



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales – ICADE

Gestión de carteras mediante el uso de modelos cuantitativos

Estudio comparativo de un caso real – Man AHL TargetRisk

Autor: Ignacio Gómez González

Director: Dr. Leandro Sergio Escobar Torres

Madrid, a junio de 2024

Índice de contenido

1. Introducción.....	5
1.1. Contextualización histórica	5
1.2. Objetivos del Trabajo de Fin de Grado.....	6
2. Metodología.....	7
3. Modelos de gestión tradicionales	9
3.1. Introducción	9
3.2. Modelo de gestión de cartera de Markowitz.....	9
3.3. Capital Asset Pricing Model – Modelo CAPM	15
3.4. Medidas del rendimiento.....	18
3.5. La cartera 60/40.....	20
3.6. Introducción a la inversión cuantitativa.....	20
4. Man AHL Target Risk	23
4.1. Introducción al fondo Man AHL TargetRisk	23
4.2. Técnicas para la gestión del riesgo – modelos cuantitativos empleados por el fondo	25
5. Análisis comparativo del fondo con el Benchmark.....	28
5.1. Formulación de la hipótesis	28
5.2. Retornos históricos del fondo Man AHL TargetRisk y del benchmark	29
5.3. Riesgo del fondo Man AHL TargetRisk y del Benchmark.....	32
5.4. Capital Asset Pricing Model del fondo Man AHL TargetRisk	33
5.5. Medidas de rendimiento para el fondo Man AHL TargetRisk y el benchmark .	35
6. Conclusiones	37
7. Bibliografía	40
8. Anexos	45

Índice de Figuras

<i>Figura 1: Frontera eficiente de carteras con respecto a cuatro activos.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2: Momentum</i>	<i>26</i>
<i>Figura 3: Precios en el fondo Man AHL TargetRisk y el mercado de referencia 60/40</i>	<i>29</i>
<i>Figura 4: Retornos históricos en el fondo Man AHL TargetRisk y el mercado de referencia 60/40</i>	<i>30</i>
<i>Figura 5: Resultados para el modelo Capital Asset Pricing Model.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 6: Resultados para los índices de Sharpe y Treynor</i>	<i>35</i>
<i>Figura 7: Resultados para la Tasa de Crecimiento Anual Compuesto</i>	<i>35</i>

Índice de Anexos

<i>Anexo 1: Precios históricos mensuales del fondo Man AHL TargetRisk en los últimos 10 años</i>	<i>45</i>
<i>Anexo 2: Precios históricos mensuales del mercado de referencia en los últimos 10 años</i>	<i>45</i>
<i>Anexo 3: Retornos históricos mensuales del fondo Man AHL TargetRisk en los últimos 10 años</i>	<i>46</i>
<i>Anexo 4: Retornos históricos mensuales del mercado de referencia en los últimos 10 años</i>	<i>46</i>

Resumen

Este Trabajo de Fin de Grado trata de probar la efectividad de los modelos cuantitativos empleados en las inversiones financieras con respecto a los posibles resultados a obtener al no utilizarlos. La gestión de carteras ha evolucionado en gran medida a lo largo de las últimas décadas; especialmente en los últimos años a medida que van surgiendo avances vinculados con la inteligencia artificial. La gestión de carteras, que ha sido influenciada en gran medida por economistas como Harry Markowitz, William Sharpe o John Lintner, hoy en día cuenta con métodos matemáticos capaces de reducir en gran medida el esfuerzo humano, además de aportar unos resultados más acertados gracias a la enorme capacidad de análisis de datos o la supresión del factor emocional en las decisiones de inversión, entre otros factores. Es por tanto el objetivo de este trabajo tratar de demostrar que el uso de estos modelos cuantitativos verdaderamente favorece a una mejor gestión de las carteras de multiactivos, proporcionando unos rendimientos más altos que la media, manteniendo un nivel de riesgo más bajo. Para ello se lleva a cabo un estudio concreto de un caso real, el fondo Man AHL TargetRisk, del que van a ser utilizados sus retornos pasados para poder determinar unos índices comparables como el de Sharpe o Treynor; y estos serán comparados con un mercado de referencia real que nos va a permitir determinar la utilidad de la inversión cuantitativa hoy en día.

Palabras clave: Riesgo, Rentabilidad, Markowitz, CAPM, Volatilidad, *Benchmark*, Man AHL TargetRisk, *Momentum*, Correlación, Índice Sharpe, Índice Treynor, CAGR, Tasa libre de riesgo, Beta.

Abstract

This Dissertation Project aims to study the usefulness of quantitative models used in financial investments with respect to the possible results to be obtained by not using them. Portfolio management has evolved greatly over the last decades; especially in recent years as advances linked to artificial intelligence have emerged. Portfolio management, which has been greatly influenced by economists such as Harry Markowitz, William Sharpe or John Lintner, today has mathematical methods capable of greatly reducing human effort, in addition to providing more accurate results thanks to the enormous capacity of data analysis or the suppression of the emotional factor in investment decisions, among other

factors. The objective of this work is therefore to try to demonstrate that the use of these quantitative models truly favors a better management of multi-asset portfolios, providing higher returns than the average, while maintaining a lower level of risk. For this purpose, a concrete study of a real case is carried out, the Man AHL TargetRisk fund, whose past returns will be used to determine comparable indexes such as Sharpe or Treynor; and these will be compared with a real reference market that will allow us to determine the usefulness of quantitative investment today.

Key words: Risk, Return, Markowitz, CAPM, Volatility, Benchmark, Man AHL TargetRisk, Momentum, Correlation, Sharpe Ratio, Treynor Ratio, CAGR, Risk-Free Rate, Beta.

1. Introducción

1.1. Contextualización histórica

La evolución tecnológica y los avances innovadores en inteligencia artificial se han intensificado en los últimos años y han influido en prácticamente todos los aspectos de nuestra vida. En el ámbito de las inversiones financieras, estos avances han favorecido a la toma de decisiones más acertadas si estas herramientas se emplean de la forma correcta. La inteligencia artificial ofrece métodos cuantitativos y algoritmos que permiten realizar tareas, que hasta hace tan solo unos años únicamente podían ser realizados por los más altos expertos (Rueda, 2022).

La gestión de carteras, imprescindible dentro del ámbito de las finanzas, ha experimentado diferentes modelos para optimizar la relación entre el rendimiento y el riesgo. Desde sus inicios con el modelo de Harry Markowitz (1952), en el que profundizaremos más adelante, hasta la actualidad, en la que unos mercados financieros tan complejos han hecho que sea cada vez más complicado tener en cuenta todas las distintas variables que pueden influir en las inversiones, resultando en estos modelos matemáticos que permiten facilitar este trabajo (Garrido, 2023).

De acuerdo con esto, diferentes modelos han sido propuestos, como es el caso de la optimización bayesiana, que utiliza la inteligencia artificial con el fin de encontrar la combinación idónea de pesos en nuestra inversión para obtener un objetivo específico final, como puede ser maximizar un Sharpe ratio (Garrido, 2023). En este caso, vamos a hablar de modelos cuantitativos más avanzados y capaces de gestionar una cartera de forma totalmente independiente a la actuación humana, más allá de necesitar una revisión periódica de los modelos por parte del capital humano.

Así, en el futuro se espera seguir viendo avances cada vez más innovadores y útiles para la gestión de carteras que permitan acelerar la toma de decisiones bajo una garantía de mejora en las rentabilidades de la cartera.

1.2. Objetivos del Trabajo de Fin de Grado

El objetivo general de este TFG consiste en realizar un análisis comparativo capaz de demostrar empíricamente la mejora en la rentabilidad y volatilidad asumida derivada del uso de modelos cuantitativos a la hora de distribuir el capital de inversión entre los distintos activos que pueden conformar una cartera. Se debe probar qué impacto tiene el uso de estos modelos sobre el rendimiento obtenido por una cartera y cómo son capaces de gestionar su riesgo o volatilidad a través del uso de estos modelos.

Para ello, se han desarrollado una serie de objetivos específicos con el fin de poder cumplir con el objetivo general:

- Revisar en profundidad los principales modelos de gestión de carteras
- Recopilar información acerca de la inversión cuantitativa
- Seleccionar un fondo que utilice modelos de inversión cuantitativa y que pueda ser objeto de análisis
- Incluir un mercado de referencia de acuerdo con el fondo analizado
- Reunir los datos necesarios que nos van a permitir obtener el rendimiento y la volatilidad de nuestro fondo a analizar
- Calcular los principales índices que nos van a permitir comparar el fondo con su *benchmark* – Sharpe ratio, Treynor ratio, & CAGR

Una vez se hayan completado los objetivos específicos propuestos se van a poder desarrollar las conclusiones necesarias para determinar si efectivamente estos modelos cuantitativos son útiles y conviene considerar a las carteras que gestionan como opciones interesantes de inversión.

2. Metodología

Para la realización de este Trabajo de Fin de Grado se ha llevado a cabo una revisión de la literatura académica sobre la evolución de los principales modelos de gestión de carteras, entre los que se incluyen los desarrollados por Harry Markowitz, William Sharpe y John Lintner, así como la utilidad y el alcance de cada uno de ellos a nivel de decisión sobre la inversión.

Asimismo, se ha llevado a cabo una recopilación de información para entender el funcionamiento de los principales modelos cuantitativos empleados por el fondo Man AHL TargetRisk, así como del fondo en su conjunto, ofreciendo una explicación de cómo se emplean dichos modelos y de los beneficios que todos ellos ofrecen a la hora de gestionar una cartera de multiactivos.

Para el análisis del fondo se ha realizado una comparación con un *benchmark* formado por una cartera 60/40, en la que se incluyen los índices *MSCI World Net Total Return Hedged Index*, & *Barclays Capital Global Aggregate Bond Index Hedged*. Para la comparación del fondo con el mercado de referencia, en primer lugar, se han obtenido los precios mensuales del fondo y del mercado gracias a la herramienta Bloomberg para un horizonte temporal de 10 años atrás. Estos precios nos han permitido obtener los retornos mensuales siguiendo el modelo de Harry Markowitz, con los que se ha realizado el cálculo del retorno medio mensual y, posteriormente, del retorno medio anual. Lo mismo ocurre con el cálculo del riesgo. Se han empleado las fórmulas proporcionadas por Markowitz para el cálculo de la varianza y de la desviación típica, que nos permiten obtener la volatilidad media anual.

Con los datos mencionados anteriormente hemos procedido al cálculo del rendimiento esperado a través de la ecuación procedente del modelo CAPM o Capital Asset Pricing Model, desarrollado por William Sharpe y John Lintner. Para el cálculo de esta ecuación se ha obtenido por un lado la beta, con la covarianza y la varianza; y la tasa libre de riesgo, basada en dos asunciones sobre la estimación de esta en base a “proxys” en el mercado.

Para la comparación entre el fondo y el mercado de referencia se han empleados, por un lado, dos índices comúnmente conocidos, Sharpe y Treynor, y la Tasa de Crecimiento Anual Compuesto. Estos tres indicadores nos van a permitir realizar una comparación objetiva y demostrar la eficacia de los modelos cuantitativos empleados por el fondo Man AHL TargetRisk a la hora de gestionar su cartera.

3. Modelos de gestión tradicionales

3.1. Introducción

Tradicionalmente, los gestores de carteras se centraban en una parte concreta dentro de todo el universo invertible y de ahí seleccionaban unos activos concretos, es decir, aquellos que en el medio y largo plazo se comportarían de tal manera que los resultados fuesen buenos. Para ello, los gestores de carteras dedicaban una elevada cantidad de su tiempo a examinar estados financieros y leer informes desarrollados por analistas, así como evaluar las capacidades de gestión además de los productos y mercados. Los gestores no podían contar con plena información de todos los posibles activos invertibles en cada momento. Es por ello por lo que llevaban a cabo esta “acotación” de mercado.

Antes de que Harry Markowitz desarrollase su modelo de gestión de carteras, los inversores habían llevado a cabo dos posibles enfoques a la hora de decidir dónde colocar sus fondos de entre las distintas opciones de inversión. Por un lado, el inversor podía optar por el enfoque del especulador, basado en el juicio y en la intuición. Por otro lado, se encontraba el enfoque del analista financiero. Con este último, el inversor trataba de llevar a cabo un análisis fundamental con el que determinar el valor del activo, además de encontrar el valor más alto (Fabozzi, Focardi, & Kolm; 2006). Por lo general, los inversores únicamente prestaban atención al factor rentabilidad, es decir a maximizar los retornos esperados. De esta forma, se calculaba la rentabilidad esperada que se podía obtener de distintos activos y todo el dinero iba destinado a aquel que poseía un mayor grado de rendimiento (Arévalo, 2016).

3.2. Modelo de gestión de cartera de Markowitz

En el año 1952, Harry Markowitz introdujo su teoría sobre la selección de carteras. Markowitz incluía por primera vez el concepto de riesgo, representado con la varianza del activo, cuya consecuencia es la obtención de una función objetivo cuadrática (Markowitz, 1952). En otras palabras, el riesgo es la posibilidad de que la inversión seleccionada no nos otorgue la rentabilidad esperada. Si bien es cierto que a lo largo de la historia sí se ha invertido en distintos activos, no se tenía en cuenta el riesgo como

sucede con Markowitz. La frase de “no poner los huevos en la misma cesta” resume muy bien este hecho. Y es que, al invertir en distintos activos, el planteamiento lógico es que el riesgo disminuye y que unos activos se compensen unos a otros. Sin embargo, no es hasta Markowitz cuando el concepto riesgo comienza a obtener sentido.

Se entiende por diversificación en términos financieros a la “estrategia de inversión que puede reducir el riesgo de mercado al combinar una variedad de inversiones como son bonos y acciones, las cuales no se mueven en una misma dirección todo el tiempo” (Gordon, 2003). Es por ello por lo que no basta únicamente con dividir los fondos de un inversor entre distintos activos, sino que es necesario diseñar una cartera en la cual sus activos no estén directamente correlacionados. Markowitz en el inicio de su obra *Portfolio Selection* (1952) comienza explicando que el proceso de selección de una cartera cuenta con dos fases. La primera comienza con la observación y la experiencia y termina con las creencias sobre el rendimiento futuro de los valores disponibles. La segunda etapa comienza con las creencias pertinentes sobre los resultados futuros y termina con la elección de la cartera. La obra *Portfolio Selection* se centra en esta segunda fase.

Según Gordon (2003), un inversor racional pretenderá en todo momento que sus inversiones generen la mayor rentabilidad posible, pero asumiendo a la vez el menor de los riesgos, es decir teniendo la menor varianza posible. Es por ello por lo que a la hora de seleccionar una cartera de activos es necesario conocer el riesgo de cada una de ellas, el cual viene determinado por la correlación de los distintos activos que la componen, como hemos explicado anteriormente. Dicho de otra manera, la cartera ideal ha de ser un conjunto de activos cuya varianza sea la mínima dentro de todas las combinaciones que cuentan con el mismo rendimiento esperado o poseer la rentabilidad esperada más alta dentro de todas las combinaciones que cuentan con la misma varianza.

Markowitz, en el año 1959, publicó su obra *Portfolio Selection, Efficient Diversification of Investments*, en la cual profundiza en mayor medida en su modelo de la selección de portfolio o *mean-variance model* (modelo media-varianza).

Como hemos mencionado previamente, el modelo de Harry Markowitz se encarga de maximizar los retornos dado un valor concreto de riesgo, o de minimizar el riesgo para un nivel determinado de rentabilidad. De esta forma, el modelo cuenta con una serie de

fases a través de las cuales se va a conseguir optimizar el portfolio. En primer lugar, es necesaria una recopilación de datos históricos de los retornos, los cuales nos van a permitir tener una visión general del fondo. Asimismo, estos retornos son los que nos van a facilitar más adelante el cálculo de las demás variables que hay que tener en cuenta. Las rentabilidades recopiladas pueden hacer referencia a distintos periodos –mensuales, anuales etc. –, aunque por lo general hacen referencia a los retornos obtenidos en cada mes.

Una vez se han compilado los distintos rendimientos históricos, se procede al cálculo de la rentabilidad esperada, la cual es, en última instancia, la media de los retornos históricos que han sido recogidos previamente. El resultado obtenido hace referencia a la rentabilidad que se espera obtener al invertir en ese momento en el activo. En definitiva, actúa como indicador. Esta forma de calcular la rentabilidad esperada se basa en el concepto de la tendencia; en función de los resultados pasados obtenidos, se espera mantener un comportamiento similar.

$$E[R_i] = \frac{1}{N} * \sum_{t=1}^N R_{i,t}$$

Donde, $R_{i,t}$ hace referencia al retorno de un activo i , en el periodo de tiempo t . Por otro lado, N equivale al número de periodos que se ha tenido en cuenta a la hora de reunir los retornos históricos. Esta fórmula por tanto quiere decir que la rentabilidad esperada del activo equivale al sumatorio de los retornos de los distintos periodos, dividido entre el número total de periodos. Las rentabilidades esperadas de cada uno de los distintos activos son las que nos van a permitir estimar el rendimiento esperado del portfolio:

$$E[R_p] = \sum_{i=1}^n \omega_i * E[R_i]$$

Donde, ω_i equivale al peso que tiene el activo i dentro del portfolio. Por tanto, la rentabilidad esperada del portfolio se calcula sumando los productos resultantes de multiplicar la rentabilidad esperada de cada activo por su peso dentro de la cartera.

El riesgo del activo viene determinado por la varianza, la cual mide la dispersión de los rendimientos del activo alrededor de su promedio. Asimismo, la covarianza determina el nivel de movimiento de dos activos conjuntamente con respecto al promedio de sus rentabilidades. Bajo el concepto de diversificación, por tanto, tratamos de buscar activos que, bajo unas circunstancias determinadas, no tiendan a moverse en la misma dirección. Para el cálculo de la varianza es necesario realizar la siguiente ecuación:

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{N-1} * \sum_{t=1}^N (R_{i,t} - E[R_i])^2$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

Donde, σ^2 equivale a la varianza y σ es igual a la desviación típica. De esta forma, la fórmula viene a decir que para el cálculo de la varianza es necesario realizar el sumatorio de las diferencias cuadráticas entre el retorno de cada periodo y el retorno promedio; y ese resultado dividirlo entre el número de periodos menos [1], de acuerdo con la corrección de Bessel que explicamos en la covarianza.

Para el cálculo de la covarianza:

$$\sigma_{i,j} = \frac{1}{N-1} * \sum_{t=1}^N (R_{i,t} - E[R_i]) * (R_{j,t} - E[R_j])$$

Por tanto, la covarianza que, como hemos mencionado anteriormente, es una medida estadística que mide la manera en que se mueven dos variables conjuntamente con respecto a sus valores de rendimientos promedio, consiste en obtener el sumatorio de los productos resultantes de multiplicar la diferencia del retorno i en el periodo de tiempo t y su rendimiento promedio de dicho activo por la diferencia del retorno j y su rentabilidad promedio; y a continuación dividir ese cálculo entre el número de periodos menos 1. La razón de restarle [1] al número de periodos está en la corrección de Bessel, que dice que en una muestra con un número de periodos N solo existen $N-1$ grados de libertad, ya que uno de estos ya se ha utilizado en la obtención del promedio de la muestra (Friedman & Goldszmidt, 1988). La varianza de los distintos activos y la covarianza nos permiten hallar la varianza de la cartera, la cual se calcula mediante la fórmula:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_i \omega_j \sigma_{i,j}$$

Bajo el supuesto de que $i=1$ y que $j=1$, podemos decir entonces que $i=j$. Por tanto, las varianzas individuales se tienen en cuenta dentro de la covarianza, dado que $\sigma_{i,j}$ equivale a $\sigma_{i,i}$, lo que es lo mismo que σ_i^2 . Además, los pesos de los activos, dado que $i=j$ son equivalentes entre sí. Por tanto, quedaría como $\omega_i^2 \sigma_i^2$. Por otro lado, en el caso del activo j sucede lo mismo y se incluye $\omega_j^2 \sigma_j^2$. En definitiva, se están sumando los productos de las varianzas de cada activo por los cuadrados de sus respectivos pesos. Asimismo, cuando $i \neq j$ viene implícita la fórmula $\omega_i \omega_j \sigma_{i,j}$ y $\omega_j \omega_i \sigma_{j,i}$. Recopilando todos estos cálculos obtendríamos, en el caso de tener únicamente dos activos, la siguiente ecuación:

$$\sigma_p^2 = \omega_i^2 \sigma_i^2 + \omega_j^2 \sigma_j^2 + 2 * \omega_i \omega_j \sigma_{i,j}$$

Habiendo calculado tanto los retornos esperados como la varianza y covarianza de la cartera, procedemos a construir la frontera eficiente, la cual consiste en la elaboración de combinaciones de activos por parte de los inversores, de tal manera que se puedan maximizar las rentabilidades para un grado específico de riesgo o minimizar el riesgo teniendo predeterminado un nivel concreto de retornos (Markowitz, 1952). Para ello, es necesario formular el problema matemático de optimización que, como hemos visto, puede tener dos perspectivas, maximizar $E[R_p] - \lambda \sigma_p^2$ o minimizar σ_p^2 . λ representa un parámetro. Dentro de esta formulación existen restricciones como, por ejemplo, que la suma de los pesos sea igual a 1, de tal forma que todo el capital quede distribuido entre los distintos activos. Con estos datos se lleva a cabo la optimización mediante métodos cuadráticos que nos van a permitir identificar aquellas carteras que se encuentran dentro de la frontera eficiente y aquellas que no.

Por último, se lleva a cabo la selección de la cartera por parte del inversor, la cual viene determinada por los propios objetivos de este, así como por su tolerancia con respecto al riesgo. Con este portfolio se pretende maximizar la utilidad esperada del inversor sujeta al binomio riesgo-rentabilidad.

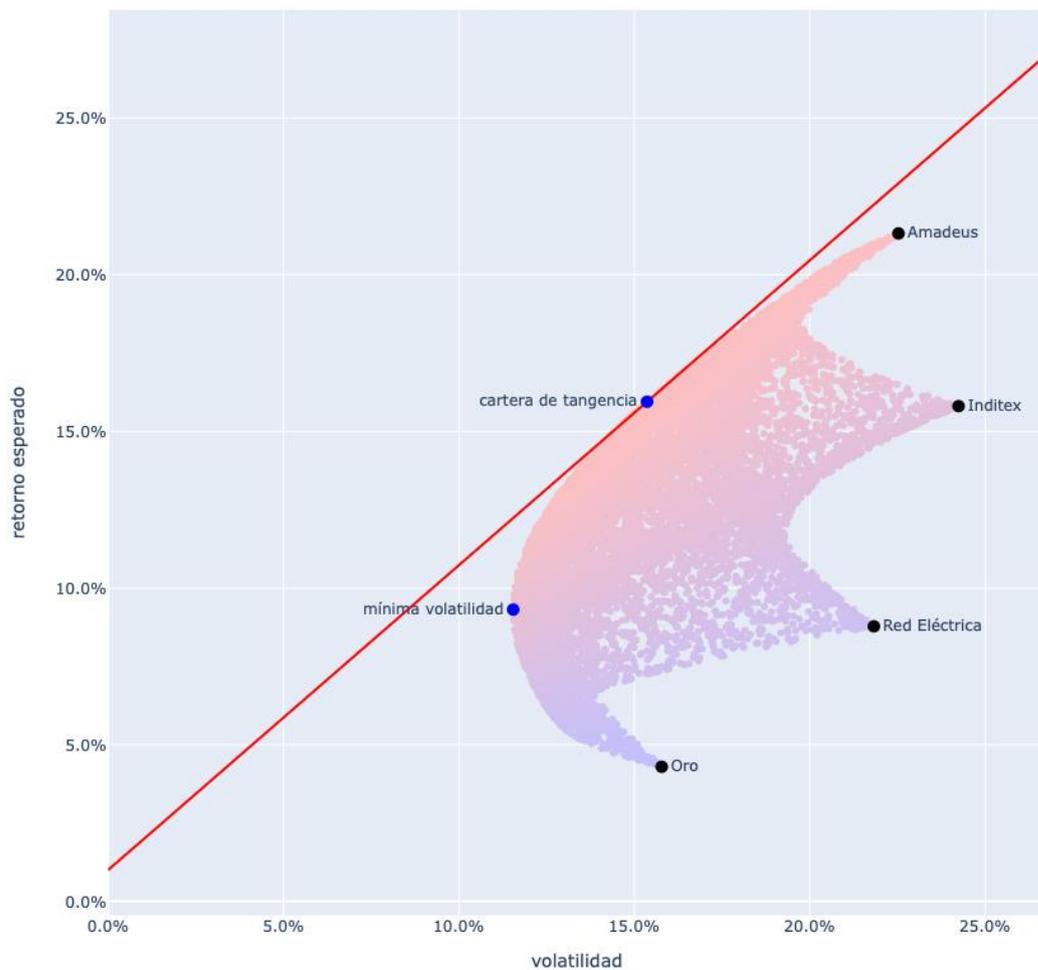


Figura 1: Frontera eficiente de carteras con respecto a cuatro activos

En la Figura 1 podemos ver la frontera eficiente generada en base a cuatro activos, que son tres acciones del IBEX 35 y el oro, así como la línea del mercado de capitales, señalada en rojo, que marca la relación entre el binomio rentabilidad-riesgo. De esta forma, podemos ver como el modelo desarrollado por Harry Markowitz nos permiten encontrar el equilibrio entre activos que tengan un alto rendimiento y riesgo y activos que posean un rendimiento y riesgo más bajos. De esta manera, se consigue diversificar el riesgo de la cartera con activos que no posean una gran correlación entre ellos, es decir que en determinadas circunstancias del mercado no se muevan en la misma dirección.

No obstante, a pesar de su gran atracción teórica, este método no puede ser implementado de manera totalmente efectiva en la práctica debido a la rigidez del modelo, su falta de

escalabilidad, varias hipótesis sobre el mercado y supuestos acerca del mismo, y su naturaleza teórica (Merchán, 2023).

3.3. Capital Asset Pricing Model – Modelo CAPM

Como hemos podido observar, no fue hasta la entrada en la década de 1950, cuando por primera vez los inversores y gestores de carteras comenzaron a entender el riesgo en una mayor medida. Por tanto, se entendía la diversificación como la estrategia a través de la cual se podía distribuir el capital entre distintos riesgos que gracias a sus respectivas independencias permitían anularse unos a otros si se mantenía un número suficiente de activos.

Gracias a Markowitz se observó que los riesgos vinculados a distintos activos estaban correlacionados entre ellos hasta un punto, por lo que, realizando una diversificación adecuada basada en el riesgo, este podía reducirse en cierta medida. Sin embargo, cabe mencionar que una cartera diversificada puede eliminar cierto riesgo, pero en ningún caso el riesgo de la cartera es nulo. Markowitz (1952) mostró en su obra *Portfolio Selection* como los beneficios de la diversificación venían dados en función de la correlación entre los activos de la cartera. No obstante, pese al gran éxito teórico que la teoría de Markowitz consiguió, su utilización no alcanzó los niveles que se podían llegar a esperar. Este hecho se debió mayoritariamente a la gran complicación matemática del modelo. En primer lugar, el hecho de que se tratase de programación cuadrática paramétrica aumentaba la complejidad del algoritmo de resolución. Asimismo, la cantidad de cálculos de rendimientos esperados, varianzas y covarianzas, era muy elevado, lo que resultaba extremadamente complejo. El número de estimaciones a realizar viene dado por la expresión $[(n^2 + 3n)/2]$, en donde “n” se refiere a la cantidad de activos de la muestra considerada. Por tanto, por cada unidad de aumento en el número de activos, la cantidad de estimaciones asciende en $[n+2]$ (Mendizábal, Miera, & Zubia; 2002).

En 1964, la considerable simplificación del método de Markowitz, aportada por Sharpe, puso solución a este problema de complejidad. El modelo de valoración de activos financieros (CAPM) fue desarrollado por William Sharpe (1964) y John Lintner (1965). Gracias a ello, en el año 1990 Sharpe fue reconocido con un premio Nobel. Este modelo

describe la relación entre el rendimiento esperado de una cartera de activos y su riesgo sistemático, determinado por el coeficiente beta β , además de reducir de manera considerable los cálculos debido a que establecía una relación lineal entre el rendimiento del activo y el de la cartera de mercado. De esta manera, el riesgo quedaba reflejado sin necesidad de incluir el cálculo de las covarianzas entre activos. Es por ello por lo que la utilización de este modelo, a pesar de ser menos preciso que el aportado por Harry Markowitz, se extendió en una mayor medida que su predecesor. Independientemente de ello, hoy en día, gracias al desarrollo y la innovación, se cuenta con una tecnología capaz de resolver de una manera mucho más rápida y eficaz el modelo de Markowitz, por lo que el método aportado por Sharpe pierde relevancia (Mendizábal, Miera, & Zubia; 2002). Asimismo, ha sido demostrado que este modelo es "lo suficientemente pobre como para invalidar la forma en que se utiliza en las aplicaciones" (Fama & French, 2004).

Así, Sharpe y Lintner desarrollaron su modelo, el cual estaba basado en el equilibrio entre el riesgo y la rentabilidad, además de contar con dos supuestos. El primero de ellos consistía en el préstamo a un tipo sin riesgo (*risk-free rate*). Este supuesto se fundamentaba en la base de que los inversores podían tanto pedir como prestar una cantidad de dinero al tipo de rendimiento sin riesgo. Por otro lado, el segundo supuesto consistía en la homogeneidad de las expectativas entre inversores; es decir, la estimación de la rentabilidad a futuro a través de distribuciones de probabilidad iguales (Elbannan, 2014). Estos dos nuevos supuestos, por tanto, se sumaban al primer supuesto aportado por Harry Markowitz en su modelo de gestión de carteras que, como hemos mencionado previamente, consistía en la selección de una cartera de activos que, de entre el resto de los portfolios, cuente con la menor varianza a un nivel dado de rendimiento o que cuente con el mayor nivel de rendimiento dada una varianza concreta.

Para desarrollar el modelo CAPM es necesario llevar a cabo un proceso, el cual consta de cuatro fases que nos van a permitir conocer el rendimiento esperado de un activo de una forma mucho más simplificada que aquella derivada del modelo de Harry Markowitz. En primer lugar, es necesario determinar la tasa libre de riesgo R_f , que, como hemos mencionado previamente, se trata de un rendimiento que obvia el riesgo de mercado y otros tipos de riesgos financieros, por los que técnicamente no puede ser afectado. Para determinar la tasa libre de riesgo, en ocasiones se suelen emplear como proxy los bonos a corto plazo de EE. UU. (Bodie, Kane, & Marcus; 1994). El término proxy hace

referencia a valores reales que ayudan a aproximar ciertos conceptos teóricos. El uso de estos bonos a corto plazo se debe a las elevadas estabilidad y solvencia financieras percibidas en torno al gobierno de Estados Unidos.

El siguiente paso para proceder con el modelo CAPM consiste en determinar la rentabilidad esperada de mercado $E[R_m]$, la cual hace referencia a un mercado que cuenta con gran diversificación. El retorno esperado de mercado es clave para el posterior cálculo de la prima de mercado, la cual es la resultante entre la diferencia entre el mismo y la tasa libre de riesgo, $E[R_m] - R_f$. El rendimiento esperado de mercado puede ser estimado de diversas maneras. La primera de ellas consiste en obtener el promedio de los retornos históricos del mercado seleccionado a lo largo de un periodo razonable de tiempo, de la misma forma que como se calcula el rendimiento promedio de cualquier activo mediante el modelo de Markowitz. Asimismo, se pueden emplear el rendimiento histórico de índices de mercado, como el S&P 500, el cual es muy ilustrativo. La tercera forma de estimar el retorno esperado de mercado consiste en basarse en las predicciones de la economía a futuro que pueden repercutir, tanto de manera positiva como negativa, sobre el rendimiento del mercado a futuro. (Sharpe, 1970).

Una vez se han obtenido tanto la tasa libre de riesgo como el retorno esperado de mercado, es necesario el cálculo de la beta, β . Este parámetro hace referencia al riesgo sistemático. Es, por tanto, un indicador de la volatilidad del activo. En el caso del mercado, la beta toma el valor de 1. De esta forma, si la beta del activo es superior a 1, su volatilidad es mayor que la de mercado y viceversa. Para el cálculo de la beta:

$$\beta = \frac{Cov_{i,m}}{\sigma_m^2}$$

Donde, $Cov_{i,m}$ equivale a la covarianza entre el activo i y el mercado; y σ_m^2 hace referencia a la varianza del mercado, es decir al riesgo del mercado en función de los retornos históricos y el rendimiento promedio.

Por último, para finalizar el proceso del modelo CAPM se aplican todos los valores recogidos en los pasos previos a la siguiente fórmula, la cual nos permite obtener el rendimiento esperado de la cartera.

$$E(R_i) = R_f + \beta_i * (E[R_m] - R_f)$$

El modelo de valoración de activos financieros o Capital Asset Pricing Model (CAPM) se reduce a la suma de la tasa libre de riesgo y el producto fruto de multiplicar la beta del activo por la prima de riesgo.

3.4. Medidas del rendimiento

- Sharpe ratio

Como es deducible, este índice fue desarrollado por William F. Sharpe como medida de rendimiento ajustado por riesgo para una cartera de inversiones o para una inversión específica. Este índice permite realizar una comparación entre el exceso de retorno sobre la tasa libre de riesgo y la desviación típica o volatilidad de la cartera. Este método, además, puede ser empleado con el objetivo de optimizar al máximo la cartera y realizar una toma de decisiones de inversión (Sharpe, 1994) (Bodie, 2018). A la hora de interpretar el Sharpe ratio debemos tener en cuenta los siguientes intervalos:

- Sharpe ratio < 0,5: Bajo. El retorno generado por la inversión no se adecua al riesgo.
- 0,5 < Sharpe ratio < 1: Medio. Aunque aceptable, el rendimiento generado se sigue considerando pequeño con respecto al riesgo sin ser considerado bajo.
- 1 < Sharpe ratio < 2: El Sharpe ratio se puede considerar elevado.
- 2 < Sharpe ratio < 3: Entre estos valores podría decirse que el rendimiento es muy bueno con respecto al riesgo.
- Sharpe ratio > 3: En estos casos estaríamos hablando de un comportamiento excelente de la cartera.

De esta forma, un Sharpe ratio elevado indica que la inversión, por cada unidad que aumenta su riesgo, tiene un impacto positivo significativo sobre el rendimiento. De la misma manera, si el índice es bajo, el retorno esperado no compensa el riesgo que se está asumiendo en dicha inversión. La fórmula para el cálculo del Sharpe ratio es la siguiente:

$$\text{Sharpe ratio} = \frac{(R_p - R_f)}{\sigma_p}$$

○ Treynor ratio

El índice de Treynor, desarrollado por Jack Treynor (1965), permite a los inversores conocer la eficacia con la que la cartera usa el riesgo de mercado con el fin de obtener rendimientos. Este índice difiere del de Sharpe en que el primero mide el rendimiento de la cartera en relación con el riesgo sistemático de la misma, mientras que el segundo lo hace en relación con la volatilidad de la cartera, como ha sido mencionado anteriormente. Ambos son buenas comparables y ofrecen una visión objetiva acerca de cómo se han comportado las carteras.

$$\text{Treynor ratio} = \frac{(R_p - R_f)}{\beta_p}$$

En ambos casos, de acuerdo con la hipótesis establecida, se debe esperar que los índices, tanto Treynor como Sharpe, sean mayores en el fondo que en el mercado de referencia.

○ CAGR

El CAGR (Compound Annual Growth Rate) o Tasa de Crecimiento Anual Compuesto nos permite medir el crecimiento de una inversión a lo largo de un periodo de tiempo determinado. Es decir, compara el valor inicial del activo con su valor final conforme ha pasado el tiempo. Esta tasa se calcula con la fórmula:

$$\text{CAGR} = \left(\frac{V_f}{V_i}\right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

La Tasa de Crecimiento Anual Compuesto puede encontrarse entre los siguientes parámetros:

- Un CAGR negativo: Indica que la inversión que se ha realizado sobre el activo ha perdido valor a lo largo del tiempo y, por tanto, el beneficio es negativo.

- Un CAGR positivo cercano a [0]: Indica un crecimiento bajo o casi nulo para la inversión realizada sobre el activo.
- Un CAGR moderado, entre 5% y 10%: Los retornos generados por la inversión son aceptables, pero no llegan a ser óptimos, aunque el crecimiento es constante.
- Un CAGR alto, superior al 10%: En este caso estamos ante unos retornos muy elevados por parte de la inversión que, por tanto, puede considerarse exitosa a lo largo del periodo.

Donde V_f equivale al valor final, V_i al valor inicial, y n al número de años que han pasado entre ambos. Es importante comparar esta variable entre distintas oportunidades de inversión, así como con respecto al mercado para determinar si está por encima de ellos y, por tanto, comprende una opción ventajosa; o si no se da el caso.

3.5. La cartera 60/40

Una cartera 60/40, como su propio nombre nos viene a indicar, consiste en diversificar una cartera invirtiendo un 60% del capital en un índice de acciones y un 40% en uno de bonos, generalmente bonos del tesoro a 10 años (Godbersen, 2024). Esta forma de inversión se dio a conocer tras el modelo de diversificación del riesgo propuesto por Harry Markowitz (1952), bajo la asunción de que una baja correlación, como es la existente entre los bonos y las acciones, haría de este tipo de carteras una buena oportunidad de inversión.

A lo largo del tiempo, la cartera 60/40 ha demostrado obtener unos rendimientos elevados de acuerdo con el nivel de inversión, además de asumir un riesgo relativamente bajo. Sin embargo, es cierto que se han dado épocas en las que la correlación de estos activos ha dejado de ser tan baja, haciendo que el nivel de retornos disminuya considerablemente, como ocurrió en el año 2022 en este tipo de carteras.

3.6. Introducción a la inversión cuantitativa

Tras la evolución de los mercados financieros y, con ello, su creciente complejidad, los modelos tradicionales comienzan a quedarse cortos a la hora de poder considerar todos

los factores y situaciones del mercado en cada momento de tiempo. Es por ello por lo que, gracias a la inteligencia artificial (IA), se consigue abordar la solución a este problema, mediante el análisis y la consideración de un gran número de datos e indicadores, que permiten tanto reducir el tiempo de actuación como aumentar la capacidad de atención ante el gran universo que comprende la gestión de activos (Merchán, 2023).

La inversión cuantitativa comprende el conjunto de inversiones que, a través del uso de algoritmos matemáticos y modelos estadísticos, facilita la toma de decisiones a la hora de invertir. A través de estos modelos los inversores y gestores deciden la asignación de sus fondos entre los distintos instrumentos financieros. Si bien es cierto que desde Markowitz ya son requeridos ciertos modelos matemáticos que, mediante la optimización de portfolio, nos permitan decidir en qué cartera invertir. Sin embargo, en este caso vamos más allá y nos referimos al uso de modelos cuantitativos más específicos que nos van a permitir llevar un mayor control de riesgo en todo momento, y que van a ser clave en todo el proceso de gestión de los fondos.

Gracias a Merton (1982) se pudo ver como el principal problema de los inversores y los gestores de carteras reside en la asignación de su dinero entre los distintos activos para generar la rentabilidad óptima entre las diferentes oportunidades que hay. El elemento principal de la inversión cuantitativa es que se puede establecer una relación entre el precio de los instrumentos financieros y otros datos del mercado. De acuerdo con la gestión cuantitativa de carteras existen siete principios (Corzo & Vaquero, 2011):

- Los mercados son eficientes casi siempre
- Las oportunidades de arbitraje puro no existen
- El análisis cuantitativo identifica oportunidades de arbitraje
- El análisis cuantitativo combina toda la información disponible de modo eficaz
- El análisis cuantitativo está basado en una sólida teoría económica
- El análisis cuantitativo refleja pautas estables y persistentes
- Las desviaciones de una cartera respecto a su objetivo solo se justifican si existe un poco de incertidumbre

Los modelos cuantitativos, además de ayudarnos a seleccionar activos en los que invertir para optimizar los retornos de la cartera, nos permiten conocer otros factores como, por

ejemplo, el riesgo. Como hemos podido ver con la teoría de Markowitz (1959) y autores posteriores, el riesgo es un elemento clave a la hora de gestionar una cartera. Concretamente, el fondo del que hablaremos a continuación emplea modelos cuantitativos con el principal objetivo de estar alerta ante posibles oscilaciones en el riesgo de la cartera.

En cuanto a la gestión cuantitativa, comprende además aquellos modelos matemáticos y algorítmicos que delegan el trabajo de controlar la inversión a ordenadores. Es evidente que, de alguna manera, siempre va a existir un gestor humano que va a encargarse de supervisar en todo momento tanto el funcionamiento de los modelos cuantitativos como la exposición de cartera del fondo en los distintos momentos. En definitiva, y de acuerdo con la definición facilitada por López de Prado, M (2020), la gestión cuantitativa consiste en el uso de modelos matemáticos y algorítmicos que van a permitir optimizar las decisiones de inversión, además de diversificar la cartera y gestionar el riesgo.

Sin embargo, entra la pregunta, ¿qué beneficios aporta la gestión cuantitativa frente a la gestión tradicional? Pues bien, de acuerdo con Carsten Grosse-Knetten, responsable global de estrategias cuantitativas en Oddo BHF Asset Management, y Thierry Misamer, gestor de carteras de la misma compañía, podemos destacar tres ventajas que la gestión de carteras cuantitativa nos puede aportar frente a la gestión tradicional. En un primer lugar, el ser humano tiene una capacidad limitada a la hora de tratar de dirigirse al gran complejo de activos que conforman el universo. Gracias a la gestión cuantitativa es posible rastrear los precios y características fundamentales de una cantidad muy elevada de activos al mismo tiempo. Por otro lado, la selección de los activos está basado en reglas predeterminadas que son presentadas previamente a los inversores de manera detallada. Asimismo, la gestión cuantitativa permite a los fondos eliminar cualquier tipo de emoción. Con ello nos referimos a que la selección de activos no está determinada en ningún momento por el gusto personal hacia un activo, sino que depende en todo momento del rendimiento de cada uno de ellos y de su riesgo, como para poder estimar en cierta medida como van a comportarse estos activos a futuro.

4. Man AHL Target Risk

4.1. Introducción al fondo Man AHL TargetRisk

Fundada en el año 1987, Man AHL es una gestora de inversiones sistemáticas que ofrece fondos cuantitativos de rendimiento absoluto y solamente a largo plazo. Se trata de uno de los operadores sistemáticos más veteranos, con más de 30 años de experiencia. Man AHL se encarga de gestionar un total de activos que equivale a 58.500 millones de USD, lo que equivale a unos 54.000 millones de € aproximadamente.

Concretamente, el fondo Man AHL TargetRisk fue iniciado el 11 de diciembre de 2014 y posee un tamaño de 3.673 millones de USD (3.386 millones de € aproximadamente). El objetivo principal del fondo consiste en generar crecimiento del capital a medio y largo plazo proporcionando una exposición dinámica a una gama de activos y un flujo de rendimientos con un nivel estable de volatilidad independientemente de las condiciones del mercado. Todo ello, a través de modelos cuantitativos, que permiten determinar en cada momento la exposición correcta de la cartera. La exposición del fondo a diversas inversiones se determina en función de una fórmula utilizada por su modelo informático. Este modelo utiliza una variedad de técnicas, incluido el "escalamiento de volatilidad". Utilizando esta técnica, se puede medir la volatilidad de un mercado en particular. Si el mercado es volátil y los rendimientos son volátiles, el fondo invertirá menos en ese mercado. Cuando los mercados estén tranquilos, el grado de riesgo aumentará.

La cartera del programa Man AHL TargetRisk está compuesta por cuatro activos distintos: renta variable, renta fija, crédito e inflación. Las inversiones, además, se encuentran diversificadas entre distintas regiones, con el fin de poder alcanzar el rendimiento más alto, al mismo tiempo que se controla el riesgo de pérdidas. Para ello, el programa AHL TargetRisk cuenta con unas técnicas sistemáticas que son también empleadas por otros programas de Man AHL. Asimismo, esta cartera se fundamenta sobre las bases de que los rendimientos de los cuatro activos comercializados han sido positivos a lo largo del tiempo. Además, la correlación entre dichos activos resulta relativamente baja, lo cual hace que con esta cartera se pretenda obtener unos

rendimientos positivos y que, al mismo tiempo, sea capaz de resistir en cierta medida al entorno de mercado.

Uno de los factores clave del programa Man AHL TargetRisk es que cada uno de los cuatro activos mencionados previamente recibe una misma ponderación de riesgo, es decir un 25% de riesgo por cada activo; a la vez que manejan instrumentos de gran liquidez, que permiten reaccionar de forma rápida sobre la distribución de los activos ante las señales proporcionadas por los modelos cuantitativos de las tres estrategias de gestión de riesgo.

Se trata de una cartera de gestión activa, que consiste en que el inversor selecciona las inversiones que componen la cartera. El fondo mide su rendimiento frente a un índice compuesto 60/40 (60% *MSCI World Net Total Return Hedged Index*, 40% *Barclays Capital Global Aggregate Bond Index Hedged*). Sin embargo, la cartera no pretende seguir el índice compuesto y, de la misma manera, no está condicionada por él.

El fondo Man AHL TargetRisk, gracias a su gestión de la cartera basada en modelos cuantitativos, ha generado unos rendimientos muy satisfactorios. El 29 de diciembre de 2023 cerró con una tasa de rentabilidad anual del 14,06%.

Russell Korgaonkar, gestor del fondo, establece tres aspectos que diferencian a Man AHL TargetRisk del resto de los fondos y que lo hace único. El primero de ellos se basa en la experiencia que, como hemos mencionado previamente, reúne más de 30 años, en los que se ha podido innovar y aprender a anticiparse a los distintos riesgos. En segundo lugar, el fondo cuenta con una mayor agilidad para reaccionar ante las circunstancias en el mercado y poder ajustar su exposición de cartera a ellas. Esto se debe a, como menciona Russell, “que invierten en futuros sobre índices. Esto dota a la cartera de gran flexibilidad y eficiencia de costes”. Es decir, el fondo realiza compraventas de contratos, a través de los cuales se acuerda la compra o venta de un activo concreto en una fecha futura preestablecida. Por último, el tercer factor que diferencia a Man AHL TargetRisk reside en sus límites de volatilidad, los cuales son muy estrictos y son gestionados en todo momento de forma matemática, lo que hace que el fondo se ciña en todo momento a este aspecto.

4.2. Técnicas para la gestión del riesgo – modelos cuantitativos empleados por el fondo

Este fondo, que es relativamente nuevo, se beneficia no tan solo de la tecnología empleada por otros programas del grupo, sino también de la larga trayectoria de Man AHL en el sector, que le ha proporcionado gran experiencia. El fondo Man AHL TargetRisk hace uso de tres técnicas que emplean modelos cuantitativos, a través de los cuales puede determinar la exposición de su cartera en cada momento.

- Técnica de volatilidad

La volatilidad es un elemento clave a la hora de hablar de riesgo. A mayor volatilidad, mayor riesgo de sufrir pérdidas y viceversa. Este modelo permite controlar precisamente la volatilidad en el mercado, mediante el rápido ajuste de la exposición de la cartera a medida que las condiciones en el mercado varían, buscando un nivel constante de volatilidad. Gracias a ello, se puede responder de forma veloz ante los cambios en el panorama de riesgo.

- Técnica de momentum

Basándose en la tendencia, este modelo trata de identificar tendencias bajistas en el mercado y puede reducir la exposición de la cartera hasta el 50% y se lleva a cabo en cada mercado individual. De esta manera, cuando recientemente el precio de un activo ha ido incrementando, es de esperar que siga haciéndolo así en un futuro y viceversa. El *momentum*, de manera general, se asocia a un periodo de tiempo concreto. Así, si por ejemplo comparamos el precio de hoy con el de la semana pasada podemos ver el *momentum* en el horizonte de una semana. Por tanto, podemos definir el *momentum* como las tendencias a lo largo de rangos de tiempo. Este modelo determina la posición que se debe tomar a futuro. Así, si el precio ha ido incrementando recientemente se debe tomar la posición de largo, que consiste en comprar más, es decir incrementar la exposición de la cartera. De la misma manera, si el precio del activo ha ido disminuyendo progresivamente, se espera que siga cayendo por lo que se toma la posición de corto, que consiste en reducir la exposición de la cartera vendiendo activo.

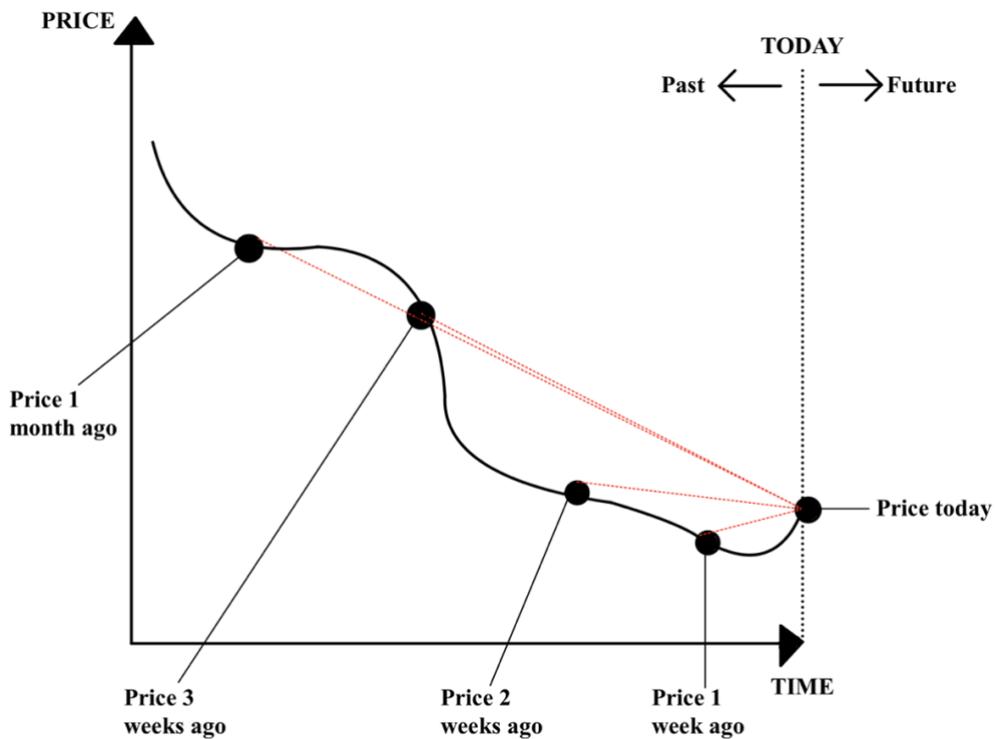


Figura 2: Momentum

El gráfico expuesto sirve como muestra para poder entender en mayor medida el *momentum*. Las líneas rojas marcan la tendencia de un punto a otro. De esta forma, en este caso podemos observar como, si comparamos el precio de hoy con el de la semana pasada, encontramos una tendencia alcista. Podemos decir entonces que se trata de un *momentum* positivo. Si en vez de compararlo con el de hace una semana lo comparamos con el precio de hace dos semanas, podemos observar como la tendencia en este caso es bajista. Se trata, por tanto, de un *momentum* negativo. Lo mismo ocurre si comparamos el precio de hoy con el de hace tres semanas y con el de hace un mes. Una vez obtenidos estos datos, podemos agrupar el conjunto de tendencias y determinar el resultado final, en este caso, desde hace un mes hasta la fecha de hoy en día.

Por cada tendencia de declive en el mercado se anota un [-1] y, de la misma forma, por cada tendencia de ascenso se anota un [+1]. Puesto que en este caso nos encontramos frente a tres tendencias negativas y una positiva, el resultado final es [-2], por lo que se debe tomar una posición parcialmente corta; es decir vender en menor medida. Si, por el contrario, el resultado total del periodo hubiese sido de [+2], se debería tomar una posición parcialmente larga, que indica aumentar en cierta medida la exposición de

cartera. Si todo el periodo hubiese sido positivo, la exposición de cartera debería aumentar en mayor medida, puesto que nos encontraríamos ante una posición totalmente larga. De la misma forma que si el resultado total del periodo hubiese sido negativo habría que tomar una posición totalmente corta, por la que la exposición de cartera debería ser reducida drásticamente. Por último, si el resultado total desde hace un mes hasta la actualidad hubiese sido de [0], esto nos indicaría que no hay tendencia y por tanto no se debe tomar una posición ni corta ni larga: posición plana.

- Técnica de correlación

Puesto que el programa Man AHL TargetRisk lleva a cabo una estrategia de largo plazo, los cambios en la correlación entre sus instrumentos financieros pueden afectarle negativamente. Es por ello por lo que, gracias a la investigación llevada a cabo por el Instituto Oxford-Man de Finanzas Cuantitativas de la Universidad de Oxford, permite estar alerta y reducir la exposición de la cartera en caso de producirse cambios en las relaciones tradicionales entre los distintos instrumentos financieros, que puede generar preocupaciones entre los inversores en estrategias de multiactivos.

Gracias a esta técnica se pueden detectar picos de correlación a través de los movimientos intradía entre renta variable y renta fija. En mercados que tienen un correcto funcionamiento, los bonos y las acciones son coberturas naturales entre sí que, al tener una baja correlación entre ellos, pueden diversificar el riesgo de la cartera. No obstante, pueden darse situaciones en las que esta correlación entre acciones y bonos aumente. Esto sucede por ejemplo con retiradas repentinas de liquidez o con una liquidación inducida por bonos. Cuando se dan este tipo de circunstancias, el riesgo de la cartera aumenta significativamente por encima de las estimaciones, por lo que la exposición debería reducirse. Esta técnica puede hacer que la exposición de la cartera se reduzca hasta en un 50% con el fin de paliar los posibles efectos adversos del riesgo.

5. Análisis comparativo del fondo con el Benchmark

Con el fin de poder determinar la eficiencia de los modelos cuantitativos empleados por el fondo Man AHL TargetRisk se ha llevado a cabo un análisis que busca comparar los principales indicativos del binomio riesgo-rentabilidad. Este análisis se ha realizado a través del programa Excel y está basado en la evolución del precio de las participaciones del fondo, así como del mercado comparable que, como hemos mencionado previamente, se trata de una cartera 60/40 entre el *MSCI World Hedged Index* y el índice de *Barclays Global Aggregate Bond Hedged*. Asimismo, es importante mencionar que la moneda en la que estos datos han sido recopilados es el dólar estadounidense (USD).

5.1. Formulación de la hipótesis

El fondo TargetRisk, como hemos comentado en varias ocasiones, destaca por su modelo cuantitativo que permite medir la volatilidad del fondo en todo momento, de tal forma que sea posible aumentar o disminuir la exposición de la cartera de forma rápida y automática en función de la evolución de esta. De esta manera, y basándonos en que se trata de un modelo cuantitativo muy avanzado e innovador, podemos esperar que sea capaz de mantener un mejor equilibrio riesgo-rentabilidad que el del *benchmark*. Es decir, que, a un nivel dado de rentabilidad, el riesgo en el caso del fondo sea menor; y que, a un nivel dado de riesgo, la rentabilidad sea mayor. Por tanto, la hipótesis en la que nos vamos a apoyar sostiene que el fondo TargetRisk mantiene un binomio riesgo-rentabilidad que está por encima del de mercado. En otras palabras, que el desempeño del fondo de Man AHL TargetRisk es mejor que el del mercado de referencia.

Para ello, vamos a realizar una comparación principal entre los Sharpe ratios de ambos que, como hemos mencionado previamente, es una medida de rendimiento que cuanto más alta es indica un mejor desempeño por parte de la cartera. También va a ponerse en uso el índice de Treynor que, como el de Sharpe, es también una medida comparable de rendimiento. Por último, se va a utilizar la Tasa de Crecimiento Anual Compuesto (CAGR) que mide el crecimiento de una inversión a lo largo de un periodo de tiempo determinado, comparando su valor final con su valor inicial. De esta manera, siguiendo la hipótesis principal, le sigue una segunda hipótesis que establece que estas tres medidas

de rendimiento mencionadas anteriormente tendrán un resultado mayor en el caso del fondo analizado que en el *benchmark*.

5.2. Retornos históricos del fondo Man AHL TargetRisk y del *benchmark*

Para la obtención de los precios históricos del fondo Man AHL y del mercado de referencia se ha recurrido a la herramienta Bloomberg, además de corroborar los rendimientos del fondo analizado con informes pasados del mismo, disponibles públicamente en su página web. Gracias a los datos de precios recogidos se ha desarrollado el siguiente gráfico lineal.

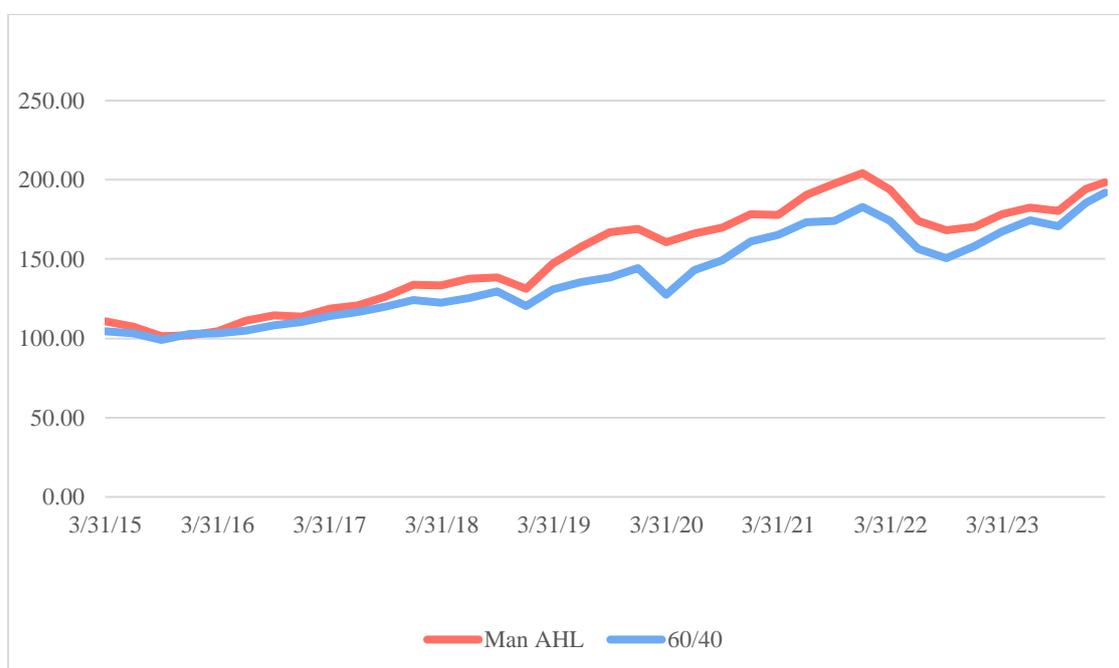


Figura 3: Precios en el fondo Man AHL TargetRisk y el mercado de referencia 60/40

Como podemos observar, a partir del año 2016 el precio del fondo siempre ha estado por encima del *benchmark*. Aunque las leyendas del gráfico son anuales, las líneas gráficas son trimestrales para que sean más representativas.

El cálculo de los retornos pasados en este caso hace referencia a los precios históricos de los 10 últimos años. Es decir, desde finales del año 2014 hasta los comienzos del actual año 2024. Las razones para elegir este periodo de tiempo son varias. En primer lugar, es evidente que un mayor número de datos proporciona una mayor fiabilidad en los cálculos

que se van a realizar. No es igual de representativo tomar una muestra de 3 años que de 10 años a la hora de estimar el rendimiento medio de una cartera. Asimismo, al tener en cuenta un periodo tan largo de tiempo, se están considerando diferentes ciclos económicos que, si se hubiese hecho de otra manera, podría aportar datos completamente distintos. Por ejemplo, las consecuencias derivadas del Covid-19 tuvieron un alcance mundial, afectando prácticamente a todo tipo de industrias. Por último, una revisión de los rendimientos a lo largo de un periodo de tiempo mayor nos ofrece una visión más certera para estimar la inversión en dicha cartera a largo plazo desde el día de hoy. Con los datos del precio de los últimos años vamos a obtener los retornos mensuales a través de la fórmula:

$$R_m = \left(\frac{P_n}{P_{n-1}} \right) - 1$$

De esta manera, empleando los precios históricos del fondo y del mercado de referencia obtenemos los siguientes retornos mensuales.

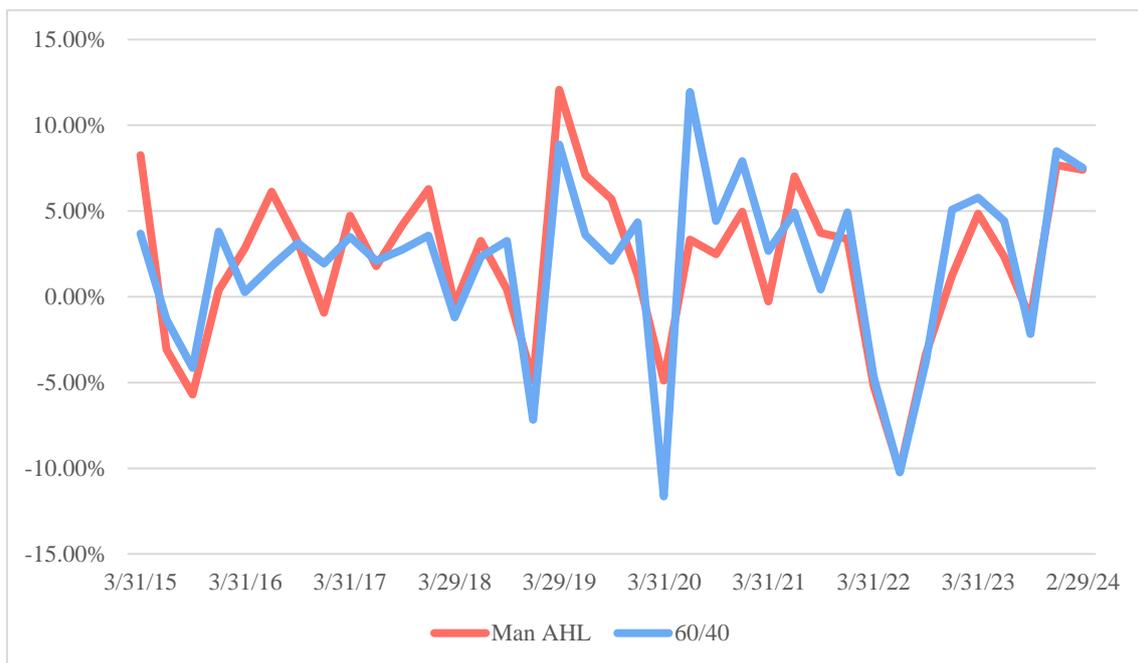


Figura 4: Retornos históricos en el fondo Man AHL TargetRisk y el mercado de referencia 60/40

En la Figura 4 podemos observar la evolución de los retornos de la cartera de activos del fondo Man AHL TargetRisk y de su mercado de referencia a lo largo de los años. Este gráfico, al igual que la Figura 3, posee unas leyendas anuales, aunque los datos son

trimestrales. En el anexo encontramos los precios históricos, así como los rendimientos históricos mensuales de los últimos 10 años para el fondo analizado y su *benchmark*. Como podemos observar, en el año 2020 tanto el fondo como el *benchmark* experimentaron una bajada en sus precios como consecuencia de la crisis del Covid-19. Sin embargo, mientras que para el mercado de referencia supuso la pérdida más grande del periodo, en el caso del fondo Man AHL TargetRisk, sus modelos cuantitativos consiguieron reducir esta pérdida en gran medida. El simple hecho de haber conseguido obtener unas rentabilidades a final de año positivas por parte del fondo refleja la gran eficacia de los modelos cuantitativos empleados para poder reaccionar frente a los cambios de volatilidad que se producen en el mercado. Los rendimientos negativos en el año 2022 son consecuencia entre otras cosas de las políticas monetarias restrictivas llevadas a cabo por los bancos centrales, con la consecuente fuerte subida en los tipos de interés, con el fin de combatir la alta inflación, que provocó un aumento en las yields, provocando una fuerte caída en el precio de los índices de renta fija. Esto se unió además a la alta correlación experimentada entre bonos y acciones, en la que profundizaremos más adelante.

En el caso del mercado, a lo largo de la mayor parte de años existe generalmente una tendencia con unos retornos similares. Sin embargo, es cierto que existen periodos en los que estos rendimientos cambian de forma drástica. Como ocurre con el fondo Man AHL TargetRisk, estos tiempos de cambios en los retornos son consecuencia de variaciones en las políticas monetarias, como ocurre también en el año 2022, en el que los rendimientos del *benchmark* son muy negativos. Esto se une a las consecuencias derivadas de los años previos que corresponde a la era Covid-19. Asimismo, la correlación baja, e incluso en ocasiones inversa, que hacía tan atractiva la combinación de bonos y acciones experimenta una subida como consecuencia de la caída de ambos instrumentos financieros. Entre los factores que influyeron en este hecho encontramos la alta inflación, con la consecuente subida de las tasas de interés, unido a unas expectativas de recesión o desaceleración del crecimiento económico.

Una vez calculados los retornos mensuales de los 10 últimos años procedemos al cálculo del rendimiento mensual medio. Para ello empleamos la fórmula propuesta por Harry Markowitz (1952) que, como hemos comentado anteriormente, consiste en dividir la

suma de todos los retornos mensuales que se tienen en cuenta entre el número de meses de dicho periodo.

$$\bar{R}_m = \frac{1}{N} * \sum_{t=1}^N R_{i,t}$$

Donde \bar{R}_m hace referencia al retorno medio mensual y $R_{i,t}$ equivale al retorno i en el periodo de tiempo t .

De esta manera, obtenemos que el retorno mensual medio del fondo en los últimos 10 años es del 0,65% y el del *benchmark* equivale a 0,63%. A continuación, es preciso determinar el retorno medio anual, que nos va a permitir saber cuál es el rendimiento que el fondo ha generado de media en los últimos 10 años:

$$\bar{R}_a = (\bar{R}_m + 1)^{12} - 1$$

Donde \bar{R}_a significa retorno medio anual y el exponente se refiere a los 12 meses que tiene un año. Así, el rendimiento anual medio es de 8,14% para AHL TargetRisk y de 7,77% para la cartera 60/40.

5.3. Riesgo del fondo Man AHL TargetRisk y del *Benchmark*

El siguiente paso consiste en obtener la varianza del fondo, que también vamos a calcular siguiendo el modelo de Markowitz, mediante la división del sumatorio de las diferencias cuadráticas entre el retorno de cada periodo y el retorno promedio, entre el número de periodos menos [1].

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{N - 1} * \sum_{t=1}^N (R_{i,t} - E[R_i])^2$$

Haciendo esto, obtenemos que la varianza para el fondo Man AHL es de 0,07%, la cual es la misma que la de la cartera 60/40 de *MSCI World Net Total Return Hedged Index & Barclays Capital Global Aggregate Bond Index Hedged*. La volatilidad es medida por la desviación típica, que es tan solo la raíz cuadrada de la varianza. Por tanto, la desviación

típica del fondo es de 2,62%, mientras que la del mercado de referencia es de 2,68%. Las diferencias en estas vienen por las variaciones en los decimales de sus varianzas.

Al haber obtenido la volatilidad mensual podemos proceder al cálculo de la volatilidad anual. Esta se obtiene multiplicando la volatilidad mensual por la raíz cuadrada de 12, que hace referencia al número de meses que tiene el año.

$$\sigma_{anual} = \sigma_p * \sqrt{12}$$

De esta forma, concluimos que la desviación típica anual del fondo es de 9,12% y la volatilidad anual del mercado es de 9,29%. Únicamente analizando estos datos podemos ver que el retorno medio anual del fondo es mayor que el del mercado, al mismo tiempo que su volatilidad es menor que la de este. Esto nos lleva a concluir que el fondo Man AHL TargetRisk está teniendo una gestión de su fondo por encima de la media del mercado.

5.4. Capital Asset Pricing Model del fondo Man AHL TargetRisk

Para el cálculo del Asset Pricing Model empleamos la fórmula desarrollada por William Sharpe (1964) y John Lintner (1965), que nos permite simplificar en gran medida el modelo llevado a cabo por Harry Markowitz (1952). Este modelo nos permite por tanto obtener el retorno esperado de un portfolio asumiendo dentro de la cartera un activo libre de riesgo.

$$E(R_i) = R_f + \beta_i * (E[R_m] - R_f)$$

En este modelo se tiene en cuenta, por un lado, la beta β_i de la cartera, la cual mide el riesgo sistemático del portfolio con respecto a su *benchmark*, que posee una beta igual a [1]. De esta manera, si la beta de la cartera se encuentra por debajo de ese valor, quiere decir que posee un riesgo sistemático menor que el mercado de referencia y viceversa. De la misma forma, si la beta de la cartera es igual a [1] quiere decir que el riesgo sistemático de nuestra cartera es igual al del mercado. Para su cálculo debemos seguir a fórmula:

$$\beta = \frac{Cov_{i,m}}{\sigma_m^2}$$

Así, obtenemos que la beta del fondo Man AHL TargetRisk equivale a 0,76. El riesgo sistemático de esta cartera está, por tanto, por debajo del riesgo del mercado de referencia.

Por otro lado, la tasa libre de riesgo R_f mide el rendimiento que un inversor puede esperar a la hora de invertir en un activo sin ningún tipo de riesgo. Para estimar esta tasa, como hemos mencionado previamente, se utiliza un “proxy” que suele equivaler al rendimiento de los Bonos del Tesoro de EE. UU., en función del horizonte temporal del análisis. Así, para el cálculo de la tasa libre de riesgo en un análisis cortoplacista, es decir menos de un año, se suele emplear el retorno de las Letras del Tesoro americano, mientras que para un horizonte temporal medio se emplean los Bonos del tesoro, por ejemplo, a 10 años. De esta manera, se han llevado a cabo dos asunciones. La primera, basada en los datos obtenidos por el grupo Man, que emplea el tipo de interés LIBOR en USD. Este se refiere a la tasa de interés interbancaria media al que un gran número de bancos desean otorgarse préstamos a corto plazo no cubiertos en el mercado monetario londinense en dólar estadounidense. Utilizando este tipo de interés como referencia, se establece que la tasa libre de riesgo equivale a 5,59%. Por otro lado, hemos tenido en cuenta el retorno de las Letras del Tesoro americano, puesto que es considerada como la referencia para un horizonte temporal cortoplacista, el cual es igual a 2,21%.

Para el retorno de mercado R_m se establecen en base al retorno medio que se ha calculado para el mercado de referencia que ha sido calculado previamente y equivale a 7,77%.

	USD LIBOR		Letra del Tesoro USA	
	Man AHL	60/40	Man AHL	60/40
E(Return)	7.25%	7.77%	6.44%	7.77%

Figura 5: Resultados para el modelo Capital Asset Pricing Model

De esta manera y siguiendo la fórmula de CAPM podemos concluir que, utilizando la primera tasa libre de riesgo, el retorno esperado para el fondo Man AHL TargetRisk es igual a 7,25%, mientras que, si consideramos la segunda tasa libre de riesgo, el rendimiento esperado del fondo es del 6,44%. En ambos casos el retorno esperado del

fondo analizado está por debajo del retorno medio de mercado, dado que la beta, que mide el riesgo sistemático, es menor que [1].

5.5. Medidas de rendimiento para el fondo Man AHL TargetRisk y el *benchmark*

	USD LIBOR		Letra del Tesoro USA	
	Man AHL	60/40	Man AHL	60/40
Sharpe	0,28	0,23	0,65	0,60
Treynor	3,34%	2,18%	7,78%	5,56%

Figura 6: Resultados para los índices de Sharpe y Treynor

	Man AHL	60/40
CAGR	7,09%	6,74%

Figura 7: Resultados para la Tasa de Crecimiento Anual Compuesto

- Sharpe ratio

Si tomamos como tasa libre de riesgo la Letra del Tesoro de E.U.U.U, el índice de Sharpe es bajo tanto para el fondo como para el mercado de referencia. Sin embargo, cabe destacar que AHL TargetRisk se ha comportado mejor, puesto que posee un índice mayor. No obstante, es importante destacar que el rendimiento en relación con el riesgo en este caso no es espléndido.

En cambio, si nos fijamos en los valores obtenidos cuando la tasa libre de riesgo equivale a 2,21%, podemos concluir que el índice de Sharpe es moderado y además el fondo sigue manteniendo un mejor rendimiento en relación con su riesgo que el *benchmark*.

Es evidente que a pesar de los índices no ser muy elevados, los gestores del fondo están generando buenos resultados, al proporcionar unos valores que están por encima del mercado. De esta manera, vemos como las inversiones en el fondo Man AHL TargetRisk generan resultados positivos y por encima de la media.

- Treynor ratio

Asumiendo cualquiera de las dos tasas libres de riesgo proporcionadas, observamos que la cartera del fondo Man AHL TargetRisk obtiene unos mejores índices que el mercado de referencia. Este índice nos dice que el fondo genera más rendimientos excedentes por cada unidad de riesgo sistemático (beta) asumido que el *benchmark*.

- Tasa de Crecimiento Anual Compuesto – CAGR

En ambos casos, el CAGR se encuentra entre el 5% y el 10%. Estamos, por tanto, ante una Tasa de Crecimiento Anual Compuesto moderada. Podemos concluir de esta manera que los rendimientos obtenidos al invertir son constantes, aunque no llegan a ser excepcionales. En el caso del fondo Man AHL TargetRisk el CAGR es superior al del *benchmark*. Por ello, a pesar de que el crecimiento no sea muy alto, en comparación con el mercado de referencia podemos decir que la inversión en el fondo ha generado rendimientos altos y que, por lo tanto, los modelos de inversión cuantitativa suponen una diferencia en los resultados.

6. Conclusiones

Gracias al desarrollo del trabajo anterior y al análisis comparativo realizado entre el fondo Man AHL TargetRisk y la cartera de referencia 60/40, hemos podido resaltar las siguientes conclusiones.

En primer lugar, cabe destacar la mejora en los rendimientos y en la gestión del riesgo de una cartera gracias a los avances en los modelos cuantitativos de gestión de carteras, como hemos podido observar con el fondo analizado. Desde el modelo propuesto por Harry Markowitz en 1952, y continuado por John Lintner y William Sharpe con su simplificación en el modelo CAPM, hasta los actuales avances tecnológicos que han permitido tener en consideración una cantidad mucho mayor de información que analizar y, por tanto, de opciones en la decisión de inversión. Los cálculos desarrollados en el análisis comparativo nos ofrecen una visión del comportamiento de las carteras, además de demostrarnos como los modelos de inversión cuantitativa empleados por el fondo Man AHL proporcionan una mejor relación del binomio riesgo-rentabilidad que su *benchmark* de referencia. Nos encontramos, por lo tanto, ante un caso en el que la innovación tecnológica aplicada a los modelos de gestión del fondo está ofreciendo buenos resultados. Esta inversión cuantitativa llevada a cabo por el fondo cuenta, como hemos mencionado anteriormente, con tres técnicas distintas que nos van a permitir aumentar o disminuir la exposición de la cartera de acuerdo con la situación del fondo y el mercado. La primera técnica mide la volatilidad en el mercado, ya que a una mayor volatilidad existe un mayor riesgo. La segunda nos permite controlar la exposición de la cartera en función de los retornos en un “momentum” o periodo de tiempo determinado, bajo el supuesto de que el comportamiento del fondo será similar en el futuro a como lo venía haciendo en los meses pasados. Por último, la tercera técnica se encarga de medir la correlación entre los cuatro activos en los que invierte el fondo, para tratar que esta sea mínima, siguiendo el principio de diversificación, que ya venía siendo introducido con Harry Markowitz en *Portfolio Selection* (1952).

De esta forma, podemos concluir una serie de ventajas con las que cuenta la gestión cuantitativa de las carteras de multiactivos. Uno de los principales beneficios de la inversión cuantitativa reside en el aumento exponencial en la capacidad de análisis. La

gran cantidad de información que se puede llegar a tener en cuenta con estos modelos es infinitamente mayor que la disponible para los inversores individuales que realizan el análisis sin emplear los mismos. Asimismo, queda excluido de la toma de decisiones de inversión el factor emocional. La exposición de la cartera y la ponderación en los activos está únicamente basada en obtener el mejor rendimiento posible asumiendo el menor riesgo. De esta forma, la toma de decisiones es completamente objetiva y no tiene en cuenta los sentimientos o preferencias de aquellos que toman las decisiones.

En cuanto al desempeño de la cartera del fondo en comparación con su mercado de referencia, podemos concluir que el rendimiento del primero es mayor en comparación con un 8,14% de retorno medio anual en los últimos 10 años, mientras que la rentabilidad del *benchmark* se queda tan solo en el 7,77%. Más allá la volatilidad, que mide el nivel de riesgo de la cartera, es del 9,12% para el fondo Man AHL TargetRisk, mientras que el mercado de referencia asume un riesgo del 9,29%, el cual es mayor. Así, con un riesgo menor y un retorno por encima de la media, se demuestra una buena gestión por parte de los modelos cuantitativos, con un mejor binomio rentabilidad-riesgo como resultado. Esto queda a su vez demostrado a través del cálculo de los índices de Treynor y de Sharpe, así como el dato acerca de la Tasa de Crecimiento Anual Compuesto, que es también mayor en el caso del fondo TargetRisk.

Por último, estos resultados generados por el fondo nos demuestran una optimización de la gestión de inversiones como consecuencia de la innovación y los beneficios derivados de la inversión en avances tecnológicos, además de como estas herramientas novedosas unidas a la extensa experiencia de profesionales con alta formación hacen una diferencia positiva en los resultados que se obtienen.

Declaración de Uso de Herramientas de Inteligencia Artificial Generativa en Trabajos Fin de Grado

ADVERTENCIA: Desde la Universidad consideramos que ChatGPT u otras herramientas similares son herramientas muy útiles en la vida académica, aunque su uso queda siempre bajo la responsabilidad del alumno, puesto que las respuestas que proporciona pueden no ser veraces. En este sentido, NO está permitido su uso en la elaboración del Trabajo fin de Grado para generar código porque estas herramientas no son fiables en esa tarea. Aunque el código funcione, no hay garantías de que metodológicamente sea correcto, y es altamente probable que no lo sea.

Por la presente, yo, Ignacio Gómez González, estudiante de ADE con Mención Internacional (E4) de la Universidad Pontificia Comillas al presentar mi Trabajo Fin de Grado titulado “**Gestión de carteras mediante el uso de modelos cuantitativos: Estudio comparativo de un caso real – Man AHL TargetRisk**”, declaro que he utilizado la herramienta de Inteligencia Artificial Generativa ChatGPT u otras similares de IAG de código sólo en el contexto de las actividades descritas a continuación:

1. **Brainstorming de ideas de investigación:** Utilizado para idear y esbozar posibles áreas de investigación.
2. **Metodólogo:** Para descubrir métodos aplicables a problemas específicos de investigación.
3. **Interpretador de código:** Para realizar análisis de datos preliminares.
4. **Estudios multidisciplinares:** Para comprender perspectivas de otras comunidades sobre temas de naturaleza multidisciplinar.
5. **Corrector de estilo literario y de lenguaje:** Para mejorar la calidad lingüística y estilística del texto.
6. **Generador previo de diagramas de flujo y contenido:** Para esbozar diagramas iniciales.
7. **Revisor:** Para recibir sugerencias sobre cómo mejorar y perfeccionar el trabajo con diferentes niveles de exigencia.
8. **Traductor:** Para traducir textos de un lenguaje a otro.

Afirmo que toda la información y contenido presentados en este trabajo son producto de mi investigación y esfuerzo individual, excepto donde se ha indicado lo contrario y se han dado los créditos correspondientes (he incluido las referencias adecuadas en el TFG y he explicitado para que se ha usado ChatGPT u otras herramientas similares). Soy consciente de las implicaciones académicas y éticas de presentar un trabajo no original y acepto las consecuencias de cualquier violación a esta declaración.

7. Bibliografía

- Arévalo González, S. (2016). Modelo de gestión de carteras de Markowitz usando algoritmos genéticos. *CITAS*, 2(1), 31-37. Available at /mnt/data/Dialnet-ModeloDeGestionDeCarterasDeMarkowitzUsandoAlgoriet-8663014.pdf
- AHL Partners LLP. (2023, June 30). AHL TargetRisk DDQ. Available at /mnt/data/AHL_TargetRisk_DDQ_AHL_TargetRisk_DDQ_English_30-06-2023.pdf
- AHL Partners LLP. (2023, September 30). AHL TargetRisk Strategy Presentation. Available at /mnt/data/AHL_TargetRisk_Strategy_Presentation_AHL_TargetRisk_-_The_Z-Shift_English_30-09-2023.pdf
- Brixton, A., Brooks, J., Hecht, P., Ilmanen, A., Maloney, T., & McQuinn, N. (2023). A changing stock-bond correlation: Drivers and implications. *The Journal of Portfolio Management*. Available at <https://www.aqr.com/Search?contributors=Alfie%20Brixton>
- Cevallos Vera, F. A. (n.d.). La inversión focalizada como una alternativa a la gestión de portafolios basada en la diversificación. *MBA Gerencial LXI*. Available at /mnt/data/La_inversion_focalizada_como_una_alterna.pdf
- Corzo Santamaría, M. T., & Vaquero Lafuente, M. E. (2011). La gestión de carteras de inversión. *Icade. Revista cuatrimestral de las Facultades de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales*, (83-84), 105-125.
- CNMV. (n.d.). ¿Cómo tomar decisiones de inversión?. Available at /mnt/data/CNMV - ¿Cómo tomar decisiones de inversión?.html
- Elbannan, M. A. (2015). The capital asset pricing model: An overview of the theory. *International Journal of Economics and Finance*, 7(1), 216-228. Available at /mnt/data/The_Capital_Asset_Pricing_Model_An_Overv.pdf
- Elton, E. J., Gruber, M. J., & Brown, S. J. (2009). *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis* (7th ed.). John Wiley & Sons. Available at <https://rasabourse.com>
- Faster Capital. (n.d.). Cálculo e interpretación del ratio de Treynor. Available at /mnt/data/Cálculo E Interpretación Del Ratio De Treynor - FasterCapital.html

Faster Capital. (n.d.). Introducción a la inversión cuantitativa. Available at </mnt/data/Introducción A La Inversión Cuantitativa - FasterCapital.html>

FundsPeople España. (2022). ¿Cómo se aplica la inversión cuantitativa al proceso de inversión?. Available at </mnt/data/¿Cómo se aplica la inversión cuantitativa al proceso de inversión? - FundsPeople España.html>

FundsPeople España. (2018). ¿Cuáles son las ventajas de la gestión cuantitativa frente a la gestión tradicional?. Available at </mnt/data/¿Cuáles son las ventajas de la gestión cuantitativa frente a la gestión tradicional? - FundsPeople E.html>

FundsPeople España. (2014). Las últimas aportaciones de Markowitz a la gestión de riesgos. Available at </mnt/data/Las últimas aportaciones de Markowitz a la gestión de riesgos - FundsPeople España.html>

García, J. (2023). ¿Cómo impacta la inteligencia artificial en la inversión privada? *ESAN*. <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/como-impacta-la-inteligencia-artificial-en-la-inversion-privada>

Garrido Merchán, E. C. (2023, April 11). La evolución de la gestión de carteras: Del modelo de Markowitz al Deep Reinforcement Learning y la Optimización Bayesiana. *Ex Post*. Available at </mnt/data/La evolución de la gestión de carteras: Del modelo de Markowitz al Deep Reinforcement Learning y la .html>

Godbersen, S. (2024). The 60/40 portfolio: Why the classic model faces challenges, and how to go beyond. *EquityMultiple*. <https://equitymultiple.com/blog/60-40-portfolio>

Gómez-Bezares, F., & Madariaga, M. (2003). La hipótesis del mercado eficiente y la hipótesis conductista de los mercados financieros. *NovaRua: Revista universitaria de administración*, 33-42. Available at </mnt/data/Dialnet-LaHipotesisDelMercadoEficienteYLaHipotesisConducti-8043176.pdf>

González, R. (2019). Gestión cuantitativa, ¿cómo funciona esta estrategia? *RankiaPro*. Available at </mnt/data/Gestión cuantitativa, ¿cómo funciona esta estrategia? | RankiaPro.html>

Hernández, L. (2022). ¿Qué es y cómo funciona el modelo de Markowitz? Teoría de la cartera y frontera eficiente. *Rankia*. Available at /mnt/data/ ¿Qué es y cómo funciona el modelo de Markowitz? | Teoría de la cartera y frontera eficiente. | Ranki.html

Hoyle, E; Korgaonkar, R; Piu, S; Rajamony, J; Sanchez, E; & Nilsen-Ames, T. (2020). We See Risk Where Others May Not: Applying Dynamic Risk Management to a Cash Equities Portfolio. *Man Group*. Available at /mnt/data/We See Risk Where Others May Not: Applying Dynamic Risk Management to a Cash Equities Portfolio | Ma.htm

La Caixa Research. (2015). Gestión de carteras: De la teoría a la práctica. *Dossier: Razón y emoción en la toma de decisiones*. Available at /mnt/data/34-35+Dossiers+2+CAST+%7BCAST%7D.pdf

Martínez, C. (2015). Gestión de carteras: De la teoría a la práctica. Available at /mnt/data/Gestión de carteras: de la teoría a la práctica.html

Mendizábal Zubeldia, A., Miera Zabalza, L. M., & Zubia Zubiaurre, M. (2002). El modelo de Markowitz en la gestión de carteras. *Cuadernos de Gestión*, 2(1), 33-46. Available at /mnt/data/Modelo de MARKOWITZ en la gestión de carteras.pdf

Morningstar. (2023, December 29). Man AHL TargetRisk Monthly Report - Professional Audience. Available at /mnt/data/Man_AHL_TargetRisk_Monthly_Report_-_Professional_Audience_English_29-12-2023 (2).pdf

Pérez, P. (2020). Gestión de carteras: un enfoque hacia los roboadvisors. Available at /mnt/data/gestión de carteras- roboadvisors.pdf

Pérez Serrada, A. (2022). El análisis cuantitativo y la estrategia tradicional. Available at /mnt/data/El análisis cuantitativo y la estrategia tradicional | 2024.html

Perold, A. F. (2006). The capital asset pricing model. *Journal of Economic Perspectives*, 18(3), 3-24. Available at /mnt/data/perold-2006-the-capital-Asset Pricing-model.pdf

Rasmussen, M. (2002). Quantitative Portfolio Optimization, Asset Allocation and Risk Management: A Practical Guide for Asset Managers and Financial Institutions.

Available at /mnt/data/Quantitative Portfolio Optimisation, Asset Allocation and Risk Management: A ... - M. Rasmussen - Go.html

Equities Portfolio. *Man Group*. Available at /mnt/data/We See Risk Where Others May Not: Applying Dynamic Risk Management to a Cash Equities Portfolio | Ma.html

Rodríguez de Guzmán, A. (2023). La evolución de la gestión de carteras: Del modelo de Markowitz al Deep Reinforcement Learning y la Optimización Bayesiana. *ExPost*. <https://expost.comillas.edu/la-evolucion-de-la-gestion-de-carteras-del-modelo-de-markowitz-al-deep-reinforcement-learning-y-la-optimizacion-bayesiana/>

Rodríguez, J. M. (n.d.). ¿Qué es la tasa de crecimiento anual compuesta o CAGR?. Available at /mnt/data/¿Qué es la tasa de crecimiento anual compuesta o CAGR?.html

Rodríguez, O. (2021). Man AHL TargetRisk: filosofía y estrategia de este buque insignia de Man en España. *FundsPeople España*. Available at /mnt/data/Man AHL TargetRisk: filosofía y estrategia de este buque insignia de Man en España - FundsPeople Esp.html

Rogoff, K. (2022). Stock and bond declines at the same time in 2022: What it means. *Harvard Economics Review*. Available at /mnt/data/Stock and Bond Declines at Same Time in 2022: What It Means.html

Rueda, M. (2023). La evolución de la inteligencia artificial en los mercados financieros. *Afi. Empresa Global*. <https://www.empresaglobal.es/EGAFI/contenido/2226410/1601149/la-evolucion-de-la-inteligencia-artificial-en-los-mercados-financieros.html>

Santamaría, M; & Vaquero, M. (2011). Vista de la gestión de carteras de inversión. Available at /mnt/data/Vista de La Gestión de Carteras de Inversión.html

Stock-bond correlation could remain elevated in 2023. (2022). *FS Investments*. Available at /mnt/data/Stock-bond correlation could remain elevated in 2023 | FS Investments.html

Strobl, L. (2023). La cartera 60-40 sigue viva. *Morningstar*. Available at /mnt/data/La cartera 60-40 sigue viva | Morningstar.html

Verhoef, C. (2002). Quantitative IT Portfolio Management. Available at /mnt/data/1-s2.0-S0167642302001065-main.pdf

Yale Global Rates. (2024). Tipos de interés LIBOR USD. Available at /mnt/data/Tipos de interés LIBOR USD.pdf

8. Anexos

Anexo 1: Precios históricos mensuales del fondo Man AHL TargetRisk en los últimos 10 años

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2014											100.00	102.45
2015	107.75	110.54	110.91	112.39	110.91	107.51	108.86	102.85	101.37	104.42	104.20	101.77
2016	101.51	101.89	104.63	104.97	106.48	111.05	114.53	115.44	114.60	111.13	109.20	113.52
2017	113.36	117.91	118.87	121.12	124.02	120.99	123.08	127.17	126.07	131.17	131.14	133.97
2018	134.23	131.92	133.34	134.91	137.70	137.68	138.06	138.91	138.24	132.70	134.17	131.48
2019	138.48	140.03	147.35	149.18	148.34	157.83	162.00	166.89	166.80	166.40	166.87	168.86
2020	170.70	162.86	160.61	161.62	163.56	165.98	170.08	172.12	170.08	167.61	175.46	178.49
2021	177.53	175.96	178.01	179.53	183.71	190.50	200.52	203.48	197.59	201.91	199.05	204.22
2022	195.86	194.43	193.63	185.80	185.66	173.98	183.88	175.92	168.15	170.91	176.60	170.21
2023	178.10	173.37	178.49	180.05	176.40	182.62	188.46	183.41	180.30	177.84	184.77	194.15
2024	194.39	198.45										

Anexo 2: Precios históricos mensuales del mercado de referencia en los últimos 10 años

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2014											100.00	100.94
2015	101.33	104.68	104.65	105.06	105.69	103.28	105.23	100.91	99.01	103.82	104.24	102.79
2016	100.08	99.55	103.08	103.68	104.96	104.93	107.79	108.07	108.21	107.38	108.38	110.33
2017	111.05	113.51	114.18	115.31	116.65	116.56	117.75	118.32	119.78	121.83	123.09	124.06
2018	126.57	123.83	122.57	123.85	125.02	125.41	127.85	129.08	129.49	124.19	125.34	120.21
2019	126.02	128.65	130.87	133.91	130.17	135.58	137.02	136.72	138.43	139.96	142.57	144.47
2020	145.34	139.07	127.65	136.57	140.61	142.89	146.46	151.57	149.18	146.47	157.42	160.97
2021	159.89	161.44	165.26	169.47	170.68	173.40	176.06	178.75	174.15	179.74	178.69	182.73
2022	176.20	172.47	174.23	165.26	164.97	156.37	165.48	160.39	150.46	156.75	163.80	158.07
2023	165.80	163.25	167.22	169.24	168.83	174.62	177.77	175.89	170.85	167.74	178.53	185.36
2024	187.25	191.97										

Anexo 3: Retornos históricos mensuales del fondo Man AHL TargetRisk en los últimos 10 años

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2014												2.45%
2015	5.17%	2.59%	0.33%	1.33%	-1.32%	-3.07%	1.26%	-5.52%	-1.44%	3.01%	-0.21%	-2.33%
2016	-0.26%	0.37%	2.69%	0.32%	1.44%	4.29%	3.13%	0.79%	-0.73%	-3.03%	-1.74%	3.96%
2017	-0.14%	4.01%	0.81%	1.89%	2.39%	-2.44%	1.73%	3.32%	-0.86%	4.05%	-0.02%	2.16%
2018	0.19%	-1.72%	1.08%	1.18%	2.07%	-0.01%	0.28%	0.62%	-0.48%	-4.01%	1.11%	-2.00%
2019	5.32%	1.12%	5.23%	1.24%	-0.56%	6.40%	2.64%	3.02%	-0.05%	-0.24%	0.28%	1.19%
2020	1.09%	-4.59%	-1.38%	0.63%	1.20%	1.48%	2.47%	1.20%	-1.19%	-1.45%	4.68%	1.73%
2021	-0.54%	-0.88%	1.17%	0.85%	2.33%	3.70%	5.26%	1.48%	-2.89%	2.19%	-1.42%	2.60%
2022	-4.09%	-0.73%	-0.41%	-4.04%	-0.08%	-6.29%	5.69%	-4.33%	-4.42%	1.64%	3.33%	-3.62%
2023	4.64%	-2.66%	2.95%	0.87%	-2.03%	3.53%	3.20%	-2.68%	-1.70%	-1.36%	3.90%	5.08%
2024	0.12%	2.09%										

Anexo 4: Retornos históricos mensuales del mercado de referencia en los últimos 10 años

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2014												0.94%
2015	0.39%	3.30%	-0.03%	0.40%	0.59%	-2.28%	1.89%	-4.10%	-1.89%	4.86%	0.40%	-1.39%
2016	-2.63%	-0.53%	3.54%	0.59%	1.24%	-0.04%	2.73%	0.25%	0.14%	-0.77%	0.93%	1.80%
2017	0.66%	2.21%	0.59%	0.99%	1.16%	-0.07%	1.02%	0.49%	1.23%	1.71%	1.03%	0.79%
2018	2.02%	-2.17%	-1.01%	1.04%	0.95%	0.32%	1.94%	0.96%	0.32%	-4.09%	0.92%	-4.09%
2019	4.84%	2.08%	1.73%	2.32%	-2.79%	4.16%	1.06%	-0.22%	1.25%	1.10%	1.87%	1.33%
2020	0.60%	-4.31%	-8.21%	6.99%	2.96%	1.63%	2.50%	3.48%	-1.57%	-1.82%	7.47%	2.25%
2021	-0.67%	0.97%	2.36%	2.55%	0.72%	1.59%	1.53%	1.53%	-2.57%	3.21%	-0.58%	2.26%
2022	-3.58%	-2.12%	1.02%	-5.15%	-0.18%	-5.21%	5.83%	-3.08%	-6.19%	4.18%	4.50%	-3.50%
2023	4.89%	-1.54%	2.43%	1.21%	-0.25%	3.43%	1.81%	-1.06%	-2.86%	-1.82%	6.43%	3.82%
2024	1.02%	2.52%										