anterior debido a que la distribución frecuencial de las acciones no es, necesariamente, normal. Precisamente, esta distribución de frecuencias se muestra en la diagonal principal de la matriz evidenciándose que, para múltiples activos, la forma de la campana es asimétrica.

Por otra parte, en la triangular superior de esta matriz (elementos debajo de la diagonal principal), se graficaron los diagramas de dispersión para cada par de activos. En ningún caso, el conjunto de puntos parece ajustarse a una forma funcional lineal o polinómica, sino más bien a una nube de puntos: aun cuando esta conserve cierta tendencia. Esto significaría que no hay correlaciones fuertes entre los activos seleccionados.

En específico, en la triangular inferior de la matriz (elementos por encima de la diagonal principal) se consignaron los coeficientes de correlación de Spearman junto con una serie de asteriscos: que indica su nivel de significancia. En su mayoría, las fuerzas de correlación resultaron no significativas, lo cual es ideal en un portafolio accionario; no obstante, entre las acciones tailandesas y malasias se observa las magnitudes correlativas más altas.

De forma análoga, la Figura 19 es la matriz gráfica de correlación aplicada a los residuales del modelo GARCH. Las magnitudes son similares, pero no idénticas a la anterior matriz.

Figura 19: Matriz gráfica de correlación para los residuales GARCH de los activos



Fuente: elaboración propia, en software $MATLAB^{®}$

Tabla 9: Matriz de correlación bivariada para rendimientos diarios

	Fil_AC	Fil_AGI	Mal_GENT	Mal_MBBM	Mal_TENA	Tai_AOT	Tai_BTS	Ind_EIDO	Sing_MSCI
Fil_AC	1.000	0.353	0.074	0.066	0.062	0.104	0.059	0.046	-0.009
Fil_AGI	0.353	1.000	0.056	0.065	0.036	0.042	0.080	0.044	-0.009
Mal_GENT	0.074	0.056	1.000	0.421	0.343	0.009	0.018	-0.037	0.027
Mal_MBBM	0.066	0.065	0.421	1.000	0.353	-0.042	0.016	-0.041	-0.006
Mal_TENA	0.062	0.036	0.343	0.353	1.000	0.028	0.035	-0.078	0.057
Tai_AOT	0.104	0.042	0.009	-0.042	0.028	1.000	0.499	-0.041	0.008
Tai_BTS	0.059	0.080	0.018	0.016	0.035	0.499	1.000	-0.031	-0.019
Ind_EIDO	0.046	0.044	-0.037	-0.041	-0.078	-0.041	-0.031	1.000	0.060
Sing_MSCI	-0.009	-0.009	0.027	-0.006	0.057	0.008	-0.019	0.060	1.000

Fuente: elaboración propia, en software $MATLAB^{®}$

Tabla 10: Matriz de correlación bivariada para residuales GARCH

	Fil-AC	Fil-AGI	Mal-GENT	Mal-MBBM	Mal-TENA	Tai-AOT	Tai-BTS	Ind-EIDO	Sing-MSCI
Fil-AC	1.000	0.355	0.009	-0.012	0.064	-0.020	-0.029	-0.049	0.042
Fil-AGI	0.355	1.000	0.031	0.007	0.045	0.018	-0.033	-0.054	0.057
Mal-GENT	0.009	0.031	1.000	0.421	0.343	0.009	0.018	-0.037	0.027
Mal-MBBM	-0.012	0.007	0.421	1.000	0.353	-0.042	0.016	-0.041	-0.006
Mal-TENA	0.064	0.045	0.343	0.353	1.000	0.028	0.035	-0.078	0.057
Tai-AOT	-0.020	0.018	0.009	-0.042	0.028	1.000	0.499	-0.041	0.008
Tai-BTS	-0.029	-0.033	0.018	0.016	0.035	0.499	1.000	-0.031	-0.019
Ind-EIDO	-0.049	-0.054	-0.037	-0.041	-0.078	-0.041	-0.031	1.000	0.060
Sing-MSCI	0.042	0.057	0.027	-0.006	0.057	0.008	-0.019	0.060	1.000

Fuente: elaboración propia, en software $MATLAB^{®}$

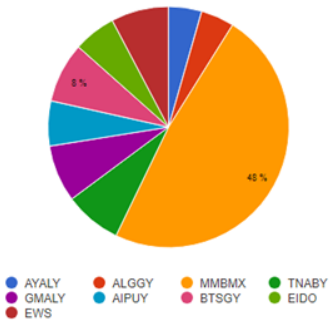
7.4 Optimización de la cartera de inversión

Una vez escogidos los activos más representativos del mercado de Asia Pacífico, se ejecutó una optimización por el método de paridad del riesgo para el periodo 2020-2022. Este método, en particular, encuentra la cartera de inversión que iguala la contribución al riesgo de cada activo, obteniéndose una cartera de inversión defensiva contra la inflación (Arbeláez, Rúa, & Díaz, 2011). En la Figura 20 se evidencia la cartera de inversión optimizada con sus respectivas asignaciones. Destaca que casi un 50% de la cartera de inversión reposa en la acción de Malasia y el resto de las asignaciones se distribuye de forma más homogénea entre un 4.46% y un 7.73%.

Figura 20: Asignación óptima de las acciones de la cartera de inversión por paridad de riesgo

Ticker	Name	Allocation
AYALY	Ayala	4.46%
ALGGY	Alliance Global Group	4.46%
MMBMX	BNY Mellon MA Interm Muni Bd M	48.27%
TNABY	Tenaga Nasional Berhad	7.65%
GMALY	Genting Malaysia Berhad	7.64%
AIPUY	Airports of Thailand	6.03%
BTSGY	BTS Group	8.08%
EIDO	iShares MSCI Indonesia ETF	5.69%
EWS	iShares MSCI Singapore ETF	7.73%

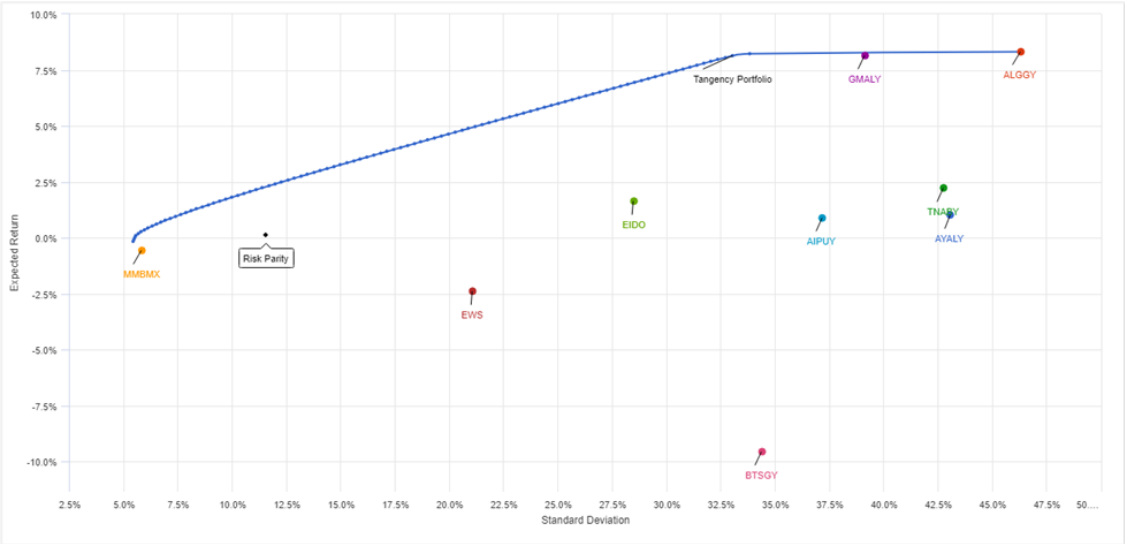
Save portfolio »



Fuente: elaboración propia, en $PortafolioVisualizer.com$

Ahora bien, en la Figura 21 trazó la curva de frontera eficiente para los activos de esta cartera de inversión defensiva. Los puntos que se encuentran por encima de la curva representan activos que ofrecen un rendimiento esperado mayor que la frontera eficiente, debido a que, si una cartera es efectiva, no debería haber ningún activo que ofrezca un rendimiento esperado más alto que el de la cartera en su conjunto. Esto se debe a que la cartera eficiente es una combinación ideal de activos que maximiza el rendimiento esperado para un nivel determinado de riesgo o minimiza el rendimiento esperado para un nivel determinado de riesgo, equilibrando así el intercambio entre riesgo y rendimiento.

Figura 21: Frontera eficiente de la cartera de inversión 2020-2022



Fuente: elaboración propia, en $PortafolioVisualizer.com$

7.5 Rendimiento del portafolio optimizado

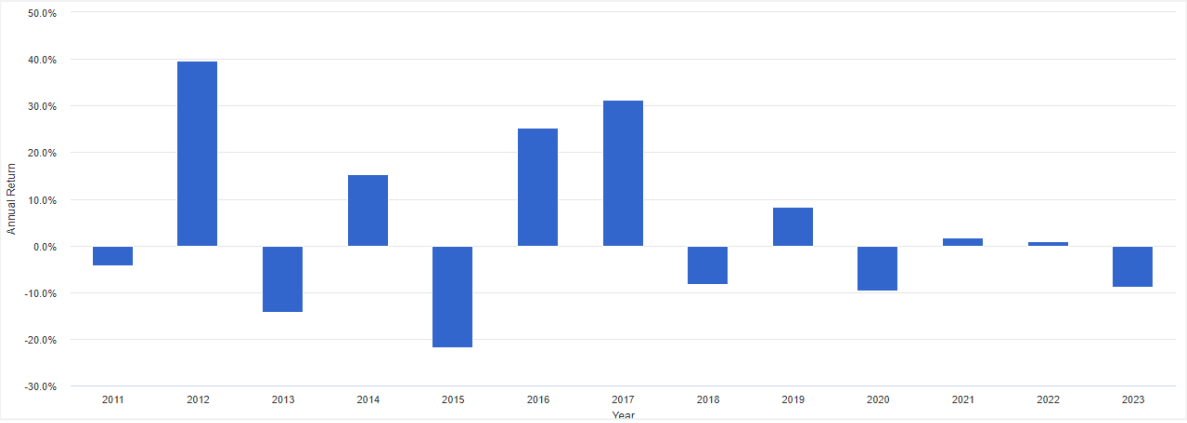
Luego, si se conformara una cartera de inversión con estos índices de Asia Pacífico y se invirtieran $10 mil dólares desde 2011 se tendría el crecimiento proyectado en la siguiente figura: llegando hasta $14,277 dólares.

Figura 22: Crecimiento de la cartera de inversión conformado por Exchange Traded Funds (ETF) de Asia Pacífico

Fuente: elaboración propia, en software $PortafolioVisualizer.com$

Asimismo, los retornos anualizados de estos índices se muestran en la Figura 23.

Figura 23: Retornos anualizados de la cartera de inversión de índices



Fuente: elaboración propia, en $PortafolioVisualizer.com$

7.6 Métricas de riesgo

Las siguientes métricas de riesgo se calcularon dado a unas expectativas relacionales y una previsión perfecta con periodicidad mensual porque la optimización del portafolio es a largo plazo (desde 2011 a 2023).

- Respecto al valor en riesgo, el VaR de la cartera de inversión fue de 5.39% con 5% de significancia. Esto significa que la probabilidad de sufrir disminuciones de inversión inferiores al 5.39%, durante los próximos 30 días, es de 5%.
- De forma análoga, el CVaR (Valor en Riesgo Condicional) es la medida estadística usada en finanzas para cuantificar el riesgo de la cartera que fue de 8.57% con 5% de significancia. Esto implica que, si se cruza el umbral del VaR, se espera una pérdida mensual del 8.57%.

Tabla 11: Métricas de riesgo para la cartera de inversión optimizada

Métrica	Valor
Valor en riesgo histórico mensual (VaR)	5.39%
Valor condicionado al riesgo mensual ($CVaR$)	8.57%

Fuente: elaboración propia

8. Bibliografía

Al estudiar las fuentes del marco teórico de esta investigación empírica, La pandemia de COVID-19 provocó conmociones en toda la economía mundial y desencadenó la mayor crisis en 100 años. Esto aumentó repentinamente la inflación en la economía mundial. Las investigaciones preliminares indicaron que la recuperación de la crisis a nivel mundial no fue tan fluida como la recesión inicial. Las economías emergentes se recuperaron gradualmente de la pérdida de ingresos y medios de vida causada por la pandemia.

A diferencia de muchas crisis anteriores, el estallido de la pandemia dio lugar a medidas concretas y de gran escala a través de políticas económicas que, en general, lograron reducir la pérdida de vidas a corto plazo. Pero el levantamiento del estado de emergencia también trajo el aumento de la deuda pública y privada en la economía global presenta desafíos importantes. Sin embargo, incluso después de la pandemia, las economías de Asia Pacífico han demostrado ser resistentes a la inflación y han mantenido un crecimiento económico sólido. La razón de esto es que los mercados financieros de los países en desarrollo de Asia Pacífico tienen un mayor potencial de rentabilidad que los mercados desarrollados, debido a su capacidad de crecimiento económico y su menor exposición a los riesgos mundiales. La inflación, que actualmente es uno de los problemas macroeconómicos más importantes a nivel mundial, también puede reducirse mediante la diversificación de la cartera de inversión en diferentes regiones y monedas.

Aun cuando los rendimientos históricos no son garantía de rendimientos futuros, las métricas calculadas permitieron identificar que las acciones escogidas corresponden a empresas de alta capitalización, con fuerte valor intrínseco y que han demostrado no solamente ser “defensivas” ante las crisis, sino aún más beneficiarse durante ellas. Por lo tanto, es recomendable considerar a la presente cartera de inversión optimizada como una opción conveniente durante la actual época de incertidumbre económica.

A priori al trazado de gráfico y cálculo de la entropía, fue necesario realizar un análisis de estructura correlacional de los rendimientos toda vez que los retornos financieros no siguen una distribución normal sino de colas pesadas y alta curtosis. Para ello, se estimaron procesos $GARCH$ optimizando algorítmicamente sus componentes (autorregresivas, aritméticas y de varianza) hasta que sus residuales estimados alcanzaron una forma aproximadamente normal. Luego, se verificó que los árboles de mínima expansión son una herramienta útil para analizar la estructura y la optimización de la cartera de inversión, ya que permiten minimizar las distancias entre los activos y seleccionar los más correlacionados. Esta metodología es mejor que las clásicas, que se basan en criterios como la rentabilidad o el riesgo, porque tiene en cuenta la dinámica entrópica de los mercados financieros.

Mediante los árboles de mínima expansión, de cada país de la región Asia Pacífico, se pudo crear, estructurar y optimizar una cartera de inversión que resistente a la inflación, esta metodología supera a las tradicionales que se centran únicamente en el rendimiento o el riesgo al seleccionar activos con menor distancia entre sí y una correlación más alta. Esto se debe a que recopila la información de los mercados financieros, lo que permite una comprensión más amplia y precisa de cómo se relacionan los activos entre sí.

En este contexto, el índice de Jaccard resultó ser una métrica apropiada para medir la similaridad y entropía entre mercados bursátiles porque se basa en el tamaño de la intersección y la unión de los conjuntos de datos que representan los mercados. Cuanto más cerca de uno (1) sea el índice, más similares son los mercados en términos de sus valores, movimientos y tendencias. La entropía es una medida de la incertidumbre o el desorden de un sistema, y que es conceptualmente inversa al índice de Jaccard: cuanto más cerca de 0 sea el índice, mayor será la entropía y menor será la predictibilidad de los mercados.

De hecho, esta inflación global se debe a varios factores, como el aumento de la deuda pública en Estados Unidos, la guerra en Ucrania, la escasez de materias primas y la expansión monetaria de los bancos centrales. Estos factores generan una pérdida del poder adquisitivo de las monedas y una subida de los precios de los bienes y servicios. Por lo tanto, invertir en los mercados bursátiles de países emergentes de Asia Pacífico

resulta ser una adecuada estrategia de inversión para protegerse contra la inflación global y obtener un mayor rendimiento a largo plazo.

9. Bibliografía

Akinsola, F. A., & Odhiambo, N. M. (2017). Inflación y crecimiento económico: Una revisión de la literatura internacional. https://dspace.uni.lodz.pl/bitstream/handle/11089/24194/cer-2017-0019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Alonso, J. (2020). La pandemia económica del Sudeste Asiático. Handle.net. Recuperado el 4 de abril de 2024, de http://hdl.handle.net/2133/18299

Altig, D., Baker, S., Barrero, J. M., Bloom, N., Bunn, P., Chen, S., Davis, S. J., Leather, J., Meyer, B., Mihaylov, E., Mizen, P., Parker, N., Renault, T., Smietanka, P., & Thwaites, G. (2020). Economic uncertainty before and during the COVID-19 pandemic. Journal of Public Economics, 191(104274), 104274. https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2020.104274

Alcaide Arranz, J. (2013). Indonesia: situación económica, oportunidades y Plan Integral de Desarrollo de Mercado. Boletín Económico De ICE, (3042). Recuperado a partir de https://revistasice.com/index.php/BICE/article/view/5306

Baker, S., Bloom, N., Davis, S., & Terry, S. (2020). COVID-induced economic uncertainty. National Bureau of Economic Research. https://www.nber.org/papers/w26983

Baker, S., Farrokhnia, R. A., Meyer, S., Pagel, M., & Yannelis, C. (2020). How does household spending respond to an epidemic? Consumption during the 2020 COVID-19 pandemic. National Bureau of Economic Research. https://www.nber.org/papers/w26949

Banco Mundial (2020) Los impactos económicos de la pandemia y los nuevos riesgos recuperación_https://www.bancomundial.org/es/publication/wdr2022/brief/chapter-1-introduction-the-economic-impacts-of-the-covid-19-crisis

Bong, A., & Premaratne, G. (2018). Regional Integration and Economic Growth in Southeast Asia. Global Business Review, 19(6), 1403-1415. https://doi.org/10.1177/0972150918794568

Brida, J. G., Matesanz Gómez, D., & Risso, W. A. (2009). Contagio, correlaciones y topología: Análisis de la dinámica de la moneda en los mercados latinoamericanos. Investigación Económica, 68(267), 115-146. https://www.bcu.gub.uy/Comunicaciones/Jornadas%20de%20Economa/iees03j3270808.pdf

Bu, R. C. (1981). Análisis y evaluación de proyectos de inversión. México, D.F.: Editorial Limusa.https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=XfVvR-TwcbEC&oi=fnd&pg=PA263&dq=Bu,+R.+C.+(1981).+An%C3%A1lisis+y+evaluaci%C3%B3n+de+proyectos+de+inversi%C3%B3n.+Editorial+Limusa.&ots=axP0aqTn0e&sig=nlEse5ZX0MlVf7i-_qkr5r8E2fk#v=onepage&q=Bu%2C%20R.%20C.%20(1981).%20An%C3%A1lisi

s%20y%20evaluaci%C3%B3n%20de%20proyectos%20de%20inversi%C3%B3n.%20Editorial%20Limusa.&f=false

De Lombaerde, P., Lizarazo Rodríguez, C. L., & Vandewalle, G. (1995). Crecimiento, industrialización e inflación moderada en tailandia. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/36096?show=full

Doner, R. F. (1991). Approaches to the Politics of Economic Growth in Southeast Asia. The Journal of Asian Studies, 50, 818-849.https://doi.org/10.2307/2058543

Dow, S., Frydman, R., & Phelps, E. (2013). Keynes on knowledge, expectations and rationality (pp. 112-129). Princeton, NJ: Princeton University Press. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=POYl0lTA-rwC&oi=fnd&pg=PA112&dq=Dow,+S.,+Frydman,+R.,+%26+Phelps,+E.+(2013).+Keynes+on+knowledge,+expectations+and+rationality+(pp.+112-129).+Princeton,+NJ:+Princeton+University+Press.&ots=ltSgWvgsxk&sig=Kk0WdC3z9rh82ZN1KnpPWaeYgEU#v=onepage&q&f=false

Franco-Arbeláez, L. C., Avendaño-Rúa, C. T., & Barbutín-Díaz, H. (2011). Modelo de markowitz y modelo de Black-Litterman en la optimización de portafolios de inversión. TecnoLógicas, (26), 71–88. https://doi.org/10.22430/22565337.40

Frenkel, R. (1979). Decisiones de precio en alta inflación. Desarrollo Económico, 19(75), 291–330. https://doi.org/10.2307/3466689

Foley, B.J. (1991). Regulating Markets. In: Capital Markets. Palgrave, London. https://doi.org/10.1007/978-1-349-21426-6_8

Gereffi, G. (1989). Los nuevos desafíos de la industrialización: observaciones

sobre el Sudeste Asiático y Latinoamérica. Pensamiento iberoamericano, 16, 205-234. https://core.ac.uk/download/pdf/148763262.pdf#page=207

González Saez, Ruvislei, Vietnam, el ultimo tigre asiático en tiempos de Covid-19: Resiliencia y crecimiento (Vietnam the Last Asiatic Tiger in COVID-19 Times: Resilience and Growth) (May 13, 2021). OASIS N° 34, 2021, Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=3845623

Huff, W. G. (1997). The economic growth of Singapore: Trade and development in the twentieth century. Cambridge University Press. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=4fVQtMnnn60C&oi=fnd&pg=PR9&dq=Huff,+W.+G.+(1997).+The+economic+growth+of+Singapore:+Trade+and+development+in+the+twentieth+century.+Cambridge+University+Press.&ots=48TLxqPYsR&sig=yKk536T9jXlPvyVg7EZu6FvMq5s#v=onepage&q=Huff%2C%20W.%20G.%20(1997).%20The%20economic%20growth%20of%20Singapore%3A%20Trade%20and%20development%20in%20the%20twentieth%20century.%20Cambridge%20University%20Press.&f=false

Kacef, O. (2016). Oportunidades y desafíos en las relaciones entre América Latina y Asia / Opportunities and challenges in Latin America-Asia relations. Revista CIDOB d'Afers Internacionals, 114, 41–62. http://www.jstor.org/stable/44281879

Kirzner, Israel M. and Sautet, Frederic E., The Nature and Role of Entrepreneurship in Markets: Implications for Policy (2006). Mercatus Policy Series Policy Primer No. 4, Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=1264696

Markowitz, H. M. (1991). Foundations of Portfolio Theory. The Journal of Finance, 46(2), 469–477. https://doi.org/10.2307/2328831

Micheloni, M., & Miranda, L. (2014). Diferencias en las aplicaciones de los mapas de entropía de Shannon-entropía de permutación para acciones de mercados de valores de países desarrollados y países en vía de desarrollo. https://ri.itba.edu.ar/server/api/core/bitstreams/3a1616c2-8739-40cd-8463-63f8f84a9327/content

Molina Cortes, L.D. 2021. Indonesia y su proceso de consolidación como potencia media bajo el periodo presidencial de Joko Widodo (2014-2017) (2017-2019). Oasis. 34 (may 2021), 179–196. DOI:https://doi.org/10.18601/16577558.n34.10.

Negro, P., & Pons, C. (2022). Artificial Intelligence techniques based on the integration of symbolic logic and deep neural networks: A systematic review of the literature. Inteligencia Artificial, 25(69), 13–41. https://doi.org/10.4114/intartif.vol25iss69pp13-41

Palma, JG (2022). América Latina es la región con el crecimiento de productividad más bajo del mundo desde las reformas neoliberales. La nueva trampa de la renta media: las rentas fáciles no generan precisamente élites schumpeterianas. El trimestre económico, 89 (355), 943-977.

Parker A., Yancey K., Yancey M. (2016). Regular language distance and entropy. Institute for Defense Analyses. Obtenido de: https://arxiv.org/pdf/1602.07715.pdf

Pascale, R. (2009). Decisiones financieras. Pearson. https://apunteca.usal.edu.ar/id/eprint/2250/4/Cap%204%20Mercado%20financiero%20y%20valor%20presente%20neto.pdf

Plascencia, J. M. O. (2019). Cuenca Asia Pacífico: Temas de economía, negocios y competitividad. PORTES, revista mexicana de estudios sobre la Cuenca del Pacífico, 13(25), 211-215.

http://www.portesasiapacifico.com.mx/hemeroteca.php?p=articulo&id=373

PortafolioVisualizer.com. (Junio de 2023). Portfolio Optimization Results. Obtenido de https://www.portfoliovisualizer.com/optimize-portfolio?s=y&goal=9&constrained=false&symbol5=GMALY&symbol4=TNABY&lastMonth=12&historicalVolatility=true&symbol7=BTSGY&symbol6=AIPUY&symbol1=AYALY&endYear=2022&symbol3=MMBMX&symbol2=ALGGY&mode=2&comparedAlloca

Prieto Isidro, M. (2022). El exponencial crecimiento de la economía de Singapur. http://hdl.handle.net/20.500.12880/1281

Rangel Delgado, José Ernesto. 2021. «Tailandia Al Inicio De La década 2020». Anuario Asia Pacífico El Colegio de México, agosto. México, MX, 1-28. https://doi.org/10.24201/aap.2021.327.

Rosas Rojas, Eduardo, Baltazar Escalona, Juan Carlos, & Lapa Guzmán, Javier. (2020). Las metas de inflación y su impacto en la incertidumbre inflacionaria: evidencia empírica para América Latina y el Sudeste Asiático. Revista de economía, 37(94), 81-105. Epub 07 de octubre de 2020. https://doi.org/10.33937/reveco.2020.130

Roll, J. M., Higgins, S. T., & Badger, G. J. (1996). An experimental comparison of three different schedules of reinforcement of drug abstinence using cigarette smoking as an exemplar. Journal of applied behavior analysis, 29(4), 495-505. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1284006/

Rosas Rojas, Eduardo. (2020). Los efectos asimétricos de la inflación, la incertidumbre inflacionaria y el crecimiento económico en México. Análisis económico, 35(90), 45-66. Epub 15 de abril de 2021. Recuperado en 04 de abril de 2024, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-66552020000300045&lng=es&tlng=es.

. Rosales V., Osvaldo. (2021). La experiencia económica de Corea del Sur: lecciones y desafíos. El trimestre económico, 88(352), 1247-1273. Epub 13 de diciembre de 2021.https://doi.org/10.20430/ete.v88i352.1341

Satchell, S. (2003). Advances in portfolio construction and implementation. Elsevier. https://shop.elsevier.com/books/advances-in-portfolio-construction-and-implementation/scowcroft/978-0-7506-5448-7

Thangavelu, S. M., Urata, S., & Narjoko, D. A. (2021). Impacts of the regional comprehensive economic partnership on ASEAN and ASEAN least developed countries in the post-pandemic recovery.

Tejedor-Estupiñán, J. M. . (2020). Los impactos sociales y económicos de la pandemia de la Covid-19 en Latinoamérica. Revista Finanzas Y Política Económica, 12(2). https://doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.v12.n2.2020.3730

Urrea-Ríos, Ivan Leonardo and Piraján, Jackeline, Impacto de la pandemia covid-19 sobre la economía colombiana. Una pandemia temporal con efectos permanentes (Impact of the COVID-19 Pandemic on the Colombian Economy. A Temporary Pandemic with Permanent Effects) (August 20, 2020). Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=3678321 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3678321

10. Anexos

10.1 Resultados de automatización ARIMA

Procesos ARIMA para Filipinas

Nemotécnico			AIC*
	(2, 1,1)	1615,84942	-4,509382
Fil_ACEN	(4,4)(1,1)	1464,20517	-4,073404
Fil_AEV	(3,3)(1,1)	1566,36685	-4,365173
Fil_AGI	(0,2)(1,1)	1585,1448	-4,428977
Fil_ALI	(3,3)(1,1)	1570,25874	-4,376075
Fil_APTA	(2,4)(1,1)	1686,04617	-4,700409
Fil_BDO	(4,3)(1,1)	1613,89947	-4,495517
Fil_BPI	(4,2)(1,1)	1718,60511	-4,791611
Fil_DMC	(0,4)(1,1)	1626,31973	-4,538711
Fil_EMI	(4,4)(1,1)	1692,55397	-4,713036

Fil_GTCAP	(2,2)(1,1)	1582,85578	-4,416963
Fil_ICT	(4,4)(1,1)	1583,28668	-4,406965
Fil_JFC	(4,2)(1,1)	1593,22428	-4,440404
Fil_JGS	(2,2)(1,1)	1538,25561	-4,292033
Fil_LTG	(4,4)(1,1)	1674,69396	-4,663008
Fil_MBT	(4,4)(1,1)	1734,93343	-4,831746
Fil_MER	(2,3)(1,1)	1769,09695	-4,935846
Fil_MPI	(3,3)(1,1)	1688,28174	-4,706672
Fil_PGOLD	(4,4)(1,1)	1704,03429	-4,745194
Fil_SCC	(3,2)(1,1)	1469,43812	-4,096465
Fil_SMC	(2,1)(1,1)	1812,18281	-5,062137
Fil_SMPH	(2,3)(1,1)	1655,59581	-4,617915
Fil_UBP	(2,3)(1,1)	1804,32285	-5,034518
Fil_URC	(4,4)(1,1)	1688,78644	-4,702483
Fil_WLCON	(3,2)(1,1)	1587,65855	-4,427615

Procesos ARIMA para Indonesia

Nemotécnico	Model	LogL	AIC*
Ind_BFIN	(2,0)(1,1)	1413,6166	-3,948506
Ind_BRMS	(4,4)(1,1)	1319,92835	-3,669267
Ind_BTPS	(3,3)(1,1)	1406,04741	-3,916099
Ind_DSNG	(4,4)(1,1)	1563,50793	-4,351563

Ind_ENRG	(3,3)(1,1)	1281,96447	-3,568528
Ind_ERAA	(4,4)(1,1)	1513,76945	-4,212239
Ind_ESSA	(2,2)(1,1)	1212,34538	-3,379119
Ind_HEAL	(4,3)(1,1)	1775,35293	-4,947767
Ind_HRUM	(3,3)(1,1)	1363,99238	-3,798298
Ind_INTP	(4,4)(1,1)	1571,07727	-4,372765
Ind_MAPI	(4,4)(1,1)	1495,37498	-4,160714
Ind_MNCN	(3,3)(1,1)	1600,64269	-4,461184
Ind_MPMX	(3,3)(1,1)	1528,797	-4,259936
Ind_MYOR	(1,3)(1,1)	1697,77178	-4,738857
Ind_POWR	(2,2)(1,1)	1860,93985	-5,19591
Ind_SCMA	(2,3)(1,1)	1411,52987	-3,934257
Ind_SIDO	(2,3)(1,1)	1822,31851	-5,084926
Ind_SMDR	(0,0)(1,1)	867,430529	-2,424175
Ind_SMSM	(0,2)(1,1)	1683,48448	-4,704438
Ind_SSMS	(3,3)(1,1)	1546,74282	-4,310204
Ind_TINS	(4,4)(1,1)	1382,85971	-3,845545
Ind_TOBA	(4,3)(1,1)	1359,51307	-3,78295
Ind_UNVR	(2,4)(1,1)	1694,15735	-4,72313

Procesos ARIMA para Malasia

Nemotécnico	Model	LogL	AIC*
Mal_AXIA	(4,4)(1,1)	1750,12308	-4,874294
Mal_CELC	(3,3)(1,1)	1880,83454	-5,246035
Mal_CIMB	(4,4)(1,1)	1849,66989	-5,153137
Mal_DIAL	(2,2)(1,1)	1772,02436	-4,946847
Mal_GENM	(3,4)(1,1)	1802,99459	-5,025195
Mal_GENT	(4,4)(1,1)	1736,03234	-4,834824
Mal_HLBB	(3,4)(1,1)	2104,04383	-5,86847
Mal_HTHB	(0,3)(1,1)	1368,56348	-3,824862
Mal_IHHH	(4,4)(1,1)	1983,50115	-5,528014
Mal_INAR	(2,2)(1,1)	1616,44913	-4,511062
Mal_IOIB	(1,0)(1,1)	1950,90248	-5,456309
Mal_KLKK	(3,4)(1,1)	1944,21365	-5,420767
Mal_MBBM	(4,3)(1,1)	2190,02935	-6,109326
Mal_MISC	(0,2)(1,1)	2000,02218	-5,591099
Mal_MXSC	(4,4)(1,1)	1907,35823	-5,314729
Mal_NESM	(4,0)(1,1)	2456,02737	-6,862822
Mal_PCGB	(2,4)(1,1)	1732,49384	-4,830515
Mal_PEPT	(3,4)(1,1)	2076,34307	-5,790877
Mal_PETR	(3,4)(1,1)	1779,38037	-4,959049
Mal_PGAS	(4,3)(1,1)	2093,07244	-5,837738

Mal_PMET	(3,3)(1,1)	1674,54379	-4,66819
Mal_PUBM	(4,4)(1,1)	1950,90168	-5,436699
Mal_RHBC	(3,2)(1,1)	1997,09184	-5,574487
Mal_SIME	(4,2)(1,1)	1880,33099	-5,244625
Mal_SIPL	(3,2)(1,1)	1692,9781	-4,722628
Mal_TENA	(3,2)(1,1)	2056,41334	-5,740654
Mal_TLMM	(4,4)(1,1)	1931,51957	-5,382408
Mal_TPGC	(2,4)(1,1)	916,344794	-2,547952

Procesos ARIMA para Tailandia

Nemotécnico	Model	LogL	AIC*
Tai_ADVANC	(3,3)(1,1)	2047,92887	-5,714086
Tai_AOT	(2,3)(1,1)	1762,12272	-4,91631
Tai_AWC	(4,4)(1,1)	1565,65321	-4,357572
Tai_BANPU	(2,2)(1,1)	1465,94939	-4,089494
Tai_BBL	(2,2)(1,1)	1793,69715	-5,007555
Tai_BDMS	(4,4)(1,1)	1901,74067	-5,298993
Tai_BEM	(3,4)(1,1)	1883,43583	-5,250521
Tai_BGRIM	(4,3)(1,1)	1671,90432	-4,657995
Tai_BH	(2,2)(1,1)	1774,79153	-4,954598
Tai_BTS	(4,4)(1,1)	1864,70562	-5,195254
Tai_CBG	(3,2)(1,1)	1642,00615	-4,579849

Tai_CENTEL	(4,4)(1,1)	1556,96907	-4,333247
Tai_CPF	(4,4)(1,1)	1862,59024	-5,189328
Tai_CPN	(3,4)(1,1)	1649,32282	-4,594742
Tai_DELTA	(0,0)(1,1)	649,269544	-1,81308
Tai_EA	(4,4)(1,1)	1860,72196	-5,184095
Tai_EGCO	(4,4)(1,1)	1860,72196	-5,184095
Tai_JMART	(4,2)(1,1)	1454,50689	-4,05184
Tai_KBANK	(2,2)(1,1)	1653,32729	-4,614362
Tai_KTB	(4,4)(1,1)	1803,42928	-5,023611
Tai_LH	(4,3)(1,1)	1900,33652	-5,297861
Tai_MTC	(4,4)(1,1)	1557,37064	-4,334372
Tai_RATCH	(4,4)(1,1)	1893,08213	-5,27474
Tai_SAWAD	(4,4)(1,1)	1542,56886	-4,29291
Tai_TISCO	(4,4)(1,1)	1928,54272	-5,374069
Tai_TRUE	(4,4)(1,1)	1702,79693	-4,741728
Tai_TTB	(4,2)(1,1)	-972,71816	2,74711
Tai_TU	(1,1)(1,1)	1799,05763	-5,028173

10.2 Algoritmo para cálculo de grafos

```
% Limpiar memoria y pantalla
clearvars
close all
clc

% Parámetros
minima_correlacion = 0.35;
filename = 'Residuos_GARCH.xlsx';
sheet = 'Retornos';
rango_fi = 'B1:Z715';
rango_in = 'AA1:AV715';
```

```
rango_ma = 'AX1:BY715';
rango_ta = 'BZ1:DA715';
rango_si = 'DB1:DC715';
color_fi = '#A2142F';       % red'
color_in = '#77AC30';       % green
color_ma = '#0072BD';       % blue
color_ta = '#D95319';       % orange
color_si = '#7E2F8E';       % magenta

% Importar datos y listar empresas
Fi = readtable(filename, 'range', rango_fi, 'VariableNamingRule','preserve');
In = readtable(filename, 'range', rango_in, 'VariableNamingRule','preserve');
Ma = readtable(filename, 'range', rango_ma, 'VariableNamingRule','preserve');
Ta = readtable(filename, 'range', rango_ta, 'VariableNamingRule','preserve');
Si = readtable(filename, 'range', rango_si, 'VariableNamingRule','preserve');

%%
% Llamar funciones de matriz y árbol
figure;
Matriz_Circular(Fi, minima_correlacion, color_fi)
Arbol_Expansion(Fi, 'fi')

figure;
Matriz_Circular(In, 0.3, color_in)
Arbol_Expansion(In, 'in')

figure;
Matriz_Circular(Ma, 0.35, color_ma)
Arbol_Expansion(Ma, 'ma')

figure;
Matriz_Circular(Ta, 0.01, color_ta)
Arbol_Expansion(Ta, 'ta')

figure;
Matriz_Circular(Si, 0.35, color_si)
Arbol_Expansion(Si, 'si')



% -------------------------------------------------------
function Matriz_Circular(Table, minima_correlacion, color)

    % Computar parámetros
    Retornos = table2array(Table);
    nombres = Table.Properties.VariableNames;
    n = numel(nombres);

    % Calcular matriz de correlaciones
    Matrix = corrcoef(Retornos);
```

```
% Convertir la Matriz a triangular y con diagonal nula
Matrix = tril(Matrix);
Matrix = Matrix - diag(diag(Matrix));

% Trazar diagrama polar y circulo en coordenadas polares
radio = 2;
t = 0:0.01:2*pi;
r = radio + 0*t;
polarplot(t,r,'k');
hold on
ax = gca;

% Definir dominio y rango polares
delta = 2*pi/n;
t = (0:delta:2*pi)';
r = radio*ones(n,1);
t = t(1:end-1);

% Ubicar nombres de empresas
for i = 1:n
    nombre = strcat("  ", nombres(i));
    texto = text(t(i), r(i), nombre);
    texto.Rotation = t(i)*180/pi;
    texto.FontSize = 8;
    p = polarplot(t(i),r(i),'o');
    p.MarkerSize = 3;
    p.MarkerFaceColor = color;
    p.MarkerEdgeColor = color;
    texto.Color = color;
end

% Remover objetos de eje polar
ax.Visible = 'off';
ax.ThetaGrid = 'off';
ax.RGrid = 'off';
ax.RTickLabel = {};
ax.ThetaTickLabel = {};

% Detectar correlacioens mayores a cero
[i,j] = find(Matrix > 0);
%disp([i j])

% Restructurar matriz
Matrix = Matrix(:);
Matrix = Matrix(Matrix~=0);

% Solo valores positivos
Matrix = abs(Matrix);

% Ciclo para trazar líneas de correlación
for k = 1:numel(i)
    if Matrix(k) > minima_correlacion
```

```
        hold on
        L = line([t(i(k)) t(j(k))],[r(i(k)) r(j(k))]);
        L.Color = 1-[Matrix(k), Matrix(k), Matrix(k)];
        L.LineWidth = 1.2*Matrix(k);
        L.AlignVertexCenters = 'on';
        L.LineStyle = ':';
        %if Matrix(k) > 0.55, L.LineStyle = '-'; end
        end
    end

end


% -------------------------------------------------------
function Arbol_Expansion(Table, prefijo)

    % Tamaño de nodo
    grados = 7; k = 1.3;

    % Computar parámetros
    Retornos = table2array(Table);
    nombres = Table.Properties.VariableNames;

    % Añadir país a los nombres del árbol
    nombre_pais = nombrar(nombres, prefijo);

    % Calcular matriz de correlaciones y de distancias
    Matrix = corrcoef(Retornos);
    D = sqrt( 2*(ones(size(Matrix))-Matrix) );

    % Trazar grafo
    grafo = graph(D, nombre_pais);
    %figure(1)
    %colormap jet
    %GG = plot(grafo,'layout','force','NodeLabelMode','auto');
    %GG.EdgeAlpha = 0.15;
    %GG.NodeColor = 'r';
    %GG.NodeFontSize = 4;
    %GG.EdgeCData = grafo.Edges.Weight;

    % Mínima Expansión
    figure
    [MST,arbol] = Expansion(grafo);
    arbol

    % Variar tamaño de nodos
    Centralidad(MST, arbol, grados, k)
end


% Cálculo de mínima expansión
```

```
function [MST,arbol] = Expansion(grafo)

    MST = minspantree(grafo);
    arbol = plot(MST,"layout","force","NodeLabelMode","auto");

end

% Centralidad
function Centralidad(MST, arbol, grados, k)

    % Escoger método de centralidad
    method = 'betweenness';

    % Calcular importancia de nodos
    ucc = centrality(MST, method);
    arbol.NodeCData = ucc;

    % Variar tamaÃ±o y color de nodos
    vertices = linspace(min(ucc),max(ucc),grados);
    bins = discretize(ucc,vertices);
    arbol.MarkerSize = k*bins;
    %arbol.NodeFontSize = 3.5;
    colormap cool

end


% -------------------------------------------------------
function nombre_pais = nombrar(nombre_empresa, prefijo)

    % Concatenar nombre de pais con nombre de empresa
    %nombre_pais = strcat(prefijo,'-', nombres');
    nombre_pais = nombre_empresa;

end
```

10.3 Algoritmo para el índice de Jaccard

```
clearvars
close all
clc

% Parámetros
sheet = 'Retornos';
rango_fi = 'B2:Z716';
rango_in = 'AA2:AV716';
rango_ma = 'AX2:BY716';
rango_ta = 'BZ2:DA716';
rango_si = 'DB2:DC716';
```

```
% Importar retornos
Fi = readtable('Base_Asia.xlsx', 'sheet', sheet, 'range', rango_fi);
In = readtable('Base_Asia.xlsx', 'sheet', sheet, 'range', rango_in);
Ma = readtable('Base_Asia.xlsx', 'sheet', sheet, 'range', rango_ma);
Ta = readtable('Base_Asia.xlsx', 'sheet', sheet, 'range', rango_ta);
Si = readtable('Base_Asia.xlsx', 'sheet', sheet, 'range', rango_si);

nFi = numel(Fi.Properties.VariableNames);
nIn = numel(In.Properties.VariableNames);
nMa = numel(Ma.Properties.VariableNames);
nTa = numel(Ta.Properties.VariableNames);
n = min([nFi nIn nMa nTa])

%%
% Obtener retornos
zero = 1;       % Distancia máxima a considerar como zero
R1 = table2array(Ma);
R2 = table2array(Ta);
R1 = R1(:,1:n);
R2 = R2(:,1:n);

% Calcular matrices de correlación
M1 = corrcoef(R1);
M2 = corrcoef(R2);

% Calcular matriz de distancias
D1 = sqrt( 2*(ones(size(M1)) - M1) );
D2 = sqrt( 2*(ones(size(M2)) - M2) );

% Binarizar matrices de distancia
B1 = binarizar(D1,zero);
B2 = binarizar(D2,zero);

% Contar frecuencias binarias
disp('Frecuencias binarias para Mercado 1 y Mercado 2')
tabulate(B1(:)); disp(' ');
tabulate(B2(:));

% Calcular Jaccard
disp(' '); disp(' ');
disp('INDICE DE JACCARD: ')
I = JaccardI(B1,B2);
disp(I)

% Binarizar con umbral 'zero'
function B = binarizar(D,zero)
    n = size(D,1);
    B = zeros(n);
    B(D > zero) = 1;
end
```

```
% Calcular similaridad
function I = JaccardI(X,Y)
    Interseccion = sum(sum(X .* Y))
    Union = X + Y;
    Union(Union>0) = 1;
    Union = sum(sum(Union))
    disp('Indice = ')
    I = Interseccion/Union;
end
```

10.4 Algoritmo para estimación GARCH

```
---
title: "R Notebook"
output: html_notebook
---

```{r}
# Install Packages
rm(list=ls())
if(!require(rugarch)){install.packages('rugarch')}
if(!require(PerformanceAnalytics)){install.packages('PerformanceAnalytics')}
if(!require(tseries)){install.packages('tseries')}
if(!require(writexl)){install.packages('writexl')}

# Libraries
library(readxl)
library(writexl)
library(PerformanceAnalytics)
library(rugarch)
library(tseries)

# Import data
data <- read_excel("Data_Asia.xlsx")

# Adjust format date
data$Fecha <- as.Date(data$Fecha, format = "%Y-%m-%d")
head(data)
```


FUNCTION TO ESTIMATE ARCH RESIDUALS
```{r}

residuosGARCH <- function(stock_name, ar, ma){
```
```

```
  # Get yields from database
  r <- xts(data[stock_name], order.by = data$Fecha)

  # Plots histogram and line of residuals
  chart.Histogram(r, method=c('add.normal'), probability = TRUE)
  plot(r)

  # GARCH model specification
  garch_spec <- ugarchspec(variance.model = list(model="sGARCH",
garchOrder=c(1,1)),
                      mean.model = list(armaOrder = c(ar,ma)))

  # GARCH model estimation
  model <- ugarchfit(spec = garch_spec, data = r)

  # GARCH plots
  #plot(model, which="all")
  plot(model, which=1)

  # Return residuals
  z = model@fit[["z"]]
  return(z)

}

```


CALCULATE RESIDUALS MATRIX
```{r}

# Import ARIMA components
df <- read_excel("Data_Asia.xlsx", sheet = "auto_arima")

# Define data frame for residuals
Residuals <- data

# Loop to replace yields by residuals
n = ncol(df)
for (i in 1:1){

  # Get stock name and components from data frame
  stock_name = df$Stock_Name[i]
  ar <- as.numeric(substr(df$Model[i], start=2, stop=2))
  ma <- as.numeric(substr(df$Model[i], start=4, stop=4))
  print(paste(stock_name, ar, ma))
```

```
  # Estimate residuals
  z <- residuosGARCH(stock_name, ar, ma)

  # Substitute yields by residuals
  Residuals[stock_name] = z
}

#View(Residuals)
#write_xlsx(Residuals,"Residuos_GARCH.xlsx")
chart.Histogram(z, method=c('add.normal'), xlab='Residuos')
```