

Universidad de Valladolid

**Facultad de Ciencias
Económicas y
Empresariales**

Trabajo Fin de Grado

Grado en MIM

**El impacto de los modelos
cuantitativos en la
inversión**

Presentado por:

Alberto Fernández Villacé

Tutelado por (a cumplimentar voluntariamente):

Eleuterio Vallelado González

Valladolid, 23 de abril de 2025

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	pág 5
2. MARCO TEÓRICO.....	pág 6
2.1. La Hipótesis de los Mercados Eficientes (EMH).....	pág 6
2.2. La inversión cuantitativa.....	pág 8
2.3. Análisis técnico.....	pág 10
3. METODOLOGÍA.....	pág 12
3.1. Datos utilizados.....	pág 12
3.2. Medidas de evaluación.....	pág 13
3.3. Modelos.....	pág 14
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	pág 17
4.1. Estrategia de media o promedio móvil.....	pág 17
4.2. Estrategia Fuerza Relativa.....	pág 19
4.3. Evaluación del porfolio con mejores resultados.....	pág 21
<i>4.3.1. Análisis del rendimiento y riesgo.....</i>	<i>pág 23</i>
<i>4.3.2. Comparación con benchmark.....</i>	<i>pág 25</i>
5. CONCLUSIONES.....	pág 27
6. BIBLIOGRAFÍA.....	pág 28
7. ANEXO.....	pág 31

RESUMEN

En los últimos años, la inversión cuantitativa o también conocida como inversión sistemática ha ganado una gran relevancia como alternativa a los enfoques tradicionales. Este estudio tiene como objetivo evaluar si las estrategias cuantitativas pueden aportar un valor añadido en los mercados financieros, ya sea ofreciendo mejores rentabilidades o reduciendo el riesgo, de tal forma que cuestiona la Hipótesis de los Mercados Eficientes (EMH). Con este fin, se han evaluado dos estrategias de inversión cuantitativa basadas en el análisis técnico para seleccionar activos.

Los resultados muestran un razonamiento lógico, y una de ellas parece ser especialmente prometedora. Estos hallazgos sugieren que, bajo determinadas condiciones de mercado, los modelos cuantitativos pueden identificar ineficiencias contradiciendo por tanto la EMH. Sin embargo, este estudio también reconoce ciertas limitaciones que estos modelos y su aplicación práctica pueden acarrear. No obstante, se destaca el potencial de la inversión cuantitativa como un enfoque disciplinado y objetivo que puede aportar un valor añadido a la gestión de carteras, y se proponen futuras líneas de investigación relevantes.

ABSTRACT

In recent years, quantitative investing, also known as systematic investing, has gained significant relevance as an alternative to traditional approaches. This study aims to assess whether quantitative strategies can add value in financial markets by either improving returns or reducing risk, thereby challenging the Efficient Market Hypothesis (EMH). To this end, two quantitative investment strategies based on technical analysis were evaluated for asset selection.

The results show logical consistency, with one strategy appearing particularly promising. These findings suggest that under certain market conditions, quantitative models may detect inefficiencies, thus contradicting the EMH. Nonetheless, the study also acknowledges key limitations in the practical implementation of these models. Despite these challenges, quantitative investing stands out as a disciplined and objective approach that can enhance portfolio management. Further avenues for research are also proposed.

Palabras clave: Inversión cuantitativa, estrategias sistemáticas, Hipótesis de los Mercados Eficientes, análisis técnico, seguimiento de tendencia, fuerza relativa, mercados financieros.

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, los modelos cuantitativos o la inversión sistemática han ganado popularidad. Aunque este estilo de inversión comenzó a desarrollarse en la década de los setenta, sus fundamentos se remontan a las contribuciones previas de matemáticos, economistas y estadísticos reconocidos, como Louis Bachelier (1900), John M. Keynes (1936), John von Neumann (1944), Harry Markowitz (1952), John Lintner (1965), Jack Treynor (1965) y Jan Mossin (1966). Estos investigadores sentaron las bases de la inversión cuantitativa a través de estudios sobre la teoría de juegos, la modelización del riesgo y la optimización de carteras.

En la actualidad, la inversión cuantitativa ha resurgido como un tema central debido al desarrollo de nuevas tecnologías como la Inteligencia Artificial (IA) y el Machine Learning (ML), los cuales han ampliado las posibilidades en el procesamiento, tratamiento e interpretación de datos financieros (Jordan & Mitchell, 2015). Estas innovaciones han democratizado el acceso a estrategias avanzadas de inversión, facilitando su uso por inversores minoristas, en un ámbito que históricamente ha sido dominado por grandes instituciones financieras como fondos de cobertura, fondos de inversión y fondos de pensiones. Dichas instituciones han implementado estrategias como el arbitraje estadístico, el trading algorítmico, la inversión en factores y el uso de machine learning para obtener ventajas competitivas en los mercados (Lo, 2016).

La creciente adopción de estos modelos ha llevado a que, en las dos últimas décadas, el porcentaje del volumen total de inversión en los mercados financieros estadounidenses realizado mediante estrategias cuantitativas haya aumentado significativamente, pasando del 20 % en 2004 a un estimado del 70-75 % en 2024 (Acacia Inversión, 2024).

El **objetivo** de esta investigación es realizar una revisión de algunas de las estrategias cuantitativas basadas en análisis técnico más conocidas con el fin de conocer sus beneficios y limitaciones. Se exploran y simplifican las alternativas para el inversor minorista a fin de que pueda mejorar su relación beneficio riesgo en la inversión,

ofreciendo alternativas a las estrategias tradicionales como el “buy and hold” (conocido como comprar y mantener), la clásica cartera 60-40 (compuesta de un 60% renta variable y un 40% de renta fija), o la cartera permanente de famoso inversor Harry Browne. Se ofrecen dos alternativas que se enfrenten con la hipótesis de los mercados eficientes (Fama,1970).

La investigación está compuesta por un marco teórico en el que se explica la hipótesis de los mercados eficientes, la inversión cuantitativa y el análisis técnico. Se continuará con una metodología en la que se escogen y evalúan una serie de modelos cuantitativos realizando un análisis de sus limitaciones y una comparación con otros enfoques. Y se finalizará con una discusión de los hallazgos para establecer cuáles son las implicaciones prácticas de la investigación y un apartado que recoge las conclusiones más relevantes. Con esta investigación se pretende demostrar que los mercados no son completamente eficientes todo el tiempo y que hay formas y metodologías que consiguen aprovecharse de dichas ineficiencias para generar un valor añadido. Se espera que en **mercados altamente eficientes** los precios reflejen toda la información por lo que las estrategias o modelos que posteriormente se van a estudiar no tendrían sentido ya que o no conseguirían ser rentables o al menos no de forma que aporten un valor al inversor respecto a invertir directamente en el mercado de referencia. Sin embargo, en **mercados con algún nivel de ineficiencia** sí que se podría conseguir mediante herramientas cuantitativas una ventaja explotable para el inversor.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. La Hipótesis de los Mercados Eficientes (EMH)

Esta conocida y reputada hipótesis plantea que el precio de los activos refleja toda la información existente y, por tanto, no hay forma de obtener mejores rendimientos ajustados al riesgo en comparación con el propio activo. Según Fama (1970) los mercados financieros son absolutamente eficientes utilizando la información disponible de tal forma que el precio rápidamente descuenta dicha información. Bajo esta hipótesis es imposible que de forma constante se puedan generar ganancias significativas mediante el análisis de datos pasados (como puede ser el precio) o información disponible públicamente.

Se considera que los precios siguen un **paseo aleatorio**. Por tanto, el movimiento futuro del precio es completamente aleatorio e irá reflejando la información futura a la perfección. Cualquier intento de predecir estos movimientos estará condenado al fracaso. Fama (1970) distingue tres tipos de eficiencia. En primer lugar, la **eficiencia débil** caracterizada por atentar contra los principios del análisis técnico argumentando que los precios ya reflejan toda la información reflejada en precios pasados. Por tanto, hacer predicciones basadas en precios resulta completamente inútil. El segundo tipo de eficiencia que distingue Fama es la **eficiencia semifuerte**, bajo este tipo de eficiencia el precio de un activo no solo refleja la información de los precios pasados sino cualquier información de carácter público como noticias, estados financieros, eventos, etc. De esta forma no solo el análisis técnico resulta inútil, sino también el fundamental. En último lugar trabaja en el concepto de una **eficiencia fuerte** que se encuentra cuando el precio descuenta, además de toda la información pública, también la que no es accesible públicamente, conocida como *información privilegiada*. En este tipo de mercado ni siquiera los individuos con dicha información privilegiada podrían batir en rentabilidad ajustada al riesgo al activo en el que invierten.

La evidencia a favor de la EMH se encuentra en estudios sobre el **paseo aleatorio** que muestran como el precio sigue un camino caracterizado por patrones aleatorios (Fama, 1965), también en estudios de eventos que han demostrado la **rapidez de las reacciones a la información** en los mercados financieros. (Fama, Fisher, Jensen y Roll, 1969). Y en aquellos que demuestran la **dificultad para batir a los mercados**, en los que se llega a la conclusión de que pocos fondos activos consiguen superar de manera consistente a los índices de referencia una vez se han descontado los costes (Malkiel, 1995).

Respecto a la evidencia en contra de la EMH principalmente se observa en las **anomalías del mercado**, ya que se ha demostrado de forma repetida y con robustez que estas existen y que desafían las ideas de eficiencia débil y semifuerte como el *efecto enero*, *efecto valor* y *momentum*. También hay **estudios sobre los inversores "insiders"**. Según Jaffe (1974) los inversores con información privilegiada pueden obtener beneficios anormales, contradiciendo la eficiencia fuerte. Y en último lugar, la existencia **de burbujas y crisis financieras** como la crisis financiera de 2008 o la burbuja de las *dot-com* demuestran que los precios pueden desviarse de forma muy significativa de su valor

fundamental y que hay un *efecto rebaño* que empuja los precios sin atender precisamente a la racionalidad, y por tanto, rechazando la EMH. A su vez, **las finanzas conductuales**, popularizada por investigadores como Kahneman y Tversky (1979) han concluido que los inversores no siempre se caracterizan por su racionalidad y que los sesgos cognitivos pueden llevar a situaciones de ineficiencia en el mercado. Hay factores que facilitan esta situación como el exceso de confianza, la aversión a las pérdidas y el efecto manada. También hay que tener en cuenta ciertas **limitaciones del modelo de eficiencia**, ya que las bases de este modelo se fundamentan en que los inversores son siempre seres racionales y con el mismo acceso a la información lo cual no es en todo momento realista ya que no considera aspectos como las restricciones de liquidez, distintos perfiles de inversión, las diferencias en los horizontes temporales, etc. Y un último aspecto a considerar es el **desarrollo tecnológico y el arbitraje**, debido a que actualmente existen tecnologías ultra desarrolladas como el *high frequency trading* (HTF) y el acceso masivo a datos que pueden favorecer una mayor eficiencia, aunque en su contrapartida también pueden generar anomalías en el intento de hacer arbitraje. La inversión cuantitativa desafía a la EMH al pretender utilizar datos y modelos matemáticos para encontrar ineficiencias que se puedan explotar.

2.2. La inversión cuantitativa

También conocida con otros nombres como **inversión sistemática, o trading algorítmico** (cuando los modelos son automatizados en algoritmos) es una estrategia de inversión que utiliza modelos matemáticos y de computación para tomar decisiones de inversión con el fin de obtener el máximo retorno posible adaptado al riesgo de una forma completamente objetiva en lugar de ser dependiente de juicios cualitativos que pueden verse afectados por la psicología humana, y que demuestra cómo, en general, los seres humanos no hemos demostrado ser buenos inversores en la mayoría de los casos (Dalbar, 2017; InbestMe, 2023). Por ejemplo, Dalbar (2017) evidencia cómo los inversores minoristas obtienen rendimientos significativamente más bajos que el mercado debido a sesgos conductuales y una mala sincronización de entradas y salidas del mercado. Asimismo, InbestMe (2023) señala que factores como el miedo y la aversión a la pérdida afectan negativamente a la toma de decisiones financieras. Estos

decepcionantes resultados en gran medida pueden explicarse por diferentes sesgos cognitivos que nos afectan en la toma de decisiones, en la inversión incluido. Muchos de ellos descritos y estudiados por el psicólogo que obtuvo el premio Nobel de Economía Daniel Kahneman (1979).

Algunos de los enfoques o modelos más conocidos en la inversión cuantitativa incluyen el trading de alta frecuencia, el arbitraje estadístico, y las estrategias basadas en factores, todas ellas buscan explotar ineficiencias en los precios. En esta investigación nos centraremos en los últimos para así dejar de lado la complejidad técnica, tecnológica y computacional que requieren los primeros.

Tras una amplia revisión de la literatura relevante sobre la inversión cuantitativa, se observa que las estrategias de "**trend-following**" o **seguimiento de tendencia** han sido estudiadas por diversos autores (Faber, 2010). Además, el **momentum** y la **fuerza relativa** son factores respaldados por la investigación académica (Antonacci, 2014; Keller & Willem, 2018; Gray & Vogel, 2016), mientras que las estrategias basadas en la **paridad de riesgo** han demostrado ofrecer mejores relaciones beneficio/riesgo en comparación con los benchmarks utilizados.

En estudios como *The Conservative Formula: Quantitative Investing Made Easy*, van Vliet y Blitz (2017) evidencian cómo seleccionar acciones siguiendo criterios de **baja volatilidad, fundamentos sólidos y alto momentum** reduce el riesgo a la baja de las inversiones y mejora el rendimiento del benchmark de forma robusta. Asimismo, en *Relative Strength Strategies for Investing*, de Faber (2009) demuestra cómo estrategias de **fuerza relativa** aplicadas a sectores del mercado estadounidense y a distintas clases de activos permiten superar al índice de referencia. Además, se observa que la incorporación de estrategias de **seguimiento de tendencia** como cobertura contribuye a seguir batiendo al índice con un riesgo significativamente menor.

Estudios como *A Century of Evidence on Trend-Following Investing* (Hurst, Ooi, & Pedersen, 2017), *Risk Premia Harvesting Through Dual Momentum* (Antonacci, 2014) y *The Trend is Our Friend: Risk Parity, Momentum and Trend Following in Global Asset Allocation* (Clare, Seaton, Smith, & Thomas, 2016) muestran que estas técnicas

cuantitativas de gestión activa parecen ser consistentes a la hora de superar los benchmarks con los que son comparadas.

2.3. Análisis técnico

Debido a que en el ámbito de la inversión cuantitativa muchos de los modelos generados se basan en premisas y herramientas provenientes del análisis técnico resulta imprescindible realizar un repaso teórico sobre los fundamentos del análisis técnico.

El **análisis técnico** es un método de evaluación estadístico de las tendencias en los mercados financieros, generalmente utilizado para identificar oportunidades de inversión basadas por regla general en el precio y en el volumen. A diferencia del análisis fundamental que pretende evaluar el valor de una acción basándose en información financiera o contable como las ventas y los beneficios para obtener el valor intrínseco de una acción. El análisis técnico, tal como lo conocemos hoy en día, fue introducido por primera vez por Charles Dow con su **Teoría de Dow** (Dow, 1920). Esta teoría sentó las bases del análisis técnico moderno y ha sido respaldada y desarrollada por varios investigadores a lo largo del tiempo, incluyendo a William P. Hamilton (1922), Robert Rhea (1932), Edwards y John Magee (2007). Hamilton (1922) expandió la teoría de Dow al argumentar que los movimientos del mercado siguen patrones repetitivos que pueden ser analizados para predecir tendencias futuras. Posteriormente, Rhea (1932) refinó estos conceptos y enfatizó la importancia de las tendencias primarias, secundarias y menores en la evolución del mercado. A su vez, Magee y Edwards (2007) consolidaron el análisis técnico como una disciplina estructurada al incluir conceptos como líneas de tendencia, patrones gráficos y el análisis de volumen.

Los principios básicos en los que se fundamenta son que ***“El precio se mueve en tendencias”*** siguiendo un comportamiento fractal al moverse en tendencias independientemente del periodo temporal en el que se analice el precio. Un analista técnico pretenderá por tanto identificar oportunidades de inversión mediante el análisis de las tendencias. Y en que ***“La historia tiende a repetirse”*** ya que es frecuente abrir un gráfico de un activo y ver cómo hay ciertos patrones que se repiten porque, aunque las situaciones cambian, la psicología y el comportamiento humano tiende por naturaleza a repetirse, dejando señales que el análisis técnico pretende identificar.

El análisis técnico ofrece ciertas ventajas como su fundamento en el **comportamiento psicológico** de los inversores. Los mercados financieros no siguen siempre una lógica estrictamente racional, sino que están influenciados por emociones como el miedo y la euforia. Esto genera patrones recurrentes en los precios, como tendencias y ciclos, que pueden ser identificados y aprovechados mediante herramientas del análisis técnico. Además, su principal función es **analizar las tendencias**, las cuales son una parte indiscutible de la acción del precio de los activos. También resulta de gran ayuda a la localización y establecimiento de **puntos de entrada y salida** de las inversiones en función de las técnicas utilizadas. Así como unos puntos de toma de beneficios o de limitación de las pérdidas. Una de sus principales ventajas reside en proveer **señales adelantadas** con el objetivo de predecir futuros retornos y puede ser de utilidad independientemente del **horizonte temporal**.

Las principales críticas a este tipo de análisis provienen de la **teoría de los mercados eficientes**, que no solo atenta contra los defensores del análisis fundamental sino también contra los del técnico, debido a que esta teoría defiende que no hay información relevante para encontrar oportunidades de inversión ni en el precio ni en el volumen de un activo. En el caso del análisis técnico se puede representar por la **pérdida de eficiencia** de los patrones rentables, ya cuando un patrón consigue generar una ventaja en los mercados otros inversores empezarán a utilizarlo hasta que dicha ventaja desaparezca. Y otra de las críticas se basa en la defensa de que el precio sigue una **ruta aleatoria** imposible de predecir de forma que, aunque la historia se repita no siempre lo hace de forma exactamente igual por lo que el estudio de patrones puede no tener utilidad alguna.

Además de las críticas que se encuentran, el análisis técnico también presenta ciertas limitaciones como que en muchos casos es utilizado como una **herramienta subjetiva** pudiendo cometer errores o aciertos inexplicables por los datos, y debido a su subjetividad es sencillo también caer en sesgos y usar el análisis técnico como justificación en lugar de como una herramienta de análisis. Otra de sus limitaciones reside en la premisa de que **el comportamiento pasado no es indicativo del comportamiento futuro** por lo que es importante utilizar análisis estadístico y de robustez para aumentar lo máximo posible el nivel de confianza de las estrategias que

utiliza el análisis técnico. El análisis técnico tampoco es un santo grial que nunca comete errores, por lo que una correcta gestión del riesgo es imprescindible. Como en cualquier otro análisis las **señales falsas** existen y en este caso, son más frecuentes en el corto plazo.

Relación entre el Análisis Técnico y los Modelos Cuantitativos

La relación es notable puesto que ambos se basan en datos históricos de precios para buscar oportunidades de inversión, y muchos modelos cuantitativos usan indicadores técnicos como las medias móviles, RSI, MACD, etc. Aunque la inversión cuantitativa pretende ser completamente objetivo automatizando y optimizando muchas de las reglas del análisis técnico para dejar a un lado la posible subjetividad del análisis técnico. Además, también comparten muchas de las críticas, como su dependencia de los datos pasados y la falta de utilidad en mercados eficientes.

3. METODOLOGÍA

3.1. Datos utilizados

Para la investigación usaré una **plataforma** online conocida como “Portfolio Visualizer” que se trata de una herramienta muy completa donde se pueden llevar a cabo diferentes funciones como realizar estudios históricos de portfolios, análisis de factores, obtener analíticas y datos de diferentes activos, realizar simulaciones de Montecarlo, optimización de portfolios mediante distintos métodos, y probar modelos de asignación táctica basados en modelos cuantitativos. Aunque la herramienta que vamos a utilizar es la de modelos de asignación táctica.

Los **datos** que se van a utilizar son los que se encuentran en la plataforma anteriormente mencionada. La renta variable mundial será representada por Estados Unidos, Europa y mercados emergentes con los siguientes activos respectivamente *Vanguard 500 Index Investor* (VFINX) con datos desde 1978, *Vanguard European Stock Investor* (VEURX) desde 1992 y por último *Vanguard Emerging Markets Stock Index* (VEIEX) desde el año 1996. También se utilizarán activos que representen la renta fija que serán la renta fija de largo plazo estadounidense, la de medio plazo y la de muy corto plazo representada respectivamente con *Vanguard Long-Term Treasury Inv* (VUSTX) con datos desde 1988,

Vanguard Interterm-Term Treasury Inv (VFITX) datos desde 1993, y para la representación del efectivo o renta fija de muy corto plazo se utiliza la rentabilidad de las letras del tesoro de 3 meses de duración (*CASH*) con datos disponibles desde 1972. Para la inversión alternativa utilizaré *Vanguard Real State Index Investor* (VGSIX) que tiene datos desde 1998 para expresar el comportamiento de una inversión en REITs, y por último *SPDR Gold Shares* (GLD) para simular el comportamiento de la inversión en oro con datos desde 2006.

Un aspecto clave sobre los datos usados es que se presupone una **inversión en dólares** por tanto las diferentes mediciones y cálculos se realizarán en esta divisa, además la renta fija que se usará es únicamente del gobierno estadounidense.

3.2. Medidas de evaluación

Con el propósito de poder hacer una adecuada comparación entre diferentes modelos de inversión cuantitativa o estrategias de inversión, es fundamental establecer unos parámetros o métricas para que la comparación sea completamente objetiva.

Para ello se van a definir distintas métricas de retorno/rentabilidad y de riesgo a las que se hará mención a lo largo del trabajo. La ***tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR)*** es la variación anual de la rentabilidad teniendo en cuenta la acumulación de los intereses generados previamente, en otras palabras, la rentabilidad anual compuesta. Como medida de riesgo se utilizará la ***desviación típica***, que indica la variabilidad de los retornos, también conocida como volatilidad, en este caso, menor volatilidad a igualdad de retornos se considera mejor. Otra de las medidas de riesgo a utilizar es el ***drawdown máximo o caída máxima*** que hace referencia a la pérdida máxima que registra una estrategia en un periodo de tiempo determinado. Generalmente, contra menor mejor, ya que facilita la adherencia a la inversión y evita que impulsos instintivos hagan vender a los inversores en los peores momentos al ser víctima de las emociones. Por último, dos indicadores matemáticos que se usan para evaluar como de eficiente es la obtención de la rentabilidad teniendo en cuenta el riesgo que se asume, el primero, el ***Ratio de Sharpe***, que en resumidas cuentas es un indicador que se utiliza para medir la rentabilidad que ofrece una inversión con relación al riesgo asumido. Una estrategia con un ratio Sharpe

mayor que otra nos indica que es más eficiente utilizando el riesgo para conseguir una rentabilidad. Similar al anterior, el **Ratio de Sortino**, que se trata de un indicador que nos indica el exceso de rendimiento por encima de un determinado objetivo por unidad de riesgo a la baja. Se trate de un concepto similar al ratio de Sharpe pero que lo diferencia en que no considera la volatilidad general sino únicamente la volatilidad que genera pérdidas, que es precisamente la que nos preocupa como inversores. Y cuya interpretación es similar a la del ratio de Sharpe.

3.3. Modelos

En el marco de este trabajo, los modelos a evaluar son dos, un primero que se centrará en una estrategia de seguimiento de tendencia y se referirá a él como Modelo Trend-Following, y un segundo que se basará en una estrategia de fuerza relativa entre diferentes activos de inversión y se conocerá con el nombre de Modelo Relative Strength para simplificar.

En primer lugar, se han elegido estas estrategias debido a su **fundamento teórico y relevancia**; el **modelo de medias móviles** ha sido ampliamente utilizado en estrategias de seguimiento de tenencia permitiendo capturar grandes movimientos en los mercados financieros. Las medias móviles suavizan la volatilidad de los precios de los activos e identifican con rapidez las tendencias prolongadas. Además, gozan de un gran apoyo por parte de la investigación académica mostrando un gran comportamiento en estudios como el de Hurst, Ooi y Pedersen (2017) y otros previamente mencionados. Por otro lado, el **modelo de fuerza relativa** consiste en una selección de activos en base a su comportamiento superior a lo largo de un periodo reciente, basándose en la hipótesis que un objeto en movimiento es más probable que se mantenga en movimiento, también conocido con el nombre de *momentum*. Al igual que el uso de las medias móviles cuenta con un gran respaldo teórico mostrándose como anomalías recurrentes en los mercados financieros. Para la elección de las estrategias también se ha tenido en cuenta su **adaptabilidad a diferentes activos y facilidad de implementación**, siendo ambos modelos son capaces generar un valor añadido a través de una amplia variedad de activos, y gracias a su versatilidad, flexibilidad y robustez pueden ser fácilmente comparables en contextos diversos. Sin olvidar que sus reglas

extremadamente sencillas y prácticas permiten una fácil implementación. Al elegir los modelos también se ha buscado que estos tuvieran una **relevancia para la investigación académica**, ya que a pesar de que estas metodologías han sido ampliamente estudiadas se pretende no solo hacer una revisión sino también investigar y proponer nuevas formas de aplicación, que se discutirán más adelante.

Cada estrategia también presenta sus limitaciones, en el caso del modelo Trend-Following o modelo de medias móviles, hay que tener en cuenta la **sensibilidad a la optimización de parámetros** que es una de las críticas más populares de este modelo y que puede aparecer al elegir parámetros que se han comportado muy bien en el pasado pero que no garantizan su efectividad en el futuro. Es por ello que el estudio de qué parámetros utilizar debe de ser estudiado rigurosamente buscando la robustez en lugar de la máxima rentabilidad o el mejor comportamiento de la estrategia posible. Resulta también muy útil el contar con suficientes datos para poder tener rigor estadístico y realizar pruebas de sensibilidad de los parámetros variándolos ligeramente y comprobando si los resultados obtenidos se sostienen o por el contrario se evaporan. En el caso de este estudio también se han realizado pruebas con las medias de 6, 8 y 12 meses con resultados similares respecto a la media de 10 meses usada en el modelo estudiado. Es importante aclarar que la media de 10 meses no es un parámetro optimizado y que la naturaleza del comportamiento de los diferentes activos puede hacer que parámetros de medias diferentes presenten mejores resultados. La media de 10 meses fue elegida con un propósito de robustez durante la investigación. Esta estrategia presenta problemas en **mercados laterales**, ya que, aunque son una gran opción para mercados tendenciales, generan muchas señales erróneas durante mercados laterales o sin movimientos tendenciales. Es importante conocer por tanto la naturaleza de los activos que se van a operar, aplicar filtros y/o tener una adecuada gestión del riesgo para cuando estos momentos ocurran. En el caso de los activos elegidos se sabe que son mercados con una tendencia alcista en el largo plazo y el modelo se aplica con el objetivo de combatir los riesgos de cola. Las medias móviles son un indicador técnico que actúan sobre el precio y es por ello por lo que son un **indicador retardado** indicando que una tendencia comienza cuando ya lleva existiendo un tiempo lo que puede generar entradas en tendencias que ya llevan un recorrido y salidas cuando

ya se ha producido parte de la corrección, reduciéndose el potencial de beneficios. Otro de los aspectos a considerar son los **costos de ejecución de la estrategia**, porque al ser gestión activa y realizar múltiples operaciones de entrada y salida hay unos costes asociados como las comisiones, spreads, swaps (si se utilizan productos apalancados) y el pago de impuestos al realizarse el ejercicio económico; y todos estos factores reducirán la rentabilidad compuesta anual de la estrategia además de añadirle una complejidad en la ejecución. Y, por último, las señales operativas del modelo pueden perder efectividad ante el **ruido de mercado** por factores como noticias o eventos que incrementan en un corto periodo de tiempo la volatilidad. Para contrarrestar esta problemática se recomienda evitar los periodos temporales cortos que son más sensibles a estos eventos y adherirse a aquellos periodos temporales de más largo plazo como el usado en el estudio, el mensual.

El modelo Relative Strength o de fuerza relativa, al igual que el anterior presenta ciertas limitaciones que hay que considerar. Genera **señales falsas** principalmente en mercados volátiles donde es frecuente que la estrategia seleccione activos cuya tendencia alcista no sea sostenible simplemente porque ha dado mayor rentabilidad en el periodo seleccionado, de tal forma que se trate de ruido de mercado y debido a su alta volatilidad se haya posicionado el activo como señal de compra sin que pueda sostener dichos retornos. Este modelo también es de gestión activa y por tanto presenta **costos de transición** relacionados al rebalanceo periódico de la cartera de inversión, ya que al comprar los activos que mejor se comportan y vender aquellos que peor habrá que enfrentarse a costes de operativa y fiscales que no han sido incluido en los cálculos. Hoy en día estos costes pueden ser relativamente bajos al existir activos de inversión como fondos indexados y ETFs que replican un activo con comisiones mínimas. Al igual que con la estrategia de medias móviles hay una clara **dependencia de parámetros** y se debe aspirar a elegir periodos de observación de la rentabilidad para la frecuencia del rebalanceo robustos y no basados en la sobre optimización puesto que es fundamental que el modelo tenga capacidad predictiva y no únicamente explicativa. Al ser una cartera de activos hay que tener en cuenta el **riesgo de concentración y falta de diversificación**, siendo fundamental que los activos seleccionados muestren comportamientos con cierta des correlación con el objetivo de que el modelo se vea beneficiado de la

diversificación entre activos. Además, en el caso de usar índices es fundamental que dichos índices no sufran de una excesiva concentración como es el caso del SP 500 donde las diez mayores empresas representan cerca del 40% del índice americano. Se recomienda por tanto usar activos de naturaleza distinta como es el caso del modelo, que utiliza renta variable diversificada geográficamente, bonos de alta duración y renta fija de muy corto plazo.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1. Estrategia de media o promedio móvil

Una **media o promedio móvil** se trata de un indicador técnico que utiliza los precios de un activo a lo largo de un periodo de tiempo establecido para posteriormente dividirlo entre el número de datos recogido y así formar una línea de tendencia. Este indicador es popularmente usado por los inversores para determinar la dirección de la tendencia y reducir el ruido asociado a la volatilidad del activo.

Para la metodología de medias móviles o modelo “Trend Following” se utilizará una **media móvil de 10 meses**. La estrategia consistirá en comprar el activo en el que se aplique la metodología cuando su precio este por encima de su media móvil de 10 meses y de cerrar la posición y mantener el capital en letras del tesoro cuando el precio cierre o esté por debajo de dicha media móvil. Este proceso se realizará al final de cada mes.

Se han realizado también pruebas con las medias 6, 8, 9, 11 y 12 con el fin de comprobar si los resultados variaban de forma significativa y por tanto se podía tratar de una sobre optimización. Los resultados no variaron de forma significativa a pesar de ser aplicado a activos de distinta naturaleza, el objetivo con las medias móviles es aprovecharse de las tendencias y cubrirse ante grandes correcciones, ya que al evitar grandes caídas el retorno necesario para obtener la misma rentabilidad es menor. Un ejemplo de ello es que tras una caída del 50% se necesita un 100% para volver a máximos y no un 50%.

Estos **riesgos de cola** se dan de forma más habitual en los mercados financieros de lo que distribución normal sugiere (Mandelbrot, 1963).

Para realizar un análisis en profundidad del modelo compararemos como funcionaría la estrategia en cada activo desde la fecha que tenemos datos hasta Diciembre de 2024,

dicha estrategia consistiría en cada final de mes comprobar la posición del precio del activo respecto a su media móvil de 10 meses, si el precio se encuentra por encima de su media se invertiría en el activo el 100% del capital , y si se encuentra por debajo el 100% del capital se invertiría en letras del tesoro (considerado como el activo sin riesgo).

Tabla 1

Comprar y mantener	SP 500	Europe	EMM	LTT	Gold	REITs
CAGR (%)	11,91	6,96	5,82	5,96	8,48	7,8
Standard Deviation (%)	15,18	17,44	21,97	10,69	16,92	20,35
Max Drawdown (%)	-50,97	-59,72	-62,7	-45,29	-42,91	-68,28
Sharpe Ratio	0,54	0,36	0,27	0,32	0,48	0,37
Sortino Ratio	0,79	0,48	0,38	0,5	0,78	0,53

Tabla 2

Con medias	SP 500	Europe	EMM	LTT	Gold	REITs
CAGR (%)	10,79	7,61	8,01	5,86	5,86	7,22
Standard Deviation (%)	11,68	11,58	13,94	8,74	13,39	14,22
Max Drawdown (%)	-23,52	-31,42	-37,66	-20,14	-38,54	-45,34
Sharpe Ratio	0,57	0,46	0,46	0,36	0,38	0,42
Sortino Ratio	0,85	0,7	0,74	0,58	0,64	0,6

Tablas 1 y 2 (Las tablas 1 y 2 recogen las principales métricas recogidas en el apartado de medidas de evaluación en las columnas. Y los activos en las filas. El SP 500 es la renta variable americana, "Europe" la europea, "EMM" la de mercados emergentes, "LTT" es la renta fija del gobierno americano a largo plazo, "gold" representa al oro, y "REITs" al activo inmobiliario.)

A pesar de los resultados obtenidos en la simulación se realizará mediante hipótesis de medias una serie de comparaciones para ver si las diferencias en los resultados obtenidos son realmente estadísticamente significativas.

Las pruebas de hipótesis de diferencia de medias para ver si las rentabilidades anuales son estadísticamente significativas reflejan que en la renta variable la diferencia de medias de las rentabilidades anuales no es estadísticamente significativa en la renta variable (en SP 500 p-valor de 0,4985; en Europe p-valor de 0,467; y en EMM p-valor de 0,4811) por lo que respecto a las rentabilidades anuales sería indiferente invertir en la renta variable elegida directamente o aplicar el modelo. Lo mismo ocurre con la inversión en oro y el activo inmobiliario (oro de 0,4998; y REITs de 0,4998).

También se ha realizado una prueba de diferencias de las desviaciones típicas de las rentabilidades anuales para ver si el modelo consigue rebajar la volatilidad de la estrategia "comprar y mantener" o si por el contrario la volatilidad del modelo es indiferente o incluso superior. El resultado de la prueba de medias ha demostrado que

en la renta variable las desviaciones típicas del modelo son significativamente menores a las de únicamente comprar el activo (en SP500 un p-valor de 0,08066 que es significativo al 90% aunque no al 5%; en Europe p-valor de 0,0365; y en EMM de 0,0413). En cambio, en activos como los bonos a largo plazo, oro y activo inmobiliario los resultados demuestran que las desviaciones estándar no son significativamente significativas (un p-valor en el oro de 0,3546; y en REITs de 0,2851).

Por último, se ha realizado una prueba de estrés para observar como los activos y el modelo aplicado a los activos resisten periodos de gran inestabilidad económica como el periodo del lunes negro, crisis asiática, el “default” de Rusia, la crisis “Dotcom”, la crisis “Subprime” y el inicio del COVID-19. El objetivo de esta prueba es determinar si el modelo neutraliza las caídas en momentos de pánico o si, por el contrario, es indiferente a mantenerse invertido. En cuanto a la renta variable en general se observa que durante estas situaciones críticas el modelo lo hace significativamente mejor que mantenerse invertido ya que la prueba de diferencia de medias de las rentabilidades obtenidas durante estos periodos así lo indica (SP500 con un p-valor de 0,0016; Europe de 0,00734; y EMM de 0,04134). En el activo inmobiliario ocurre algo similar (REITs con p-valor de 0,0407). En el caso del oro se ha seguido un procedimiento algo modificado al solo disponer de dos observaciones, se han extraído las nueve mayores caídas del modelo y del oro y se han anualizado, ya que las duraciones pueden diferir, y el resultado es que las mayores caídas no son significativamente distintas (oro, p-valor de 0,2824), siendo por tanto indiferente a nivel estadístico comprar y mantener oro que aplicar el modelo en el activo en lo que rentabilidades medias durante las caídas máximas se refiere.

4.2. Estrategia Fuerza Relativa

Un **modelo de fuerza relativa** o “**Relative Strength**” es un enfoque utilizado dentro de la inversión cuantitativa que consiste en seleccionar los activos basándose en su rendimiento pasado, comprando aquellos con mejor comportamiento y manteniéndolos hasta que otros se comporten mejor. Este modelo se basa en la premisa de que un cuerpo en movimiento tiende a mantenerse en movimiento, factor también conocido como *momentum*. En el caso del modelo que vamos a utilizar está compuesto por cuatro activos que son la renta variable europea y estadounidense (como

representación de la renta variable mundial), bonos gubernamentales de largo plazo y letras del tesoro de Estados Unidos. El periodo de comparación de la rentabilidad de los activos será de los últimos 6 meses y se realizará una vez al mes, en concreto al final de cada mes, y se comprará para el mes posterior el activo con mayor rentabilidad en dicho periodo.

Resultados Modelo Relative Strength al ser aplicado a un porfolio de activos

En este caso no existe la posibilidad de probar el modelo en activos individuales ya que al ser un modelo de fuerza relativa es por tanto imprescindible que sea comparado con otros activos para poder efectuarse. El **objetivo** en este apartado es por tanto crear un porfolio con los cuatro activos mencionados que con esta metodología batan o que por lo menos mejoren porfolios que puedan ser considerados como agresivos debido a su volatilidad (exceptuando el efectivo en letras a tres meses del tesoro americano). Y los porfolios que servirán como “benchmark” a batir serán dos, el primero la cartera 60/40 (con un 30% renta variable europea, un 30% renta variable americana y un 40% bonos gubernamentales a largo plazo de Estados Unidos para que los activos sean similares). Y el segundo, se trata de un porfolio que invierte el 100% en renta variable americana, recalcando, que ha sido la renta variable que mayor rentabilidad ha proporcionado con diferencia en el espacio temporal del estudio. Los resultados son los siguientes:

	Modelo RS II	Cartera 60/40	SP 500 (mejor RV)
CAGR (%)	11,26	7,9	11,02
Standard Deviation (%)	12,05	9,65	14,74
Max Drawdown (%)	-16,64%	-29,81	-50,97
Sharpe Ratio	0,74	57	0,61
Sortino Ratio	1,23	0,85	0,91

Tabla 3 (En el encabezado de las columnas se encuentran las principales métricas discutidas en el apartado de medidas de evaluación; y en el de las filas el “Modelo RS II” que es el modelo de fuerza relativa, la “cartera 60/40” que es el resultado de invertir en un 60% bolsa global, 50% EE. UU. y 50% Europa, y un 40% en bonos americanos a largo plazo, y el SP500 como mejor “RV” quiere decir renta variable)

Aparentemente en una revisión de los resultados de la simulación si se compara con la cartera tradicional 60/40 el modelo de fuerza relativa obtiene una mayor rentabilidad compuesta anual de casi tres puntos porcentuales de diferencia. Respecto a la volatilidad, la cartera 60/40 muestra menor volatilidad, pero aun así el modelo muestra mejor capacidad de lidiar con eventos extremos del mercado y riesgos de cola al poder posicionarse en letras del tesoro cuando los activos de riesgo no están comportándose

bien. La diferencia en el drawdown o caída máxima muestra que la cartera 60/40 en el periodo llegó a sufrir una corrección del 30,3% comparada con la del modelo del 16,64%, esta última es prácticamente un 50% menor. En los ratios de rentabilidad ajustada al riesgo los valores del modelo son mejores con un ratio de Sharpe del 0,74 y el de Sortino de 1,23 en comparación del 0,62 y 0,93 respectivamente de la cartera 60/40.

Cuando este modelo se compara con la mejor renta variable del periodo estudiado, la estadounidense, se observa que obtiene una ligeramente superior rentabilidad el modelo en comparación con el SP 500. Aunque el exceso de CAGR es tan solo del 0,2% hay que tener en cuenta no solo la rentabilidad, sino que riesgo se está asumiendo para obtener dicha rentabilidad. En cuanto a la volatilidad, el modelo tiene una menor volatilidad. Se pueden observar también grandes diferencias en el drawdown máximo. Nuestro modelo presenta una caída máxima del 16,64% frente a la caída de carteras consideradas conservadoras como la 60/40, del 29,81%. Por último, los ratios de Sharpe y de Sortino son superiores para el modelo Relative Strength al presentar una mejor rentabilidad ajustada al riesgo que un portfolio invertido 100% en el SP 500.

En conclusión, el modelo no solo parece superar la rentabilidad compuesta anual de los otros dos portfolios, sino que también consigue hacerlo con un riesgo de caída máxima considerablemente menor e incluso menor volatilidad salvo en comparación con la cartera 60/40, posteriormente se analizará si estos resultados son realmente significativos.

4.3. Evaluación del portfolio con mejores resultados

Tras haber realizado una visión previa de los resultados obtenidos se procede a una evaluación en profundidad y estadística de la última estrategia que ha sido la que ha demostrado unos resultados más satisfactorios. Para ello hay que seguir una metodología cuantitativa que considere distintos aspectos clave para incrementar las posibilidades de un correcto funcionamiento de la estrategia o que lleve a un descarte.

Un análisis exhaustivo de una estrategia cuantitativa debe incluir los activos que se van a operar y que riesgo se asumirá en cada uno de ellos. Se deberá conocer el rendimiento y los riesgos en el periodo de estudio con parámetros como la rentabilidad, la

rentabilidad ajustada al riesgo, la volatilidad, y la caída máxima entre otros. La estrategia deberá ser capaz de pasar pruebas de robustez que nos indiquen que no se trata de un modelo basado en la sobre optimización sin validez estadística real y tiene que ser aplicable al mercado. Además, deben considerarse otros aspectos operativos como la esperanza matemática, número de operaciones, costes operativos, etc. Y, por último, aunque no menos importante se comparará con un índice de referencia en función del estilo de la metodología utilizada.

El modelo como se mencionó previamente consistirá en los siguientes **activos**:

VFINX	Vanguard 500 Index Investor
VEURX	Vanguard European Stock Investor
^CASHUS	U.S. 3-Month Treasury Bill Rate
VUSTX	Vanguard Long-Term Treasury Inv

Tabla 4 (Explicación del significado de cada sigla. Obtenido de Portfolio Visualizer.)

El “Vanguard 500” en representación de la renta variable americana y el “Vanguard European” de la renta variable europea. Al ser **renta variable** se consideran activos de riesgo y con alta volatilidad. Se escogen dos para una mayor diversidad geográfica y así poder invertir en aquel que mejor se está comportando.

El tercer activo se trata de **letras del tesoro americano a 3 meses** y al tener muy poca volatilidad va a ser considerado el “activo seguro” que se usará como alternativa a los activos de riesgo y pretende dar seguridad cuando el resto de los activos no se están comportando bien.

Y por último el “Vanguard Long-Term Treasury” que pretende imitar el comportamiento de la **renta fija** del gobierno estadounidense a muy largo plazo. Debido a su alta duración se trata de un activo de riesgo, aunque sea algo menos volátil que la renta variable. Este activo de riesgo se añade con el objetivo de una diversificación extra ya que generalmente se comporta de forma des correlacionada con la renta variable (normalmente del área geográfica que representan, pero al haber cierta correlación entre Europa y Estados Unidos también genera cierto valor añadido).

4.3.1. Análisis del rendimiento y riesgo

Portfolio Performance (Jan 1991 - Nov 2024)			
Metric	Momentum Model	Equal Weight Portfolio	Vanguard 500 Index Investor
Start Balance	\$10,000	\$10,000	\$10,000
End Balance	\$373,006	\$102,541	\$346,294
Annualized Return (CAGR)	11.26%	7.10%	11.02%
Standard Deviation	12.05%	8.03%	14.74%
Best Year	42.46%	23.50%	37.45%
Worst Year	-14.68%	-17.69%	-37.02%
Maximum Drawdown	-16.64%	-29.25%	-50.97%
Sharpe Ratio	0.74	0.58	0.61
Sortino Ratio	1.23	0.86	0.91
Benchmark Correlation	0.39	0.89	1.00

Tabla 5 (Esta tabla recoge las principales métricas de evaluación en el encabezado de las columnas y en el de las filas tres estrategias distintas. “Momentum Porfolio” que es el porfolio que estamos evaluando, “equal weight porfolio” que consiste en comprar todos los activos mencionados con el mismo peso y rebalanceo cada año, y “Vanguard 500 Index Investor” que representa al SP 500. Obtenido de Porfolio Visualizer.)

Rentabilidad

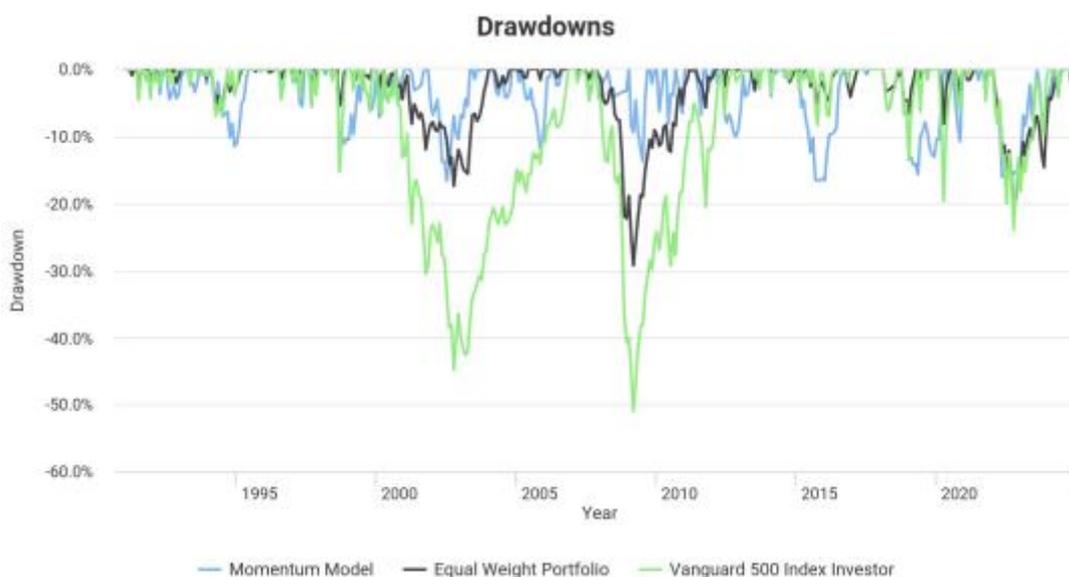
Para ver si hay diferencias significativas entre las rentabilidades de las distintas alternativas se utilizará una prueba de diferencia de medias de las rentabilidades anuales. Cuyos resultados muestran que no hay diferencias significativas en las rentabilidades de la estrategia de fuerza relativa en comparación a la cartera 60/40 (p-valor de 0,4968) ni de la estrategia de fuerza relativa versus la inversión en SP500 basándose en “comprar y mantener” (p-valor de 0,3957).

Riesgo

No solo la rentabilidad o el capital generado es suficiente para evaluar una estrategia, sino que es fundamental tener en cuenta el riesgo que se sufre al llevarlo a cabo. Con el fin de determinar si el modelo consigue reducir el riesgo medido como volatilidad se ha realizado una prueba de diferencia de las desviaciones típicas demostrando que no hay diferencias significativas en las desviaciones típicas entre aplicar el modelo y la cartera 60/40 (p-valor de 0,1034), y respecto a la renta variable los resultados solo son significativamente positivos al modelo al 90% (con un p-valor de 0,0559). El riesgo no solo se mide mediante volatilidad sino también mediante las caídas máximas, para ello se ha elaborado una prueba de diferencia de medias de la rentabilidad en periodos de estrés de mercado mostrando que las caídas del modelo durante este periodo son significativamente menores a las del SP 500 (p-valor de 0,0051) y al 90% también lo serían de la cartera 60/40 (p-valor del 0,0683).

Rentabilidad-Riesgo

El **“Sharpe Ratio”** del modelo es 0,74 y del índice americano el 0,61. Al ser mayor el del modelo significa que la estrategia de fuerza relativa aporta una mayor rentabilidad ajustada al riesgo (generalmente al riesgo medido como volatilidad). En contrapartida, el **“Ratio Sortino”** del modelo es del 1,23 mientras que el del Sp500 es del 0,91. Como indicaba el “sharpe ratio” anteriormente el modelo ofrece una mayor rentabilidad ajustada al riesgo, pero esta vez no solo considerando la volatilidad sino también las caídas que puede sufrir cada una de la estrategias, aunque de estos resultados no se puede comprobar su significancia estadística, ya que del ratio de sharpe y de sortino solo se obtiene una observación. Las caída media en momentos de tensión financiera tal y como se cómo se demostró antes eran menores las del modelo respecto a las de la cartera 60/40 y el SP500, también se puede observar en el siguiente gráfico.



Gráfica 5. (Esta gráfica muestra la pérdida latente de cada estrategia en un momento determinado, es decir, la evolución del drawdown. “Momentum Model” es la estrategia de fuerza relativa, “Equal Weight Porfolio” consiste hacer un porfolio compuesto por todos los activos de la estrategia con el mismo peso. Y “Vanguard 500 Index Investor” es el SP 500. Obtenido de Porfolio Visualizer.)

Muestra y periodo de la simulación

El **periodo de la muestra** es de enero de 1991 hasta noviembre de 2024, lo que supone algo más de 33 años que al ser mayor de treinta que según el Teorema Central del Límite la muestra es suficientemente grande. Además, durante este periodo de tiempo el mercado ha sido sometido a distintos regímenes, ha habido grandes periodos de un comportamiento excelente por parte de los activos y otros muy negativos. La estrategia se ha tenido que enfrentar a burbujas relacionadas con Internet, la gran crisis financiera

de 2008, guerras comerciales entre Estados Unidos y China, periodos con tipos de interés negativos, tensionamientos geopolíticos, el Covid-19, una de las subidas de tipos más rápidas de la historia, y a periodos de tanto inflación como deflación.

4.3.2. Comparación con benchmark

Uno de los gráficos más interesantes y visuales para hacer una comparación rápida entre activos y poder analizar la volatilidad, rentabilidad y riesgo es el gráfico de los rendimientos móviles anualizados de 5 años o **“Annualized Rolling Return”**. Gracias a este gráfico se puede ver en cada punto cuales son los retornos anualizados de los anteriores 5 años o 60 meses, por tanto, si hay un punto en -2,8% quiere decir que el retorno anualizado de los últimos cinco años ha sido de ese valor. Anteriormente se comprobó que al 90% el modelo era menos volátil en lo que rentabilidad anualizada se refiere en comparación con el SP500 y para demostrar si lo que demuestra el siguiente gráfico es significativo se han anualizado las rentabilidades en bloques de cinco años demostrando que la varianza del modelo en estos periodos es significativamente menor a estar invertido en el SP500 (p-valor de 0,00367).



Gráfica 6. (Hace referencia a la evolución de los retornos rodados de los últimos cinco años anualizados en función del tiempo. “Momentum Model” es la estrategia de fuerza relativa, “Equal Weight Porfolio” consiste hacer un porfolio compuesto por todos los activos de la estrategia con el mismo peso. Y “Vanguard 500 Index Investor” es el SP 500. Obtenido de Portfolio Visualizer.)

A simple vista se puede ver como la **rentabilidad media** del modelo (línea azul) es mayor que la del Sp500 que es nuestro “benchmark” (línea verde), aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas (p-valor de 0,4994).

Relacionado con el punto anterior también mide el **grado de incertidumbre** en los retornos de una inversión ya que contra más amplios son los bandazos más impredecible se considera una estrategia ya que por ejemplo el rendimiento móvil máximo y mínimo del modelo en los últimos 5 años está en un rango de en torno al +5% al 22% lo que asumiendo un comportamiento similar puedo determinar que mi rentabilidad anualizada de los próximos cinco años debería encontrarse en ese rango. Mientras que el del Vanguard 500 fluctúa de aproximadamente el -8% al +28%, por tanto, es mucho más complicado estimar rentabilidades futuras basándonos en datos históricos.

El análisis de este gráfico obliga a mencionar el concepto de **aversión a la pérdida**, que nos recuerda que ningún inversor invierte queriendo perder dinero ni el tiempo, y es muy complicado psicológicamente analizar una inversión hecha hace 5 años que ha dado una rentabilidad negativa. Y en el caso del Sp500 hay varios puntos que se sitúan por debajo del 0% lo que quiere decir una pérdida anualizada negativa durante los últimos cinco años. En el peor de los casos de la muestra, el inversor del Sp500 tuvo una pérdida anualizada cercana al -8% durante cinco años. Mientras que el modelo consigue suavizar el gráfico, y en el peor de los escenarios la estrategia generó un 5% anualizado durante cinco años que, de hecho, es una rentabilidad positiva. Con esto se pretende explicar que, aunque la ¹rentabilidad anualizada durante la investigación de ambas estrategias es muy similar, la distribución de esas rentabilidades a lo largo de los años no tiene nada que ver, haciendo una estrategia mucho más fácil de llevar que la otra como también se puede observar en la siguiente gráfica de la curva de capital, donde el modelo tiene una curva de capital notablemente a simple vista más suavizada.

¹ Rendimientos móviles anualizados (5 años): Es la media geométrica anual de los rendimientos obtenidos en ventanas móviles de 5 años a lo largo de la muestra. Se calcula aplicando la fórmula del CAGR sobre cada subperiodo de 5 años consecutivo.

Portfolio Growth



Gráfica 7. (Con esta gráfica se compara la evolución del capital en el tiempo en función de si fue invertido en una estrategia o en otra. “Momentum Model” es la estrategia de fuerza relativa, y “Vanguard 500 Index Investor” es el SP 500. Obtenido de Porfolio Visualizer.)

5. CONCLUSIONES

Este trabajo ha explorado la capacidad de la inversión sistemática o cuantitativa para generar valor añadido en los mercados financieros, evaluando dos estrategias basadas en el análisis técnico, una de ellas basada en medias móviles y la otra fundamentada en el concepto de fuerza relativa o *momentum*. El objetivo principal ha sido determinar si estas estrategias permiten mejorar la rentabilidad o reducir el riesgo en comparación con un enfoque pasivo, lo que implicaría una refutación parcial de la Hipótesis de los Mercados Eficientes (EMH).

Los resultados obtenidos a través de las pruebas de medias demuestran que no hay diferencias significativas en las rentabilidades en comparación a otros enfoques más tradicionales como comprar y mantener. Ambas estrategias han sido incapaces de demostrar su validez para generar rentabilidades estadísticamente superiores a los índices de referencia. Las únicas diferencias significativas se observaron en el apartado del riesgo, donde en la mayoría de los escenarios hubo una reducción significativa de la volatilidad y menores caídas en escenarios de tensión e incertidumbre. Estos hallazgos sugieren que, al menos en determinadas condiciones de mercado, los modelos sistemáticos podrían reducir el riesgo en comparación a una inversión pasiva, pero sin haber una diferencia en la rentabilidad obtenida.

Es importante considerar que este estudio presenta ciertas limitaciones debido a la existencia de factores que podrían afectar a la replicabilidad de los resultados como la selección de activos, horizonte temporal y la sensibilidad de los parámetros. Además, la implementación operativa real conlleva costes y restricciones regulatorias que deben considerarse antes de extrapolar los hallazgos a un contexto práctico. Futuras investigaciones podrían centrarse en expandir las posibilidades que estos modelos permiten, combinar estos modelos con técnicas de machine learning, o en la evaluación de su desempeño en función del régimen macroeconómico para expandir la comprensión de su efectividad.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Antonacci, G. (2014). *Dual momentum investing: An innovative strategy for higher returns with lower risk*. McGraw-Hill Education.
- Antonacci, G. (2016). Risk premia harvesting through dual momentum. Available at SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2042750>
- Bachelier, L. (1900). Théorie de la spéculation. *Annales Scientifiques de l'École Normale Supérieure*, 17, 21–86. <https://doi.org/10.24033/asens.476>
- Bloch, D. (2014). *A practical guide to quantitative portfolio trading*. BlackRock. Available at SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2543802>
- Clare, A., Seaton, J., Smith, P. N., & Thomas, S. (2016). The trend is our friend: Risk parity, momentum and trend following in global asset allocation. *The Journal of Behavioral Finance*, 9, 63–80. doi: [10.1016/j.jbef.2016.01.002](https://doi.org/10.1016/j.jbef.2016.01.002)
- Dow, C. H. (1920). *Scientific stock speculation: The original theory of Dow*. The Magazine of Wall Street.
- Faber, M. T. (2007). A quantitative approach to tactical asset allocation. Cambria Investment Management. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=962461>
- Faber, M. T. (2010). *Relative strength strategies for investing*. Cambria Investment Management. Available at SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1585517>
- Fama, E. F. (1965). The behavior of stock-market prices. *The Journal of Business*, 38(1), 34–105. <https://doi.org/10.1086/294743>
- Fama, E. F. (1970). Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. *The Journal of Finance*, 25(2), 383–417. <https://doi.org/10.2307/2325486>
- Fama, E. F., Fisher, L., Jensen, M. C., & Roll, R. (1969). The adjustment of stock prices to new information. *International Economic Review*, 10(1), 1–21. <https://doi.org/10.2307/2525569>

- Gray, W. R., & Vogel, J. (2016). *Quantitative momentum: A practitioner's guide to building a momentum-based stock selection system*. Wiley Finance.
- Grinold, R. C., & Kahn, R. N. (2000). *Quantitative equity portfolio management: An active approach to portfolio construction and management*. McGraw-Hill.
- Hamilton, W. P. (1922). *The stock market barometer: A study of its forecast value based on Charles H. Dow's theory of the price movement*. Harper & Brothers.
- Jaffe, J. (1974). Special information and insider trading. *The Journal of Business*, 47(3), 410–428. <https://doi.org/10.1086/295655>
- Jegadeesh, N., & Titman, S. (1993). Returns to buying winners and selling losers: Implications for stock market efficiency. *The Journal of Finance*, 48(1), 65–91. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1993.tb04702.x>
- Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*, 349(6245), 255–260. <https://doi.org/10.1126/science.aaa8415>
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decisions under risk. *Econometrica*, 47(2), 263–292. <https://doi.org/10.2307/1914185>
- Lintner, J. (1965). Security prices, risk, and maximal gains from diversification. *The Journal of Finance*, 20(4), 587–615. <https://doi.org/10.2307/2977249>
- Lintner, J. (1965). The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. *The Review of Economics and Statistics*, 47(1), 13–37. <https://doi.org/10.2307/1924119>
- Lo, A. W. (2019). *Adaptive markets: Financial evolution at the speed of thought*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvc77k3n>
- Magee, J., & Edwards, R. D. (2007). *Technical analysis of stock trends* (9th ed.). CRC Press.
- Malkiel, B. G. (1995). Returns from investing in equity mutual funds 1971 to 1991. *The Journal of Finance*, 50(2), 549–572. <https://doi.org/10.2307/2329419>
- Mandelbrot, B. B. (1963). The variation of certain speculative prices. *The Journal of Business*, 36(4), 394–419. <https://doi.org/10.1086/294632>
- Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77–91. <https://doi.org/10.2307/2975974>
- Mossin, J. (1966). Equilibrium in a capital asset market. *Econometrica*, 34(4), 768–783. <https://doi.org/10.2307/1910098>
- Rhea, R. (1932). *The Dow theory: An explanation of its development and an attempt to define its usefulness as an aid to speculation*. Barron's.
- Schwert, G. William, Anomalies and Market Efficiency (October 2002). Available at SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.338080>
- Shleifer, A. (2000). *Inefficient markets: An introduction to behavioral finance*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/0198292279.001.0001>

- Treynor, J. L. (1965). How to rate management of investment funds. *Harvard Business Review*, 43(1), 63–75. <https://doi.org/10.1002/9781119196679.ch10>
- Van Vliet, P., & Blitz, D. (2018). *The conservative formula: Quantitative investing made easy*. Available at SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3145152>
- Von Neumann, J., & Morgenstern, O. (1944). *Theory of games and economic behavior*. Princeton University Press. <http://www.jstor.org/stable/j.ctt1r2gkx>.
- Hurst, B., Ooi, Y. H., & Pedersen, L. H. (2017). A century of evidence on trend-following investing. *The Journal of Portfolio Management*, 44(1), 15–29. <https://doi.org/10.3905/jpm.2017.44.1.015>
- Acacia Inversión. (2024, junio 20). Inversión cuantitativa: Una perspectiva evolutiva. <https://acacia-inversion.com/2024/06/20/inversion-cuantitativa-una-perspectiva-evolutiva/> (Accedido el 13 de septiembre de 2024)
- AlphaGrep. (n.d.). Systematic investment: An introduction. <https://alphagrepim.com/insights/systematic-investment-an-introduction/> (Accedido el 13 de septiembre de 2024)
- BBVA. (2024, agosto 20). ¿Qué es la tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR)? <https://www.bbva.com/es/economia-y-finanzas/que-es-la-tasa-de-crecimiento-anual-compuesta-o-cagr-compound-annual-growth-rate/> (Accedido el 16 de noviembre de 2024)
- BlackRock. (n.d.). Systematic investing. <https://www.blackrock.com/us/individual/investment-ideas/systematic-investing> (Accedido el 13 de septiembre de 2024)
- Dalbar. (2017, septiembre 25). Investors suck at investing – Tips for advisors. *Advisor Perspectives*. <https://www.advisorperspectives.com/commentaries/2017/09/25/dalbar-2017-investors-suck-at-investing-tips-for-advisors> (Accedido el 25 de septiembre de 2024)
- Federal Reserve Bank of Dallas. (n.d.). Economic research basics. <https://www.dallasfed.org/research/basics> (Accedido el 12 de noviembre de 2024)
- Federal Reserve Bank of Dallas. (n.d.). Moving averages and economic indicators. <https://www.dallasfed.org/research/basics/moving> (Accedido el 12 de noviembre de 2024)
- IG. (n.d.). Definición de media móvil. <https://www.ig.com/es/glosario-trading/definicion-de-media-movil> (Accedido el 12 de noviembre de 2024)
- InbestMe. (2021, mayo 14). Por qué en general fracasamos como inversores. *InbestMe Blog*. <https://www.inbestme.com/es/es/blog/porque-en-general-fracasamos-como-inversores/> (Accedido el 13 de septiembre de 2024)
- Investopedia. (2024, abril 12). Quant strategies. <https://www.investopedia.com/articles/trading/09/quant-strategies.asp> (Accedido el 13 de septiembre de 2024)

- Investopedia. (2024, julio 4). Technical analysis. <https://www.investopedia.com/terms/t/technicalanalysis.asp> (Accedido el 13 de septiembre de 2024)
- Kishore, K. (n.d.). Scope, advantages, and myths of technical analysis. <https://www.kundankishore.in/blog/scope-advantages-and-myths-of-technical-analysis> (Accedido el 16 de noviembre de 2024)
- Portfolio Visualizer. (n.d.). Portfolio analysis tool. <https://www.portfoliovisualizer.com/> (Accedido el 20 de septiembre de 2024)
- R. Q. S. I. (2021). Guide to systematic investing. <https://www.rqsi.com/insights/research/guide-to-systematic-investing> (Accedido el 18 de noviembre de 2024)
- Rankia. (n.d.). Ratio Sortino. <https://www.rankia.com/diccionario/fondos-inversion/ratio-sortino> (Accedido el 28 de noviembre de 2024)
- Risk.net. (n.d.). Quantitative investing definition. <https://www.risk.net/definition/quantitative-investing> (Accedido el 18 de noviembre de 2024)
- UNIR. (2022, diciembre). Ratio de Sharpe. <https://www.unir.net/revista/empresa/ratio-sharpe/> (Accedido el 28 de noviembre de 2024)
- Enrich Money. (n.d.). What are the disadvantages of technical analysis? <https://enrichmoney.in/knowledge-center-chapter/what-are-the-disadvantages-of-technical-analysis> (Accedido el 13 de septiembre de 2024)

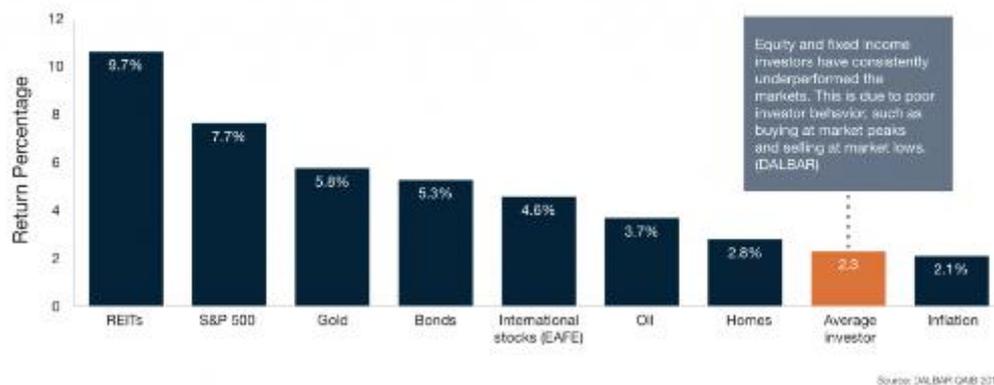
7. ANEXO



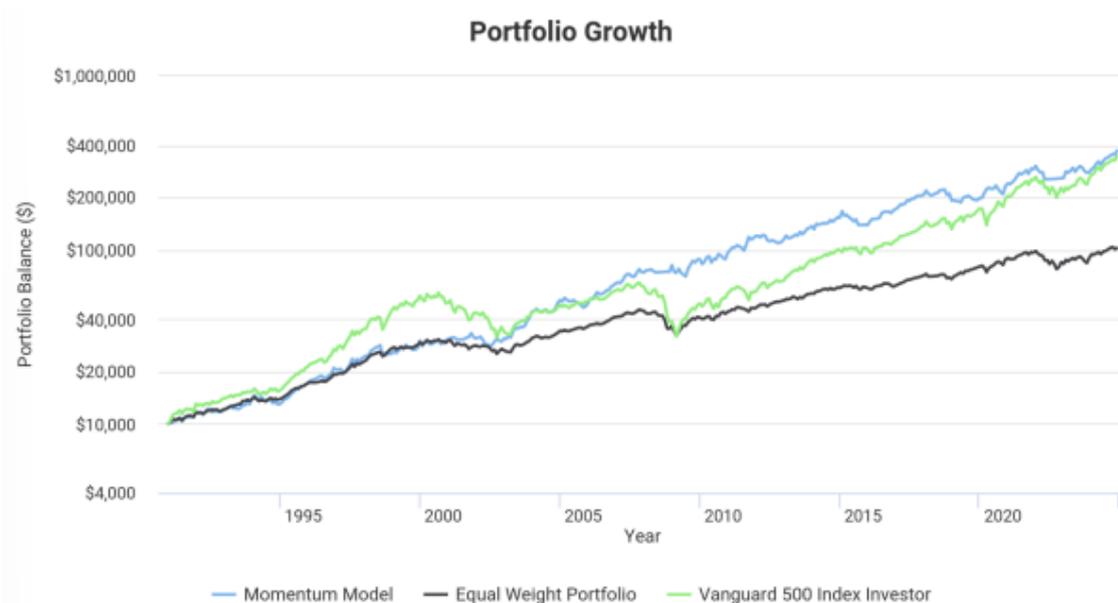
Gráfica 1 (El eje de las "x" mide el tiempo en décadas, y el de las "y" el peso en % que tiene el trading algorítmico en los mercados estadounidenses)

The Behavioral Effect on Investor Returns

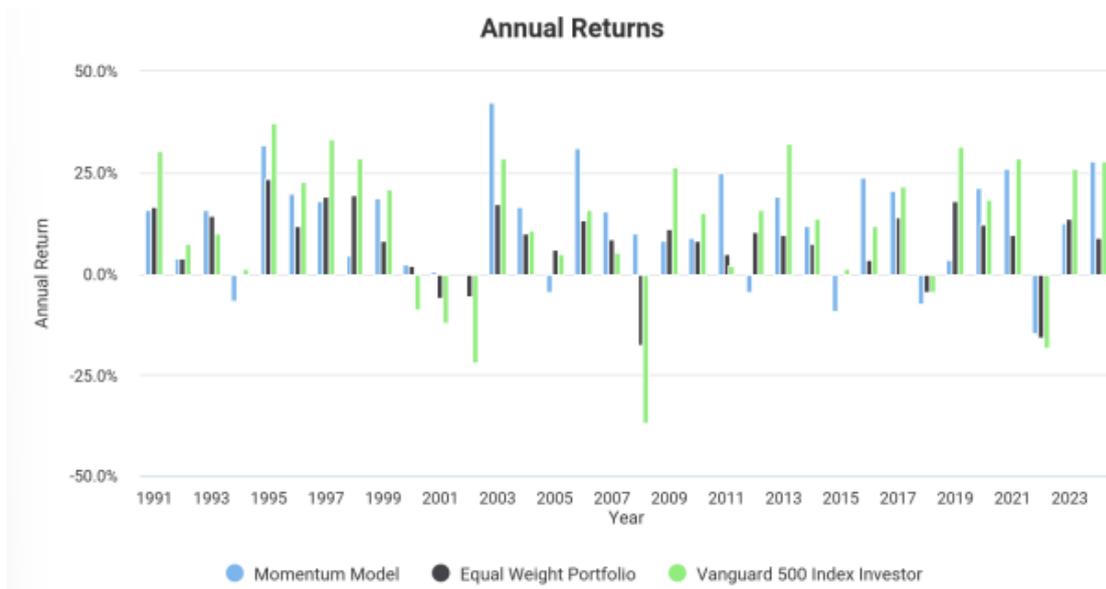
20-Year Annualized Returns (1997-2016)



Gráfica 2 (Recoge las rentabilidades medias anualizadas en el grafico de las “y”, y en el de las “x” los distintos activos con el que se compara al inversor promedio y la inflación)



Gráfica 3 (Muestra la evolución en dólares, gráfico de las “y”, de las tres estrategias a lo largo del tiempo, gráfico de las “x”. Desde el inicio de la simulación hasta el final. “Momentum Model” es la estrategia de fuerza relativa, “Equal Weight Porfolio” consiste hacer un porfolio compuesto por todos los activos de la estrategia con el mismo peso. Y “Vanguard 500 Index Investor” es el SP 500. Obtenido de Porfolio Visualizer.)



Gráfica 4 (El eje de las “y” representa el resultado porcentual y en el eje de las “x” los años. Se trata de una gráfica que muestra los resultados porcentuales anuales de las tres estrategias estudiadas. “Momentum Model” es la estrategia de fuerza relativa, “Equal Weight Porfolio” consiste hacer un porfolio compuesto por todos los activos de la estrategia con el mismo peso. Y “Vanguard 500 Index Investor” es el SP 500. Obtenido de Porfolio Visualizer.)