



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
ICADE

EL PAPEL DE LA RENTA FIJA COMO HERRAMIENTA DE DIVERSIFICACIÓN EN EL MERCADO ACTUAL

Autor: Jose María Sánchez-Covisa López
Director: Ignacio Cervera Conte

MADRID | Marzo, 2026

RESUMEN

Este Trabajo de Fin de Grado investiga el papel de la Renta Fija como herramienta fundamental de diversificación en el régimen macroeconómico actual. Durante décadas, el modelo tradicional 60/40 confió en la correlación negativa entre acciones y bonos para proteger el capital. Sin embargo, este paradigma fue severamente cuestionado tras la crisis inflacionaria de 2022, que provocó pérdidas simultáneas en ambas clases de activos y marcó la transición desde la era de Política de Tipos de Interés Cero (ZIRP) hacia un entorno de tipos de interés positivos.

Para determinar si los bonos siguen siendo una herramienta útil, este estudio aplica un enfoque cuantitativo. Primero, mediante un análisis empírico de datos históricos (2007-2024), se examina la heterogeneidad de la renta fija frente a la renta variable en periodos de pánico. Segundo, para superar las limitaciones del *backtesting* tradicional, se desarrolla un modelo de simulación prospectivo (*forward-looking*) programado en Python. Este modelo evalúa el desempeño y optimiza las carteras bajo tres escenarios macroeconómicos: crecimiento, neutralidad y recesión.

Los resultados demuestran que no toda la renta fija sirve de refugio. Mientras que los bonos corporativos de alta rentabilidad (*High Yield*) exhiben una correlación positiva con la bolsa y fallan como diversificadores en momentos de estrés, la Renta Fija de alta calidad mantiene su eficacia. Específicamente, los Bonos del Tesoro de larga duración demuestran una capacidad única para generar "Crisis Alpha" ante shocks deflacionarios. El estudio concluye que la estrategia óptima es una asignación "Tri-Activo", combinando el motor de crecimiento accionario con un bloque defensivo que equilibra la estabilidad de los bonos agregados y la cobertura agresiva de la larga duración. Esta estructura logra preservar el capital, reducir el riesgo de cola y maximizar la eficiencia de la cartera en el nuevo paradigma financiero.

Palabras clave: Asignación de activos, Renta fija, Modelo 60/40, Simulación de escenarios, Diversificación, Optimización de carteras, Riesgo de cola.

ABSTRACT

This Undergraduate work investigates the role of Fixed Income as a fundamental diversification tool in the current macroeconomic regime. For decades, the traditional 60/40 model relied on the negative correlation between equities and bonds to protect capital. However, this paradigm was severely questioned following the 2022 inflationary crisis, which caused simultaneous losses in both asset classes and marked the transition from the Zero Interest Rate Policy (ZIRP) era to a positive interest rate environment.

To determine whether bonds remain a useful tool, this study applies a quantitative approach. First, through an empirical analysis of historical data (2007-2024), it examines the heterogeneity of fixed income versus equities during periods of market panic. Second, to overcome the limitations of traditional backtesting, a forward-looking simulation model programmed in Python is developed. This model evaluates performance and optimizes portfolios under three macroeconomic scenarios: growth, neutral, and recession.

The results demonstrate that not all fixed income acts as a safe haven. While High Yield corporate bonds exhibit a positive correlation with the stock market and fail as diversifiers during times of stress, high-quality Fixed Income maintains its effectiveness. Specifically, long-duration Treasury Bonds demonstrate a unique ability to generate "Crisis Alpha" during deflationary shocks. The study concludes that the optimal strategy is a "Tri-Asset" allocation, combining the equity growth engine with a defensive block that balances the stability of aggregate bonds and the aggressive hedging of long duration. This structure successfully preserves capital, reduces tail risk, and maximizes portfolio efficiency in the new financial paradigm.

Keywords: Asset allocation, Fixed income, 60/40 Model, Scenario simulation, Diversification, Portfolio optimization, Tail risk.

Contenido

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Contexto General: Cuestionando el <i>Status Quo</i>	8
1.2. Planteamiento del Problema	8
1.3. Objetivos	9
1.4. Metodología y Estructura.....	10
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	11
2.1. Fundamentos de la Asignación de Activos	11
2.2. La Dinámica de los Tipos de Interés y el Ciclo Económico	13
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS EMPÍRICO.....	16
3.1. Descripción de los Datos y Selección de Activos.....	16
3.2. Análisis de Rendimiento y Riesgo a Largo Plazo	16
3.3. La Ruptura Estructural: Análisis de Correlación	18
3.4. Comportamiento Durante las Grandes Crisis de Mercado	19
3.5. Conclusión del Análisis Empírico.....	23
CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE ESCENARIOS	25
4.1. Introducción	25
4.2. Universo de Activos y Criterios de Selección	25
4.3. Definición de Escenarios Macroeconómicos.....	26
4.4. Marco Matemático	29
CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN COMPARATIVA	31
5.1. Introducción	31
5.2. La Frontera Eficiente a través de los Regímenes (Análisis Visual).....	31

5.3. Análisis Comparativo de Estrategias de Cobertura.....	33
5.4. Ventajas y Compromisos (<i>Trade-offs</i>)	35
5.5. Conclusión de la Simulación	37
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES	38
6.1. Resumen de Hallazgos.....	38
6.2. Implicaciones Prácticas para los Inversores	38
6.3. Limitaciones del Estudio	39
6.4. Futuras Líneas de Investigación.....	39
6.5. Reflexión Final	40
Declaracion de IA.....	41
Bibliografía.....	43
Anexo	44
Anexo A – Código de Python	44
Anexo B – Prompts más significativos utilizados	53

ÍNDICE DE FIGURAS

- **Figura 3.2:** Desempeño Histórico (2007-2024) - Crecimiento de 100\$.
- **Figura 3.3:** La Ruptura de la Correlación - Renta Variable (SPY) vs. Bonos del Tesoro (TLT).
- **Figura 3.4a:** Análisis de Caídas (Drawdown) - Renta Variable vs. Bonos Agregados (2007-2024).
- **Figura 3.4b:** Análisis de Caídas (Drawdown) - Renta Variable vs. Bonos del Tesoro (2007-2024).
- **Figura 3.4c:** Análisis de Caídas (Drawdown) - Renta Variable vs. Bonos High Yield (2007-2024).
- **Figura 5.2:** Fronteras Eficientes según Régimen Macroeconómico.

ÍNDICE DE TABLAS

- **Tabla 3.2:** Estadísticas Descriptivas Anualizadas (2007-2024).
- **Tabla 3.4:** Comportamiento de Activos Durante Grandes Crisis de Mercado.
- **Tabla 4.3:** Asunciones de Entrada del Modelo de Simulación.
- **Tabla 5.4:** Resumen Comparativo de Estrategias de Cartera (Base vs. Stress Test).

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto General: Cuestionando el *Status Quo*

Durante décadas, la gestión de carteras, tanto en el ámbito institucional como en el privado, ha destacado un tipo de cartera sobre el resto: la diversificación a través del modelo 60/40 (60% renta variable, 40% renta fija). Esta estrategia, considerada la base de la Teoría Moderna de Carteras (MPT), partía de la premisa de que la renta fija no solo aportaba flujos de caja estables, sino que, al mismo tiempo, actuaba como una especie de defensa para cubrirse durante las turbulencias del mercado. La cartera funcionaba porque seguía la lógica de que cuando la renta variable caía por temores sobre el crecimiento económico, los bonos soberanos de alta calidad tendían a revalorizarse, amortiguando así la volatilidad global de la cartera mediante el efecto conocido como *flight-to-quality*.

Recientemente, el panorama financiero ha puesto en duda este paradigma. Tras una década marcada por la Política de Tipos de Interés Cero (ZIRP), que hizo que la rentabilidad esperada de los bonos fuese muy baja, el año 2022 supuso un punto de inflexión. El repunte inflacionario global hizo que los bancos centrales tuvieran que endurecer bruscamente su política monetaria, desencadenando un fenómeno que los modelos de riesgo tradicionales consideraban bastante improbable: que hubiera simultáneamente una caída en los mercados de renta variable y en los de renta fija.

Esta correlación positiva, escenario en el que ambas clases de activos generaron pérdidas al mismo tiempo, rompió la promesa que proporcionaba el modelo 60/40 de protección frente a crisis. Incluso grandes bancos de inversión, como Goldman Sachs, publicaron informes para sus clientes en 2022 cuestionando la viabilidad futura de la diversificación tradicional, llegando en algunos casos a declarar "la muerte de la cartera 60/40" como estándar de la industria (Goldman Sachs Asset Management, 2022).

1.2. Planteamiento del Problema

Esta ruptura del modelo tradicional y la evidencia de que, en la última década, en el que el índice S&P 500 ha superado sistemáticamente a las carteras diversificadas tanto en retorno total como en Ratio de Sharpe, hay que hacerse una clara pregunta para la asignación de activos moderna: ¿Sigue teniendo sentido matemático y estratégico mantener renta fija en cartera, o ha perdido esa defensa frente a crisis?

No es una pregunta sencilla, distintos documentos recientes, como la de Anarkulova et al. (2023, SSRN), sugiere que, para horizontes de inversión a largo plazo, una asignación del 100% en renta variable maximiza la riqueza final y el consumo durante la jubilación, superando a las estrategias que incluyen renta fija incluso teniendo en cuenta términos ajustados al riesgo. Si las acciones ofrecen retornos superiores y la renta fija ha fallado recientemente en su función diversificadora, el argumento para mantener bonos se debilita considerablemente.

Por otro lado, si se elimina la renta fija de la ecuación, probablemente se estén ignorando dos factores críticos que este trabajo pretende cubrir: la ciclicidad de la política monetaria y la gestión del riesgo de cola en horizontes temporales finitos. La tesis central de este estudio sostiene que juzgar a la renta fija únicamente por su rentabilidad durante un mercado alcista y un *shock* inflacionario único como fue el de 2022 supone un error al no tener en cuenta la historia. Entonces, el problema reside en determinar si, bajo el actual entorno de tipos de interés positivos, la renta fija puede recuperar su utilidad estratégica —no necesariamente como un activo para buscar crecimiento y revalorizaciones, sino como una herramienta de diversificación y preservación de capital en escenarios bajistas.

1.3. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es determinar si la Renta Fija puede seguir formando parte y es necesaria para una cartera diversificada en el régimen macroeconómico actual, que está caracterizado por tipos de interés relativamente altos.

Para alcanzar esta meta, voy a dividir el objetivo principal y determinar estos subobjetivos:

- **Analizar la heterogeneidad de la Renta Fija:** A diferencia de los enfoques tradicionales que tratan los bonos como un bloque igual en todas sus partes, en este estudio evaluaré tres tipos de bonos distintos. El Conservador (Tesoro Público), Agregado (*Aggregate*) y de Alto Rendimiento (*High Yield*), analizaré los distintos tipos y se intentará determinar cuál es el tipo específico de renta fija que ofrece más valor en el contexto actual.
- **Evaluar el cambio de régimen:** Analizar cómo la transición de un entorno de Política de Tipos de Interés Cero (ZIRP) a un entorno de tipos más elevados ha

afectado el entorno macro y con ello el perfil de riesgo-retorno y la correlación de los bonos con la renta variable.

- **Simular el comportamiento futuro:** A través de Python y mediante el desarrollo de un modelo basado en escenarios (Optimista, Base y Pesimista) intentaré verificar si la Renta Fija recupera su rol de "cobertura" o preservador de capital en una potencial recesión futura o si por el contrario, ha perdido ese papel que históricamente ha tenido. Mediante esta técnica nos podemos centrar en posibles escenarios futuros, superando las limitaciones del backtesting.

1.4. Metodología y Estructura

Este Trabajo de Fin de Grado tiene un enfoque cuantitativo, y se estructura en tres partes principales:

- **Marco Teórico (Capítulo 2):** Donde se llevará a cabo una revisión del estado del arte, analizando los fundamentos de la Teoría Moderna de Carteras, la mecánica de los tipos de interés y el debate académico reciente sobre la ruptura de la correlación de activos en 2022.
- **Análisis Empírico (Capítulo 3):** Un análisis estadístico descriptivo de datos históricos de mercado (2007-2024). Utilizando Python y datos de ETFs clave (SPY, TLT, AGG, HYG), esta sección cuantificará distintas métricas como son el retorno histórico, la volatilidad y la dinámica de correlación de los activos antes y después del *shock* inflacionario.
- **Modelización de Escenarios (Capítulos 4 y 5):** La aportación principal de este trabajo. Construiré un modelo de simulación para proyectar como lo hace la cartera bajo tres escenarios macroeconómicos distintos. De esta manera se podrá realizar un análisis de sensibilidad con el fin de determinar cuál es la asignación de activos óptima que maximice la eficiencia (Ratio de Sharpe) teniendo en cuenta también el riesgo de caída (*drawdown*) en un futuro.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentos de la Asignación de Activos

La asignación de activos (*asset allocation*) está definida como la implementación de una estrategia de inversión que busca equilibrar la rentabilidad y el riesgo ajustando el peso de que se tiene de cada activo en la cartera. Esta práctica es ampliamente considerada como el determinante más importante del resultado de la inversión a largo plazo. La investigación de Brinson, Hood y Beebower (1986) demostró que aproximadamente el 90% de la variabilidad de los retornos de una cartera a lo largo del tiempo se explica por la política de asignación de activos, y factores como son la selección de valores individuales (*security selection*) o el momento de entrada y salida del mercado (*market timing*) pasan a un segundo plano. (Brinson et al., 1986).

Para comprender el debate actual sobre la viabilidad de la Renta Fija, es fundamental echar la vista atrás y analizar porque la Renta Fija ha tenido siempre este papel tan fundamental en las carteras a lo largo de la historia.

2.1.1. La Teoría Moderna de Carteras (MPT) y la Frontera Eficiente

El marco teórico de este estudio se fundamenta en la Teoría Moderna de Carteras (MPT), introducida por Harry Markowitz en su artículo galardonado con el Premio Nobel, "Portfolio Selection" (Markowitz, 1952). Lo que hizo este autor fue demostrar matemáticamente que existe la posibilidad para un inversor de construir una cartera con distintos activos que o bien maximice los retornos para un nivel dado de riesgo o minimice el riesgo para un nivel deseado de retorno.

El argumento central de la MPT sostiene que el riesgo de un activo individual no debe analizarse de forma aislada, sino que hay que tener en cuenta su contribución a la varianza global de la cartera. Esto viene determinado por lo relacionados que están los activos entre sí y se suele cuantificar mediante la covarianza o el coeficiente de correlación.

La lógica matemática se basa en que combinar activos con correlación imperfecta, es decir, menor que uno, reduce la volatilidad total de la cartera, esto es lo que Harry Markowitz llamó el 'único almuerzo gratis' de las finanzas.". El resultado de esto es la frontera eficiente que está compuesta por el conjunto de carteras óptimas que ofrecen el mayor retorno esperado para un nivel definido de riesgo.

Entonces, la inclusión de Renta Fija en una cartera dominada por Renta Variable no tiene como fin principal aumentar el retorno absoluto. Su verdadero objetivo es desplazar la cartera hacia la frontera eficiente, mejorando el Ratio de Sharpe.

2.1.2. El Rol Histórico de la Renta Fija: Diversificación y "*Flight-to-Quality*"

Si miramos al pasado, la Renta Fija de primer nivel (como los bonos del Tesoro de EE. UU.) no estaba en las carteras solo para generar rentas a través del cupón. Su valor real iba más allá del *carry*, funcionaba como un seguro estratégico. La idea era que, además de estabilizar el retorno con flujos de caja, estos activos sirvieran de amortiguador o cobertura en los momentos de pánico bursátil, preservando el capital del inversor.

Esta segunda idea depende en gran medida de la correlación que haya en ese momento. Durante la mayor parte del periodo comprendido entre 2000 y 2021, la correlación entre las acciones estadounidenses (S&P 500) y los bonos del Tesoro fue consistentemente negativa. Algo que influye en esta dinámica es el famoso *Flight-to-Quality* que explica que, durante periodos de estrés económico o pánico geopolítico, los inversores venden activos de riesgo (acciones) y buscan refugio en bonos soberanos, esto hace que se impulse al alza el precio de los bonos mientras las acciones caen.

Esta correlación negativa ha permitido históricamente a la Renta Fija actuar como un amortiguador en periodos de recesión. Incluso en periodos donde los rendimientos de los bonos eran bajos, su función de elemento diversificador justificaba su asignación en carteras eficientes.

2.1.3. El Modelo 60/40: El Estándar de la Industria

Toda esta teoría aterrizó en el mundo real bajo el formato de la cartera 60/40. Con el tiempo, esta distribución se consolidó como el estándar indiscutible de la industria, sirviendo de referencia tanto para fondos de pensiones como para cualquier inversor de perfil moderado

La lógica detrás del modelo 60/40 se basa en que el componente del 60% de renta variable impulsa la apreciación de capital a largo plazo (crecimiento), mientras que el 40% de renta fija aporta estabilidad y liquidez durante los mercados bajistas, y a su vez reduce la caída máxima (*drawdown*) de la cartera. El éxito que ha tenido este modelo durante las últimas cuatro décadas estuvo respaldado en parte por una bajada relativamente constante de los tipos de interés (un mercado alcista para los bonos). Otra razón fundamental para

entender el éxito de la cartera es por la ya mencionada correlación negativa, que permitió a los inversores protegerse durante crisis mayores como la burbuja de las *Dot-com* (2000) y la Gran Crisis Financiera (2008).

2.2. La Dinámica de los Tipos de Interés y el Ciclo Económico

Si bien la Teoría Moderna de Carteras proporciona una especie de guía para la asignación de activos, los tipos de interés son fuerza fundamental que determina las valoraciones, tanto de bonos como de acciones. Una analogía que ha empleado Howard Marks (Marks, 2022) y que explica muy bien la relación entre los tipos y los precios es que los tipos de interés son a los precios de los activos lo que la gravedad es a la materia: a tipos más altos, la atracción gravitatoria es más fuerte, comprimiendo las valoraciones de forma generalizada. Por tanto, comprender la mecánica de la renta fija resulta imposible sin analizar el rol de la política monetaria y el ciclo económico.

2.2.1. La Relación Precio-TIR y el Riesgo de Duración

Para entender el mercado de bonos, hay que entender la relación inversa entre precio y rentabilidad (TIR). Cuando los tipos de interés suben, el precio de los bonos existentes cae, y viceversa. Esto ocurre porque los nuevos bonos ofrecen cupones más altos, haciendo que los bonos existentes con cupones inferiores sean menos atractivos, para compensar esta diferencia el precio de los bonos tiene que bajar hasta un nivel donde su Rendimiento al Vencimiento (YTM) iguale la tasa de mercado.

Para cuantificar esta sensibilidad, utilizaré el concepto de Duración Modificada. Esta duración mide el cambio porcentual en el precio de un bono cuando ocurre un cambio del 1% en los tipos de interés.

Una parte fundamental para entender este trabajo conlleva comprender el concepto de la duración ya que es crítico para explicar las pérdidas de 2022. El tramo "Conservador" de nuestro análisis (representado por el ETF TLT) que replica el comportamiento de los Bonos del Tesoro a más de 20 años, suele tener una duración elevada (aproximadamente 16-17 años). Esto hace que estos bonos sean muy volátiles frente a cambios en los tipos e implica que un aumento del 1% en los tipos podría teóricamente causar una caída de precio de casi el 17%. Esta sensibilidad estructural explica por qué las agresivas subidas

de tipos de la Reserva Federal causaron pérdidas de doble dígito en lo que históricamente se consideraba la parte "libre de riesgo" de la cartera.

Es importante entender que esta relación es simétrica y en un escenario donde los tipos caigan, como una recesión, los bonos de alta duración ofrecen el mayor potencial de apreciación de capital. De esta manera se convierten en la cobertura más efectiva contra las caídas de la renta variable.

2.2.2. Política Monetaria y Comportamiento de Activos a través de los Ciclos

El comportamiento de los activos está condicionado por la política monetaria de la Reserva Federal, la cual suele reaccionar al ciclo económico que está dividido en cuatro fases estándar: Inicio de Ciclo, Mitad de Ciclo, Final de Ciclo y Recesión. Para los propósitos de modelización de este estudio, podemos categorizarlas en dos regímenes principales basados en el comportamiento de la Fed

Todo comienza habitualmente con una fase de expansión económica. En este periodo, la actividad crece y las empresas aumentan sus beneficios, lo que impulsa al alza a la Renta Variable. Sin embargo, a medida que la economía se acerca a su plena capacidad, suelen aparecer presiones inflacionistas. Para enfriar la demanda y controlar los precios, el Banco Central responde subiendo los tipos de interés. En este entorno de tipos al alza, la Renta Fija suele tener un peor rendimiento, ya que, por la mecánica de la duración que hemos visto antes, las subidas de tipos hacen caer el precio de los bonos.

Posteriormente, cuando esa política restrictiva termina frenando la economía, entramos en una fase contractiva o recesiva. Aquí la dinámica se invierte por completo. La actividad se desacelera y los beneficios empresariales caen, lo que provoca correcciones en la Renta Variable. Ante esta situación, el Banco Central pivota hacia una postura de ayuda y empieza a recortar los tipos de interés para estimular de nuevo el crecimiento. Es justo en este momento cuando la Renta Fija supera al mercado: la bajada de tipos provoca una revalorización en el precio de los bonos, permitiendo que actúen como refugio y compensen las pérdidas que sufre la parte de acciones de la cartera.

La ruptura del modelo 60/40 en 2022 fue una anomalía porque combinó una economía en desaceleración con alta inflación (temores de estanflación), forzando a la Fed a subir tipos en plena desaceleración.

2.2.3. La Curva de Tipos Invertida como Indicador de Recesión

Un indicador macroeconómico clave para este análisis es la pendiente de la curva de tipos, medida como el diferencial (*spread*) entre el rendimiento del Tesoro a 10 años y el de 2 años ($10Y - 2Y$).

En un entorno económico normal, sin previsiones extrañas en el futuro los inversores a largo plazo exigen mayores rendimientos por bloquear su capital durante periodos más largos, lo que resulta en una curva que tiene pendiente positiva. Una Curva de Tipos Invertida ocurre cuando los rendimientos a corto plazo superan a los de largo plazo. Este fenómeno implica que los participantes del mercado esperan que los tipos de interés sean más bajos en el futuro de lo que son hoy.

Económicamente, una inversión se suele interpretar como una señal de que la política monetaria restrictiva que se utiliza para combatir la inflación se espera que desacelere el crecimiento, forzando eventualmente al Banco Central a recortar tipos. Históricamente, una inversión sostenida de la curva de tipos ha sido un indicador adelantado fiable, precediendo a menudo a las recesiones económicas entre 6 y 18 meses. (Fabozzi, 2012) La curva de tipos de EE. UU. experimentó una inversión significativa durante el periodo 2022-2023, y llegó a unos niveles que no se veían desde principios de la década de 1980.

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS EMPÍRICO

En este capítulo voy a llevar a cabo un análisis descriptivo del comportamiento histórico de las clases de activos seleccionadas para este estudio. Los datos de mercado van desde mayo de 2007 hasta diciembre de 2024. Además, en esta sección se intentará cuantificar la "brecha de rendimiento" entre la Renta Variable y la Renta Fija.

3.1. Descripción de los Datos y Selección de Activos

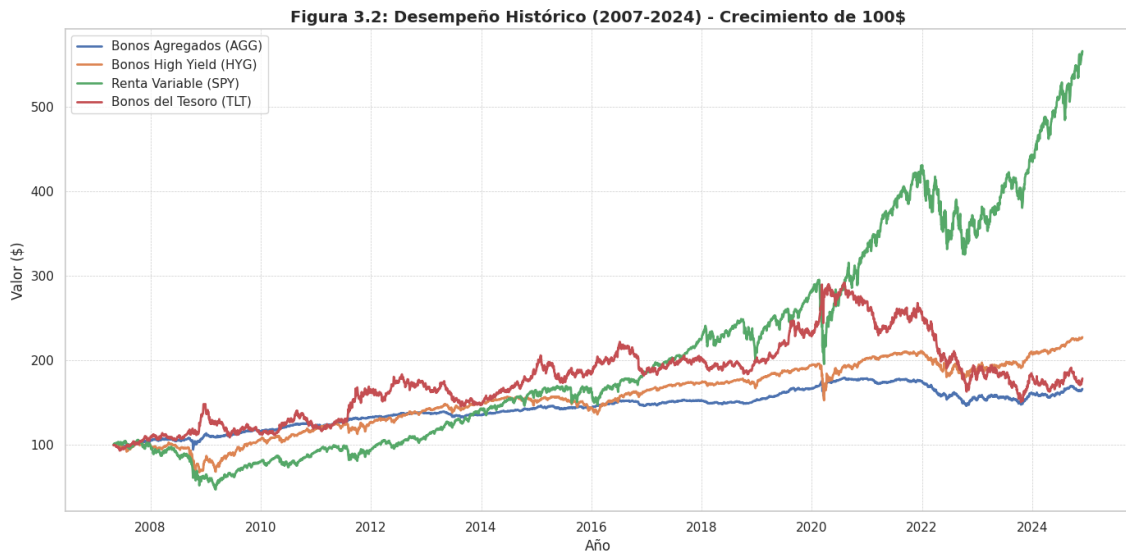
Para este estudio queremos utilizar activos que se puedan invertir en la vida real en lugar de índices teóricos, por esta razón vamos a utilizar Fondos Cotizados (ETFs) de alta liquidez como *proxies* para cada clase de activo. El periodo de la muestra (2007-2024) se seleccionó para abarcar tres regímenes de mercado distintos: la Gran Crisis Financiera (2008), la era de la "Política de Tipos de Interés Cero" (ZIRP) y el reciente *shock* inflacionario (2022).

Los *proxies* seleccionados son:

- **Renta Variable (Activo de Riesgo):** *SPDR S&P 500 ETF Trust (SPY)*. Representa el mercado de renta variable estadounidense.
- **Renta Fija Conservadora:** *iShares 20+ Year Treasury Bond ETF (TLT)*. Representa bonos soberanos libres de riesgo de larga duración (alta sensibilidad a los tipos de interés).
- **Renta Fija Agregada:** *iShares Core U.S. Aggregate Bond ETF (AGG)*. Representa el mercado general de bonos de grado de inversión (*investment grade*).
- **Renta Fija High Yield:** *iShares iBoxx \$ High Yield Corp Bond ETF (HYG)*. Representa bonos corporativos con calificaciones crediticias más bajas (riesgo de crédito).

3.2. Análisis de Rendimiento y Riesgo a Largo Plazo

El retorno acumulado de estos activos durante los últimos 17 años ilustra el dominio de la prima de la renta variable en el entorno monetario posterior a 2008. Tal y como se muestra en la Figura 3.2, el S&P 500 (SPY) superó significativamente a todas las categorías de renta fija en términos de retorno total.



Fuente: Elaboración propia utilizando Python y datos de mercado de Yahoo Finance.

No obstante, el retorno total cuenta solo la mitad de la historia. En la Tabla 3.2 se presenta un análisis más profundo de los retornos ajustados al riesgo.

Tabla 3.2: Estadísticas Descriptivas (Anualizadas 2007-2024)

Ticker	Clase de Activo	Retorno Ann.	Volatilidad Ann.	Ratio de Sharpe
SPY	US Equities	11.85%	19.92%	0.49
HYG	High Yield Bonds	5.31%	11.27%	0.29
TLT	Long Treasuries	4.50%	15.47%	0.16
AGG	Aggregate Bonds	3.05%	5.49%	0.19

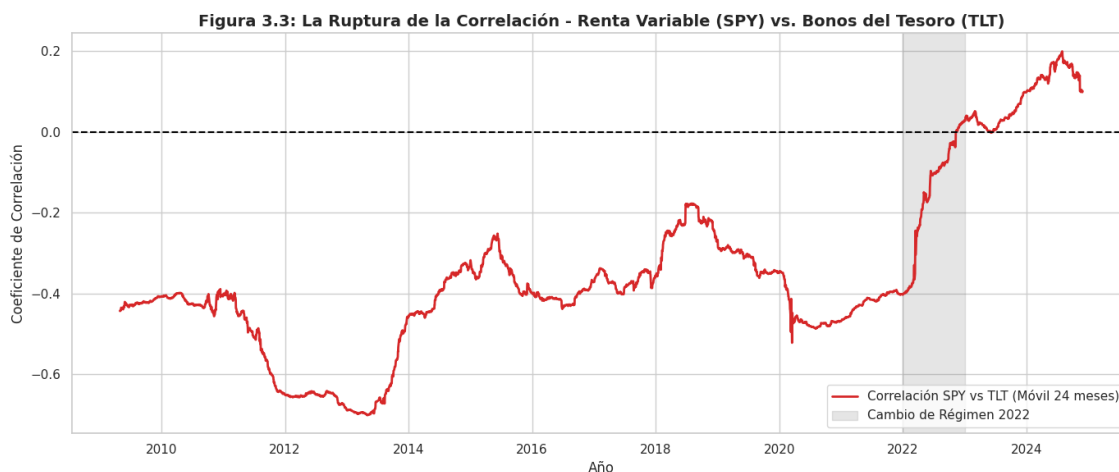
Fuente: Cálculos propios basados en datos de Yahoo Finance.

Los datos de la Tabla 3.2 revelan dos hallazgos que desafían bastante las asunciones tradicionales. En primer lugar, se observa una clara brecha de eficiencia. El S&P 500 logró el mayor Ratio de Sharpe (0.49), lo que confirma que, para esta ventana histórica específica, asumir riesgo de renta variable fue el uso más eficiente del capital. Por el contrario, los Bonos del Tesoro a Largo Plazo (TLT) ofrecieron la menor eficiencia (0.16), lo que sugiere que el riesgo de duración estuvo mal remunerado durante la era de tipos cero.

Además, aparece una anomalía en la volatilidad que resulta bastante contraintuitiva. Aunque teóricamente los Bonos del Tesoro (TLT) son activos "conservadores", exhibieron una volatilidad del 15.47%, superior incluso a la de los bonos High Yield o de "Alto Riesgo" (11.27%). La explicación de este fenómeno reside en el Riesgo de Duración: el TLT mantiene activos con vencimientos superiores a 20 años, lo que lo hace hipersensible a los cambios en los tipos de interés, mientras que el HYG mantiene deuda de vencimiento intermedio. Esto demuestra que, en el régimen reciente, el riesgo de tipos de interés ha sido más volátil que el riesgo de crédito.

3.3. La Ruptura Estructural: Análisis de Correlación

Si bien unos retornos inferiores pueden ser aceptables si un activo proporciona diversificación, la evidencia empírica muestra que la Renta Fija falló en esta función durante el contexto específico de 2022. La Figura 3.3 representa la correlación móvil (*rolling correlation*) de 24 meses entre la Renta Variable (SPY) y los Bonos del Tesoro a Largo Plazo (TLT).



Fuente: Elaboración propia utilizando Python y datos de mercado de Yahoo Finance.

El gráfico indica la evolución de los regímenes de mercado. Durante la era del "*Flight-to-Quality*" (2010-2021), la correlación se mantuvo profundamente negativa (promediando entre -0.4 y -0.6), lo que significa que los bonos actuaron como una gran cobertura. Sin embargo, en 2022 (área sombreada en gris), la correlación se disparó

verticalmente, cruzando cero y volviéndose positiva. Esto confirma la tesis de que la inflación anuló los beneficios de diversificación del modelo 60/40.

3.4. Comportamiento Durante las Grandes Crisis de Mercado

Hasta este punto, el análisis empírico ha presentado una imagen mixta para la Renta Fija, destacada por retornos medios inferiores a los de la Renta Variable y una reciente ruptura en la correlación. Si un inversor construyera una estrategia de asignación de activos basándose únicamente en las métricas promedio presentadas en la Sección 3.2, la conclusión lógica, aunque muy arriesgada, podría llegar a ser abandonar los bonos por completo en favor de un enfoque 100% renta variable.

Hay que tener en cuenta que simplemente analizar la rentabilidad y confiar en los promedios calculados de un periodo relativamente corto de tiempo es insuficiente e intrínsecamente peligroso en la gestión de carteras. Al mismo tiempo es fundamental recordar que los bonos no están diseñados para superar al mercado de valores durante un mercado alcista; su función estratégica es evitar que el inversor capitule durante un colapso del mercado. Para evaluar verdaderamente la utilidad de esta clase de activo, debemos mirar más allá de la mediana y centrarnos exclusivamente en las "colas" de la distribución: los periodos de estrés extremo del mercado donde la ruina de la cartera se convierte en un riesgo tangible.

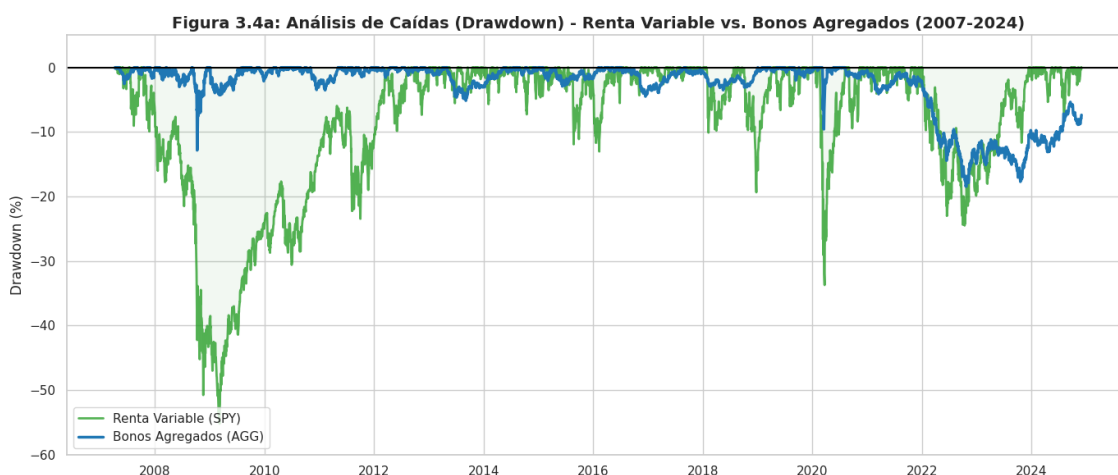
El siguiente análisis explica el comportamiento de cada clase de activo de Renta Fija durante los tres grandes eventos de "cisne negro" del periodo: la Gran Crisis Financiera (2008), la Crisis de Liquidez del COVID-19 (2020) y el *Shock* Inflacionario (2022). Como se resume en la Tabla 3.4, la dispersión del comportamiento durante estos momentos es masiva, demostrando que no todos los bonos son iguales cuando el pánico se apodera del mercado.

Tabla 3.4: Comportamiento de Activos Durante Grandes Crisis de Mercado (Retorno Total)

Crisis	Periodo	SPY (Acciones)	TLT (Tesoro)	AGG (Agregados)	HYG (High Yield)
Burbuja inmobiliaria	Oct 2007 - Mar 2009	-55.19%	+25.07%	+7.39%	-32.87%
COVID	Feb 2020 - Mar 2020	-33.72%	+14.23%	-1.34%	-21.90%
Inflación	Jan 2022 - Oct 2022	-24.27%	-30.59%	-15.11%	-14.65%

3.4.1. Bonos Agregados (AGG): El Ancla de Estabilidad

La Figura 3.4a ilustra el perfil de caídas (*drawdown profile*) del mercado general de bonos de grado de inversión (AGG) frente a la Renta Variable.



Fuente: Elaboración propia utilizando Python y datos de mercado de Yahoo Finance.

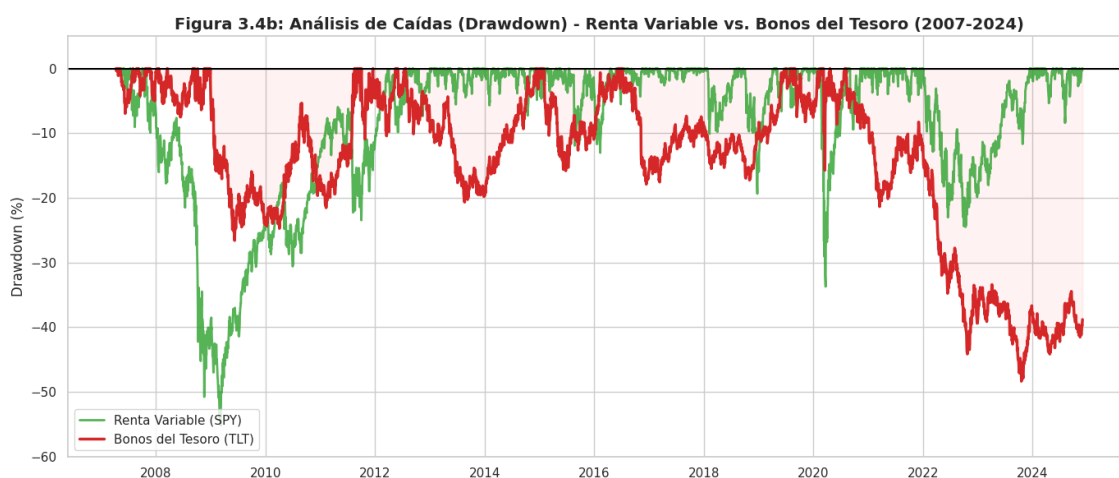
Este gráfico revela la utilidad fundamental de los Bonos Agregados, que pueden describirse como el estabilizador de la cartera. Históricamente, esta clase de activo ha demostrado una capacidad notable para mantenerse resiliente cuando los activos de riesgo colapsan. Durante la Gran Crisis Financiera de 2008, considerada ampliamente como el evento de destrucción de riqueza más devastador de la historia moderna, el S&P 500 borró un -55.19% de su valor. En este entorno de miedo sistémico, el índice de Bonos Agregados no se limitó a preservar el capital, sino que generó un retorno positivo del +7.39%. Esta divergencia es crítica: para un inversor con una cartera diversificada, la

estabilidad del componente AGG redujo significativamente la caída global, evitando la decisión emocional de vender acciones en el peor momento.

Incluso durante el *crash* del COVID-19 en marzo de 2020, caracterizado por una congelación repentina de la liquidez donde prácticamente todas las clases de activos se vendieron para obtener efectivo, los Bonos Agregados se mantuvieron firmes con un declive insignificante del -1.34%, en comparación con el desplome del -33.72% de la Renta Variable. Si bien el AGG nunca ofrecerá el potencial de apreciación masiva de las acciones, estos datos demuestran que ofrece a la cartera una protección contra el riesgo de caída, proporcionando la estabilidad psicológica y matemática necesaria para que los inversores conservadores permanezcan invertidos y cómodos en todo tipo de escenarios.

3.4.2. Tesoro a Largo Plazo (TLT): La Cobertura Agresiva

La Figura 3.4b destaca la propiedad única de los bonos soberanos de larga duración: la capacidad de generar "*Crisis Alpha*", es decir, retornos positivos masivos precisamente cuando los activos de riesgo se desploman.



Fuente: Elaboración propia utilizando Python y datos de mercado de Yahoo Finance.

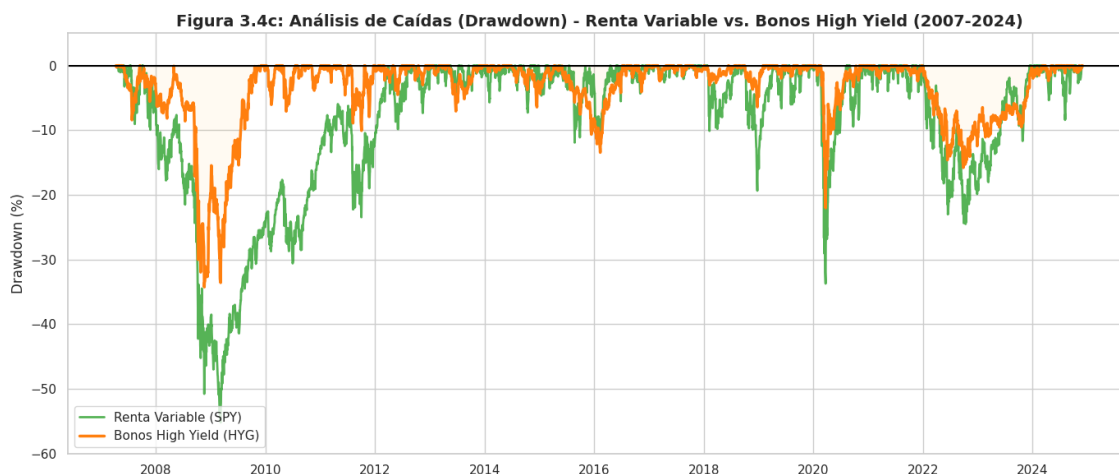
El comportamiento de los Bonos del Tesoro a Largo Plazo (TLT) durante los choques deflacionarios actúa casi como una imagen contraria de la Renta Variable, en la mayoría de casos suele tener un comportamiento contrario al del SP500. En 2008, mientras el sistema bancario global se tambaleaba al borde del colapso y las acciones perdían la mitad de su valor, los inversores huyeron hacia la seguridad de la deuda pública estadounidense. Esta demanda masiva, sumada a la caída de los tipos de interés, hizo que el TLT ofreciera un impresionante retorno del +25.07%. Una dinámica similar ocurrió durante el pánico

del COVID-19 a principios de 2020; en medio de la incertidumbre global, el TLT repuntó un +14.23%. En estos escenarios, mantener Bonos del Tesoro no fue solo un movimiento defensivo; fue la única clase de activo capaz de generar beneficios significativos para compensar las pérdidas de las acciones.

Sin embargo, el lado derecho del gráfico ilustra la vulnerabilidad específica de este activo. El mercado bajista de 2022 representó un cambio de régimen fundamental. A diferencia de las crisis anteriores impulsadas por temores sobre el crecimiento (deflacionarias), esta crisis fue impulsada por una inflación persistente. En este entorno, la correlación negativa se rompió. A medida que la Reserva Federal subía los tipos agresivamente para combatir la inflación, la elevada duración del TLT (aprox. 17 años) jugó en su contra, provocando un desplome de precios del -30.59%, una pérdida incluso más profunda que la del S&P 500 (-24.27%). Esto confirma que, si bien el TLT es la cobertura más potente disponible contra una recesión, es estructuralmente vulnerable a la estanflación.

3.4.3. High Yield (HYG): El Falso Diversificador

Finalmente, la Figura 3.4c sirve como una advertencia necesaria contra el tratamiento del mercado de Renta Fija sin diferenciar clases.



Fuente: Elaboración propia utilizando Python y datos de mercado de Yahoo Finance.

Una inspección visual del perfil de *drawdown* del High Yield (HYG) confirma que no ofrece diversificación estructural durante periodos de estrés de mercado. A diferencia de los Bonos del Tesoro, los bonos de Alto Rendimiento exhiben una fuerte correlación positiva con la Renta Variable durante los *crashes*. Esto se debe a que los "bonos basura" conllevan un riesgo de crédito significativo; durante una recesión, el mercado teme

quiebras corporativas, provocando que los diferenciales (*spreads*) se amplíen y los precios caigan.

Esta correlación es evidente en los datos: durante la crisis de 2008, el HYG falló en proteger el capital, cayendo un -32.87%, y en el *crash* del COVID, descendió un -21.90%. En ambas instancias, se movió en la misma dirección que el mercado de valores. Por tanto, aunque el *High Yield* ofrece una generación de rentas atractiva durante periodos expansivos de calma, la evidencia empírica concluye que se comporta como un "*Equity-lite*" (renta variable descafeinada) durante las recesiones. Confiar en él para protección es un error estratégico, ya que expone al inversor al riesgo de caída sin el potencial alcista ilimitado de las acciones.

3.5. Conclusión del Análisis Empírico

La evidencia histórica conduce a dos conclusiones fundamentales que definen la metodología de esta tesis.

En primer lugar, la capacidad de cobertura de la Renta Fija de Alta Calidad (TLT y AGG) es estructuralmente robusta. Aunque la muestra de datos específica de este estudio (2007-2024) muestra protección en 2008 y 2020, un análisis histórico más amplio confirma que esta es la norma, no una coincidencia. Investigaciones de Dimensional Fund Advisors (2023) indican que las caídas simultáneas en Acciones y Bonos, como la experimentada en 2022, son estadísticamente raras, ocurriendo en menos del 10% de los años naturales desde 1926. En consecuencia, el fallo de 2022 debe interpretarse como una anomalía específica del régimen impulsada por un *shock* inflacionario sin precedentes, en lugar de como una invalidación permanente de la utilidad defensiva de la Renta Fija.

En segundo lugar, el análisis del *High Yield* (HYG) demuestra que fracasa en su función de cobertura. Los datos prueban que, en cada gran caída de la renta variable, los bonos de Alto Rendimiento exhibieron una correlación positiva, cayendo junto con las acciones. Dado que no ofrecen protección estructural cuando más se necesita, el *High Yield* será excluido del modelo de simulación.

En los próximos capítulos el estudio se centrará exclusivamente en la interacción entre la Renta Variable y la Renta Fija de Alta Calidad (TLT y AGG). Puesto que la utilidad futura de los bonos depende enteramente de si la próxima crisis se asemeja a la "norma histórica"

(Recesión) o a la "anomalía" (Inflación), un simple promedio resulta insuficiente. Esto hace necesario el desarrollo del Modelo de Simulación basado en escenarios detallado en el Capítulo 4.

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE ESCENARIOS

4.1. Introducción

Como hemos visto en el Capítulo 3, el comportamiento de los activos cambia radicalmente según el entorno económico. Por esta razón, en este trabajo he decidido descartar el backtesting histórico tradicional para proyectar los retornos futuros.

El problema de los backtests es que parten de la premisa de que el futuro será igual que el pasado. Sin embargo, dado el cambio estructural que hemos vivido —pasando de tipos cero (ZIRP) a tipos positivos—, fiarse de los promedios históricos puede llevarnos a conclusiones erróneas.

En su lugar, he optado por un Modelo de Simulación Basado en Escenarios. Este enfoque mira hacia el futuro (forward-looking) y nos permite evaluar qué tal resisten las carteras ante condiciones macroeconómicas concretas. La metodología sigue la lógica de las pruebas de estrés (stress-testing) que usan los gestores institucionales para medir riesgos extremos (J.P. Morgan Asset Management, 2024). Toda la simulación se ha programado en Python y el código está disponible en el Apéndice A.

4.2. Universo de Activos y Criterios de Selección

Basándonos en los hallazgos empíricos del Capítulo 3, se aplica un filtro estratégico al universo de activos para el modelo de simulación.

4.2.1. Exclusión del *High Yield* (HYG)

Aunque los bonos *High Yield* fueron analizados en la sección empírica, quedan excluidos del modelo de simulación. La evidencia en la Sección 3.4 demuestra que el *High Yield* exhibe una alta correlación positiva con la Renta Variable durante periodos de estrés de mercado. Dado que el objetivo principal de esta simulación es construir una cartera resiliente al riesgo de recesión, un activo que se comporta como "*Equity-lite*" (renta variable descafeinada) durante los *crashes* añade ruido innecesario sin aportar beneficios estructurales de cobertura.

4.2.2. Activos Seleccionados

La simulación se centra exclusivamente en la interacción entre el motor de crecimiento (Renta Variable) y la Renta Fija de Alta Calidad. Se han seleccionado estos ETFs

específicos (SPY, AGG, TLT) porque son los *proxies* estándar utilizados por la industria institucional, caracterizados por una altísima liquidez, bajos costes de gestión y un *tracking error* mínimo frente a sus índices de referencia, lo que los hace ideales para una simulación realista:

- **SPDR S&P 500 ETF (SPY):** Proxy para Activos de Riesgo / Crecimiento. Representa la renta variable de gran capitalización de EE. UU.
- **iShares Core U.S. Aggregate Bond (AGG):** Proxy para Estabilidad / Duración Moderada. A lo largo del trabajo nos referimos al "bono agregado" como aquel activo que replica el mercado general de renta fija de grado de inversión (*investment grade*) de EE. UU. Este índice combina bonos del Tesoro, deuda corporativa de alta calidad y valores respaldados por hipotecas (MBS), ofreciendo una duración intermedia y actuando como el principal diversificador "base" del mercado de bonos.
- **iShares 20+ Year Treasury Bond (TLT):** Proxy para Cobertura / "Crisis Alpha". Representa exclusivamente deuda soberana estadounidense de alta duración, actuando como refugio en momentos de pánico extremo

4.3. Definición de Escenarios Macroeconómicos

Para cubrir el rango de resultados probables durante el próximo ciclo de inversión (5 años), se han definido tres regímenes distintos. Las asunciones del modelo respecto a Retornos Esperados y Volatilidad se derivan de una composición de los niveles actuales de rendimiento y las asunciones de mercado de capitales a largo plazo (BlackRock Investment Institute, 2023, 2026; J.P. Morgan Asset Management, 2024).

La Tabla 4.3 resume las variables de entrada específicas utilizadas en el modelo.

Tabla 4.3: Asunciones de Entrada del Modelo

Métrica	Optimista (Crecimiento)	Base (Neutral)	Pesimista (Recesión)
Rendimiento Acciones (SPY)	+15.0%	+10.0%	-15.0%
Volatilidad Acciones	12.0%	15.0%	25.0%
Rendimiento Bonos Agregados (AGG)	+4.0%	+5.0%	+6.0%
Rendimiento Bonos del Tesoro (TLT)	+2.0%	+6.0%	+15.0%
Volatilidad Renta Fija	5.0%	6.0%	12.0%
Correlación (Acciones/Bonos)	0.00	0.10	-0.50

Fuente: Elaboración propia basada en proyecciones de mercado.

4.3.1 Justificación de los Escenarios y Parámetros del Modelo

Para garantizar el rigor metodológico del modelo, los parámetros de entrada (rentabilidad esperada, volatilidad y correlación) constituyen una síntesis entre los promedios empíricos históricos y las proyecciones prospectivas (*Capital Market Assumptions*) publicadas por gestoras institucionales de primer nivel (BlackRock Investment Institute, 2026; J.P. Morgan Asset Management, 2024).

A continuación, se detalla la justificación financiera de cada uno de los tres regímenes macroeconómicos modelizados:

- **Escenario Base (Neutral / "Tipos Altos por más Tiempo"):** Representa la asunción central del estudio. Asume un entorno de crecimiento económico moderado donde la inflación se mantiene algo pegajosa, obligando a los bancos centrales a mantener los tipos de interés en niveles históricamente normalizados (aprox. 4-5%).

- **Rentabilidad y Volatilidad:** Se proyecta un retorno para la Renta Variable (SPY) del +10% con una volatilidad del 15%, cifras que se alinean con la prima de riesgo histórica y las previsiones a largo plazo (J.P. Morgan Asset Management, 2024; BlackRock Investment Institute, 2026). Por su parte, la Renta Fija (AGG y TLT) ofrece retornos sólidos (+5% y +6%) gracias a la restitución del *carry*, reflejando lo que Marks (2022) denomina un "cambio de paradigma" donde los bonos vuelven a generar rentas reales.
- **Correlación (0.10):** De forma crítica, se asume una correlación ligeramente positiva. Tal y como advierten informes recientes (Goldman Sachs Asset Management, 2022), en regímenes donde la política monetaria es restrictiva para vigilar la inflación, la correlación negativa estructural tiende a desaparecer.
- **Escenario Optimista (Crecimiento / Aterrizaje Suave):** Modeliza un ciclo expansivo robusto con la inflación bajo control, permitiendo una expansión de los márgenes empresariales.
 - **Rentabilidad y Volatilidad:** El retorno proyectado del +15% para la Renta Variable (SPY) no es una estimación arbitraria, sino que refleja empíricamente el rendimiento del último gran ciclo de expansión estructural. Históricamente, la rentabilidad anualizada del S&P 500 durante el mercado alcista que abarcó desde 2010 hasta el cierre de 2021 se situó rozando el 14.8%. Utilizar este +15% permite modelizar un "Aterrizaje Suave" donde la economía retoma una senda de crecimiento robusto equivalente a la de la última década expansiva. Se le asigna una volatilidad reprimida (12%) coherente con un entorno de alta confianza institucional (BlackRock Investment Institute, 2023). En contraste, la alta duración (TLT) apenas aporta un +2%, ya que un crecimiento fuerte empuja la curva de tipos y penaliza los vencimientos largos.
 - **Correlación (0.00):** Se asume una desconexión total, ya que el apetito por el riesgo es el único motor del mercado.
- **Escenario Pesimista (Recesión / Aterrizaje Forzoso):** Representa un shock deflacionario severo provocado por el agotamiento del ciclo económico.

- **Rentabilidad y Volatilidad:** La Renta Variable sufre un *Drawdown* del -15% y la volatilidad se dispara hasta el 25%. Para estimar este -15% se han excluido intencionadamente eventos extremos o de "cisne negro" (como el colapso de 2008 o la crisis del COVID-19 en 2020) para no sobredimensionar el modelo. En su lugar, el dato se apoya en el comportamiento histórico durante correcciones severas y recesiones moderadas, como las vividas en 1990, 2011 o a finales de 2018, cuyas caídas se situaron en la franja del 10% al 20%. En base a esto, asumimos un escenario de estrés conservador y realista del -15%. Por su parte, la asunción de una volatilidad del 25% refleja el comportamiento del índice VIX durante estas fases de contracción, alineándose con las proyecciones institucionales (J.P. Morgan Asset Management, 2024).
- **El "Crisis Alpha" de la Renta Fija:** Siguiendo los principios matemáticos de sensibilidad al precio de los bonos (Fabozzi, 2012), la caída de rendimientos dispara el precio de los bonos de alta duración (asignando un +15% empírico al TLT).
- **Correlación (-0.50):** El modelo recupera la fuerte correlación negativa característica del *Flight-to-Quality*, permitiendo que la Renta Fija actúe como un estabilizador matemático (Dimensional Fund Advisors, 2023).

4.4. Marco Matemático

La simulación emplea principios de Optimización de Media-Varianza para calcular las métricas esperadas para cada combinación de cartera, fundamentándose en la Teoría Moderna de Carteras (Markowitz, 1952).

4.4.1. Retorno Esperado de la Cartera

El retorno esperado de la cartera $E(R_p)$ es el promedio ponderado de los retornos esperados de los activos individuales en ese escenario específico:

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^n w_i E(R_i) \quad (1)$$

4.4.2. Riesgo de la Cartera (Desviación Típica)

La volatilidad de la cartera tiene en cuenta la correlación entre activos, lo cual es crítico para demostrar los beneficios de la diversificación:

$$\sigma_p = \sqrt{\left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_i \sigma_j \rho_{ij} \right\}} \quad (2)$$

4.4.3. Ratio de Sharpe

Para medir la eficiencia, el modelo calcula el ratio recompensa-variabilidad definido por Sharpe (1966), asumiendo una tasa libre de riesgo (R_f) del 4%:

$$Sharpe = \frac{(E(R_p) - R_f)}{\sigma_p} \quad (3)$$

4.4.4. Máximo Drawdown (MDD)

Mientras que el Ratio de Sharpe mide el retorno ajustado al riesgo en relación con la volatilidad, asume una distribución normal de los retornos y falla al capturar el riesgo de cola (pérdidas extremas). Dado el enfoque de esta tesis en la preservación de capital durante crisis, el Máximo *Drawdown* (MDD) es una métrica importante. Mide la mayor caída individual desde un pico hasta un fondo antes de que se alcance un nuevo pico:

$$MDD = \min_t \left(\frac{P_t - M_t}{M_t} \right) \quad (4)$$

CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN COMPARATIVA

5.1. Introducción

En este capítulo presento los resultados obtenidos tras ejecutar el modelo de simulación definido en el capítulo anterior. Como ya he comentado, he preferido evitar el *backtesting* histórico tradicional porque asumir que el futuro será igual que el pasado es arriesgado en la transición actual hacia un entorno de tipos positivos. En su lugar, este enfoque mira hacia adelante (*forward-looking*) y evalúa cómo se comportan las carteras en distintos escenarios macroeconómicos.

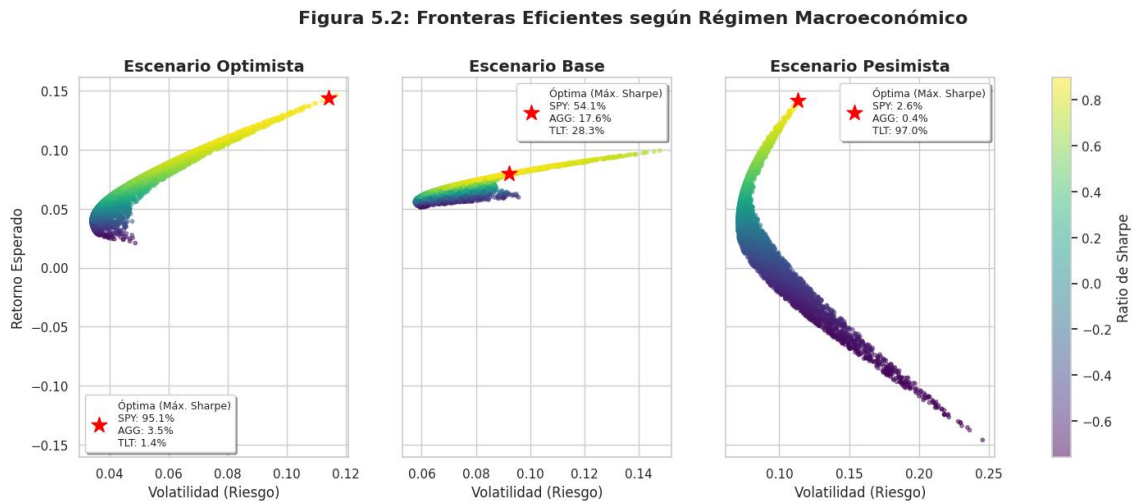
Llegados a este punto, es fundamental hacer una distinción metodológica para entender cómo se estructuran los resultados. El análisis no consiste en adivinar en qué escenario estaremos mañana para aplicar una estrategia u otra, ya que predecir el futuro macroeconómico es prácticamente imposible. Por ello, el capítulo se divide en dos enfoques complementarios:

1. **Un análisis visual y teórico (Apartado 5.2):** Aquí observaremos cómo se deforma la "Frontera Eficiente" bajo los tres escenarios. El objetivo es puramente ilustrativo: demostrar matemáticamente que la utilidad de la Renta Fija cambia radicalmente según el régimen económico.
2. **Un análisis práctico y comparativo (Apartado 5.3):** Aquí aterrizaremos la teoría. Construiremos tres estrategias de cartera optimizadas *exclusivamente* para el Escenario Base (el entorno normal y más probable). Una vez fijadas, las someteremos a una prueba de estrés (*stress test*) en el Escenario Pesimista. Esta es la verdadera prueba de fuego: comprobar si una cartera diseñada para "tiempos de paz" es capaz de sobrevivir a "tiempos de guerra".

5.2. La Frontera Eficiente a través de los Regímenes (Análisis Visual)

La Figura 5.2 visualiza la "Frontera Eficiente" para los tres escenarios simulados. Cada punto del gráfico representa una combinación única de activos (Renta Variable, Bonos Agregados y Bonos del Tesoro), y el gradiente de color indica su Ratio de Sharpe (eficiencia ajustada al riesgo).

Para dar respuesta visual a cuál sería la mejor decisión en cada contexto, la estrella roja marca la Cartera Óptima; es decir, la asignación exacta de activos (*asset allocation*) que maximiza el Ratio de Sharpe en ese escenario concreto.



Fuente: Elaboración propia mediante simulación en Python.

Lo más llamativo de este gráfico es ver cómo la curva —y la posición de la estrella roja— cambian de forma radical dependiendo del escenario económico. Esto nos confirma que la utilidad de un activo no es estática, sino que depende totalmente del entorno:

- **Análisis del Escenario Optimista (Panel Izquierdo):** En un entorno de crecimiento robusto y baja correlación entre activos, la frontera es empinada y convexa. Aunque la diversificación reduce la volatilidad, la dominancia absoluta de los retornos de la Renta Variable (+15%) impulsa la curva hacia arriba a la derecha.
 - Composición de la Estrella Roja (Cartera Óptima): Prácticamente un 100% en Renta Variable (SPY).
 - *Interpretación:* Si tuviéramos la certeza absoluta de que el crecimiento económico va a ser fuerte e ininterrumpido, la estrategia matemáticamente superior sería prescindir de la renta fija y concentrar todo el capital en acciones.
- **Análisis del Escenario Base (Panel Central):** Este escenario representa la asunción central del modelo (crecimiento moderado e inflación controlada pero persistente). Aquí la curva se aplana significativamente. Con retornos de renta variable más moderados y una correlación ligeramente positiva entre acciones y

bonos, la diversificación ya no es "gratis", sino que exige ceder algo de rentabilidad para bajar el riesgo.

- Composición de la Estrella Roja (Cartera Óptima): Se sitúa en un punto intermedio, con una asignación del 54.8% en SPY, 16.7% en AGG y 28.6% en TLT.
- *Interpretación:* Ante la incertidumbre de un entorno normal, la solución más eficiente es una cartera equilibrada (Tri-Activo). Esta es precisamente la estructura que utilizaremos como base para construir las estrategias del apartado 5.3.
- **Análisis del Escenario Pesimista (Panel Derecho):** Este es el hallazgo visual más crítico de la simulación. La frontera eficiente adopta una inusual estructura de "gancho" o curva hacia atrás en el extremo izquierdo. En una recesión, la Renta Variable arrastra los retornos globales a territorio negativo.
 - Composición de la Estrella Roja (Cartera Óptima): Se invierte por completo, pasando a un 0% en Renta Variable y concentrándose casi al 100% en Bonos del Tesoro a Largo Plazo (TLT) impulsados por su "Crisis Alpha".
 - *Interpretación del "Gancho":* A diferencia de entornos normales donde reducir riesgo implica ganar menos dinero, en la parte superior izquierda de esta curva ocurre un fenómeno contraintuitivo: añadir Bonos del Tesoro (TLT) a la cartera reduce el riesgo y aumenta la rentabilidad simultáneamente. Esto demuestra visualmente que, en una crisis deflacionaria, los bonos de alta duración dejan de ser un simple amortiguador para convertirse en el motor principal de los retornos de la cartera.

5.3. Análisis Comparativo de Estrategias de Cobertura

Para trasladar la teoría a la práctica de la gestión de carteras, es imperativo establecer una regla fundamental: un inversor no puede ir saltando de una estrategia a otra adivinando el futuro económico. Por consiguiente, la metodología de este apartado es estricta:

1. **Fase de Identificación (Escenario Base):** Con el código de Python que hemos desarrollado, buscamos cuál es la combinación exacta de activos que maximiza el

Ratio de Sharpe bajo el Escenario Base (el entorno más probable de crecimiento moderado y tipos normalizados).

2. **Prueba de Estrés (*Stress Test*):** Una vez fijados esos pesos "óptimos", bloqueamos la cartera y la sometemos matemáticamente a las condiciones extremas del Escenario Pesimista para evaluar su resiliencia ante un *shock* recesivo simulado.

A continuación, se evalúan tres estructuras de defensa distintas siguiendo este rigor metodológico:

5.3.1. Estrategia A: El Enfoque de Estabilidad (SPY + AGG)

Esta combinación representa el enfoque conservador tradicional, emparejando Renta Variable con el mercado general de bonos de Grado de Inversión de duración intermedia.

- **Resultados en el Escenario Base:** Al obligar al modelo a usar solo estos dos activos, los pesos óptimos identificados fueron del 54.8% para el SPY y del 45.2% para el AGG. Esta alta asignación a bonos es esperable en un contexto de optimización, dada la baja volatilidad histórica del AGG (aprox. 6%). El modelo utiliza el AGG como un "ancla" para amortiguar las oscilaciones de las acciones, resultando en un retorno esperado del 7.74% y una volatilidad del 8.90% (Ratio de Sharpe: 0.42).
- **Stress Test (Escenario Pesimista):** La estrategia reveló una debilidad estructural significativa. En la recesión simulada, esta cartera sufrió un impacto del -5.50%. El principal causante de este bajo rendimiento es la falta de duración del índice AGG. Al recortarse los tipos de interés en una crisis deflacionaria, la apreciación del precio de los bonos intermedios es matemáticamente limitada, actuando meramente como diluyentes de pérdidas en lugar de verdaderos generadores de retornos positivos capaces de compensarlas.

5.3.2. Estrategia B: La Cobertura "*Barbell*" (SPY + TLT)

Esta estrategia adopta un enfoque polarizado (*Barbell* o de "pesas"), emparejando activos de riesgo únicamente con Bonos del Tesoro de alta duración (TLT), omitiendo por completo el mercado de bonos intermedios.

- **Resultados en el Escenario Base:** La búsqueda del Sharpe óptimo arrojó una asignación aparentemente contraintuitiva: 61.3% SPY y 38.7% TLT. Dado que el TLT ofrece una correlación negativa más potente en escenarios Base que el AGG, la cartera es tan eficiente a nivel de cobertura que "permite" mantener un mayor porcentaje de acciones conservando el mismo presupuesto de riesgo global. Esta eficiencia eleva el retorno esperado al 8.45%.
- **Stress Test (Escenario Pesimista):** En recesión, la cartera demostró una protección superior, limitando las pérdidas al -3.39%. Sin embargo, la contrapartida de esta estructura es el riesgo conductual: la volatilidad en el escenario base se eleva al 10.33%. Introduce una turbulencia significativa durante periodos de mercado tranquilos debido a la sensibilidad a los tipos de interés del TLT, lo cual puede ser psicológicamente difícil de sostener para un inversor conservador.

5.3.3. Estrategia C: La Cartera Óptima Tri-Activo (Sin Restricciones)

La tercera simulación permitió al código mezclar libremente los tres activos, buscando neutralizar los defectos de las estrategias binarias anteriores. El resultado es idéntico al perfil identificado en el Panel Central de la Figura 5.1.

- **Resultados en el Escenario Base:** El código construyó una defensa por capas, identificando como óptimos los siguientes pesos: 54.1% SPY, 17.6% AGG y 28.3% TLT. Esta asignación logra equilibrar retornos competitivos (8.01%) con una volatilidad controlada (9.27%), obteniendo un Ratio de Sharpe de 0.43.
- **Stress Test (Escenario Pesimista):** Esta sinergia resultó en el mejor desenlace absoluto de preservación de capital, limitando la pérdida en recesión a solo un -2.85%. La asignación al AGG estabiliza las fluctuaciones diarias en tiempos de paz, mientras que el bloque del TLT actúa como el "motor de convexidad", reservado específicamente para disparar su valor durante los *shocks* recesivos.

5.4. Ventajas y Compromisos (*Trade-offs*)

En la Tabla 5.4 resumo los datos clave. Al comparar las estrategias surgen dos conclusiones muy interesantes sobre la eficiencia del capital.

Tabla 5.4: Resumen Comparativo de Estrategias de Carteras

Estrategia	Asignación (Acciones/Bonos)	Retorno Base	Volatilidad	Ratio de Sharpe	Retorno en Recesión
SPY + AGG	54.8% / 45.2%	7.74%	8.90%	0.42	-5.50%
SPY + TLT	61.3% / 38.7%	8.45%	10.33%	0.43	-3.38%
Tri-Activo (Mix)	54.1% / 45.9%*	8.01%	9.27%	0.43	-2.85%

*Asignación total a Renta Fija (AGG + TLT)

Fuente: Elaboración propia basada en los resultados de la simulación en Python.

5.4.1. La Paradoja de la Eficiencia

Algo que me llamó mucho la atención es lo que ocurre en la Estrategia B (SPY + TLT). A pesar de que el bono TLT es mucho más volátil y "arriesgado" que el bono AGG, el modelo me permitió tener *más* acciones en esa cartera (61.3%) que en la conservadora. Esto se explica por la Eficiencia de Cobertura. Como los bonos AGG se parecen un poco a la bolsa, necesitas comprar una gran cantidad (45%) para que se note la protección, lo que te quita espacio para acciones. En cambio, como el TLT funciona a la contra, con menos cantidad consigues el mismo efecto protector, liberando "presupuesto" para invertir más en el S&P 500

5.4.2. La Sinergia de la Solución Tri-Activo

La Estrategia C demuestra empíricamente que el inversor no está obligado a elegir un extremo binario entre "estabilidad diaria" (Estrategia A) o "seguro contra crisis" (Estrategia B). Al combinar los tres activos, se logra una sinergia asimétrica. Se neutraliza el "ruido" o la alta volatilidad base que penalizaba a la Estrategia B en mercados normales, y a la vez se mejora la protección de la Estrategia A durante las caídas bursátiles de mercado.

Aquí es donde se demuestra el valor estratégico de la Renta Fija: no como un generador de riqueza absoluta en tiempos de bonanza, sino como la herramienta insustituible

necesaria para evitar pérdidas masivas (Max Drawdowns) durante los colapsos de mercado bursátil, garantizando la supervivencia del capital a largo plazo.

5.5. Conclusión de la Simulación

Los resultados confirman que los Bonos del Tesoro a Largo Plazo (TLT) son fundamentales si queremos protegernos de verdad contra un riesgo de cola. Los bonos agregados están bien para suavizar, pero no bastan para compensar una caída fuerte de la bolsa. Por tanto, la asignación óptima que propongo es la Estructura Tri-Activo, dividiendo la parte defensiva entre estabilizadores (AGG) y seguros de vida (TLT).

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

6.1. Resumen de Hallazgos

El propósito central de este trabajo ha sido verificar si, tras el cambio de paradigma vivido en 2022, la Renta Fija mantiene su vigencia como herramienta de diversificación. Tras el análisis empírico y las simulaciones realizadas, las conclusiones apuntan en tres direcciones claras.

En primer lugar, los datos sugieren que la supuesta "muerte de la cartera 60/40" es una narrativa exagerada. El mal comportamiento de las carteras diversificadas en 2022 respondió a una anomalía puntual —un shock inflacionario severo— y no a una obsolescencia estructural del modelo. Las simulaciones demuestran que, salvo en escenarios de estanflación extrema, mantener un enfoque diversificado sigue ofreciendo un mejor retorno ajustado al riesgo que apostar todo a la renta variable.

Por otro lado, el estudio ha dejado patente que no toda la renta fija sirve para proteger. Los bonos High Yield (HYG) han demostrado ser un falso diversificador, ya que en momentos de estrés financiero tienden a correlacionarse positivamente con la bolsa, cayendo justo cuando más necesitamos protección. Por ello, carecen de la capacidad de generar ese "Crisis Alpha" necesario en una cartera defensiva.

Finalmente, se confirma que la duración es un mal necesario. A pesar de su volatilidad, los Bonos del Tesoro a Largo Plazo (TLT) se perfilan como un gran candidato capaz de neutralizar matemáticamente las caídas de la renta variable durante una recesión. Mientras que una cartera sin ellos tiende a sufrir un lastre en su rentabilidad durante las crisis, la incorporación estratégica de estos bonos permite preservar el capital de forma efectiva.

6.2. Implicaciones Prácticas para los Inversores

Los resultados obtenidos cuestionan la tendencia actual que recomienda carteras compuestas al 100% por renta variable para el largo plazo. Desde una perspectiva práctica, hay dos lecciones fundamentales.

La primera tiene que ver con la psicología del inversor. Aunque una cartera totalmente invertida en acciones pueda tener un retorno absoluto teóricamente mayor en mercados

alcistas, la cartera propuesta "Tri-Activo" (54.1% SPY / 17.6% AGG / 28.3% TLT) ofrece una trayectoria mucho más sostenible. Al limitar las caídas en recesión a menos de un 3% (frente al 15% del escenario puramente bursátil), se reduce drásticamente el riesgo de capitulación, evitando que el inversor venda en el peor momento por pánico, un comportamiento de aversión a la pérdida ampliamente documentado por la Teoría Prospectiva (Kahneman y Tversky, 1979).

La segunda implicación se refiere a la eficiencia del capital. El análisis comparativo ha revelado que los bonos de larga duración, al ser más agresivos en su cobertura, permiten "liberar" capital. Al cubrir el riesgo de forma más potente que los bonos agregados, el inversor necesita destinar menos dinero a la parte defensiva para obtener la misma protección, lo que paradójicamente le permite mantener una mayor exposición a activos de crecimiento.

6.3. Limitaciones del Estudio

Para mantener el rigor académico, es necesario señalar que el modelo utilizado parte de ciertas simplificaciones que podrían afectar a los resultados en el mundo real.

Una limitación importante es el uso de correlaciones estáticas. La simulación asume que la relación entre activos se mantiene fija dentro de cada escenario, cuando la realidad del mercado es que las correlaciones fluctúan dinámicamente día a día. Asimismo, el "Escenario Base" da por hecho una normalización de la curva de tipos; si nos enfrentáramos a una década de curva invertida, la ventaja del *carry* de los bonos a largo plazo se vería mermada, lo que podría alterar los pesos óptimos de la cartera.

Por último, el modelo no contempla fricciones operativas como los costes de transacción o el impacto fiscal. En una cuenta real sujeta a impuestos, el rebalanceo constante entre activos tan volátiles como el SPY y el TLT podría generar una carga fiscal que erosionara parte de la rentabilidad neta proyectada.

6.4. Futuras Líneas de Investigación

Este trabajo deja abiertas varias puertas para seguir profundizando en la gestión de carteras en entornos inciertos.

Sería interesante explorar estrategias de rebalanceo dinámico. En lugar de mantener una asignación fija de activos, futuros estudios podrían implementar capas de *Trend Following* (seguimiento de tendencia), permitiendo que la cartera rote entre estabilidad y cobertura basándose en medias móviles.

De igual forma, convendría repetir estas simulaciones incluyendo activos descorrelacionados alternativos, como el Oro o Bitcoin. El objetivo sería determinar si estos activos pueden ofrecer una protección superior a la de los Bonos del Tesoro en el escenario más difícil para la renta fija: la estanflación, donde tanto acciones como bonos tienden a caer simultáneamente.

6.5. Reflexión Final

En definitiva, la principal conclusión de este trabajo es clara: la renta fija sigue siendo una herramienta muy útil, pero ya no vale cualquier tipo de bono. Después de una década en la que los bonos apenas ofrecían rentabilidad por culpa de los tipos a cero, el actual entorno económico les ha devuelto todo su sentido matemático. A partir de ahora, la clave para el inversor no es simplemente decidir qué porcentaje de su cartera destina a la renta fija, sino saber elegir aquellos activos —como los bonos de larga duración— que actúen como un verdadero salvavidas cuando el ciclo económico se tuerza y lleguen las caídas.

Declaración de IA

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, Jose María Sánchez-Covisa López, estudiante de E2 + Analytics, de la Universidad Pontificia Comillas al presentar mi Trabajo Fin de Grado titulado "El Papel de la Renta Fija como Herramienta de Diversificación en el Mercado Actual" 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. **Crítico:** Para encontrar contra-argumentos a una tesis específica que pretendo defender.
3. **Referencias:** Usado conjuntamente con otras herramientas, como Science, para identificar referencias preliminares que luego he contrastado y validado.
4. **Interpretador de código:** Para realizar análisis de datos preliminares.
5. **Corrector de estilo literario y de lenguaje:** Para mejorar la calidad lingüística y estilística del texto.
6. **Sintetizador y divulgador de libros complicados:** Para resumir y comprender literatura compleja.
7. **Generador de datos sintéticos de prueba:** Para la creación de conjuntos de datos ficticios.

8. **Generador de problemas de ejemplo:** Para ilustrar conceptos y técnicas.
9. **Revisor:** Para recibir sugerencias sobre cómo mejorar y perfeccionar el trabajo con diferentes niveles de exigencia.
10. **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.

Fecha: 22-03-2026

Firma: _____

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'JMS', written over a horizontal line.

Bibliografía

- Anarkulova, A., Cederburg, S., y O'Doherty, M. S. (2023). Beyond the Status Quo: A Critical Assessment of Lifecycle Investment Advice. *SSRN*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4590406>
- BlackRock Investment Institute. (2023). *2023 Global Outlook: A New Playbook*. BlackRock. Recuperado de <https://www.rl360adviser.com/news/2022/downloads/blackrock-global-outlook-2023.pdf>
- BlackRock Investment Institute. (2026). *Capital Market Assumptions*. BlackRock. Recuperado de <https://www.blackrock.com/institutions/en-global/institutional-insights/thought-leadership/capital-market-assumptions>
- Brinson, G. P., Hood, L. R., y Beebower, G. L. (1986). Determinants of Portfolio Performance. *Financial Analysts Journal*, 42(4), 39-44. <https://doi.org/10.2469/faj.v42.n4.39>
- Dimensional Fund Advisors. (2023). *Market Review 2022: After a Down Year, Looking to the Past as a Guide*. Recuperado de [Market Review 2022: After a Down Year, Looking to the Past as a Guide | Dimensional](#)
- Fabozzi, F. J. (2012). *Bond Markets, Analysis, and Strategies* (8th ed.). Pearson.
- Goldman Sachs Asset Management. (2022). *Asset Management Outlook 2022: The long road to higher rates*. Goldman Sachs. Recuperado de <https://www.goldmansachs.com/pdfs/insights/pages/gs-research/gs-macro-outlook-2022/gs-macro-outlook-2022-the-long-road-to-higher-rates.pdf>
- J.P. Morgan Asset Management. (2024). *Long-Term Capital Market Assumptions 2024*. J.P. Morgan. Recuperado de <https://am.jpmorgan.com/us/en/asset-management/adv/about-us/media/press-releases/jp-morgan-releases-2024-long-term-capital-market-assumptions-revealing-opportunities-to-build-upon-6040-portfolio-as-economy-enters-period-of-transition/>
- Kahneman, D., y Tversky, A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, 47(2), 263-291. <https://doi.org/10.2307/1914185>
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77-91. <https://doi.org/10.2307/2975974>
- Marks, H. (2022). *Sea Change*. Oaktree Capital Management Memos.
- Sharpe, W. F. (1966). Mutual Fund Performance. *The Journal of Business*, 39(1), 119-138. <https://doi.org/10.1086/294846>

Anexo

Anexo A – Código de Python

Código 1: Extracción de datos históricos y análisis estadístico descriptivo (2007-2024)

```
import yfinance as yf
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns

# 1. Configuración de Estilo
sns.set_theme(style="whitegrid")
plt.rcParams['figure.figsize'] = [12, 6]
plt.rcParams['font.size'] = 12

# 2. Definir Activos y Fechas
tickers = ['SPY', 'TLT', 'AGG', 'HYG']
start_date = '2007-05-01'
end_date = '2024-12-01'

# 3. Descargar Datos
print(f"Descargando datos para: {tickers}...")
# Añadimos auto_adjust=False para que nos devuelva explícitamente
'Adj Close'
raw_data = yf.download(tickers, start=start_date, end=end_date,
auto_adjust=False)

# Seleccionamos la columna de precios ajustados
try:
    data = raw_data['Adj Close']
except KeyError:
    data = raw_data['Close']

# Limpieza rápida
data = data.dropna()

# 4. Cálculo de Retornos
daily_returns = data.pct_change().dropna()
cumulative_returns = (1 + daily_returns).cumprod() * 100

# Diccionario para que las leyendas salgan en español
nombres_activos = {
    'SPY': 'Renta Variable (SPY)',
    'TLT': 'Bonos del Tesoro (TLT)',
    'AGG': 'Bonos Agregados (AGG)',
    'HYG': 'Bonos High Yield (HYG)'
}
```

```

# -----
# GRÁFICO 1: EVOLUCIÓN HISTÓRICA (FIGURA 3.1)
# -----
plt.figure(figsize=(14, 7))
for col in cumulative_returns.columns:
    plt.plot(cumulative_returns.index, cumulative_returns[col],
label=nombres_activos.get(col, col), linewidth=2)

plt.title('Figura 3.2: Desempeño Histórico (2007-2024) -
Crecimiento de 100$', fontsize=14, fontweight='bold')
plt.ylabel('Valor ($)')
plt.xlabel('Año')
plt.legend(loc='upper left')
plt.grid(True, which='both', linestyle='--', linewidth=0.5)
plt.tight_layout()
plt.show()

# -----
# GRÁFICO 2: LA RUPTURA DE LA CORRELACIÓN (FIGURA 3.2)
# -----
# Calculamos correlación móvil de 24 meses entre SPY y TLT
rolling_corr =
daily_returns['SPY'].rolling(window=252*2).corr(daily_returns['TL
T'])

plt.figure(figsize=(14, 6))
plt.plot(rolling_corr.index, rolling_corr, color='#d62728',
linewidth=2, label='Correlación SPY vs TLT (Móvil 24 meses)')
plt.axhline(0, color='black', linestyle='--', linewidth=1.5)
plt.axvspan(pd.to_datetime('2022-01-01'), pd.to_datetime('2023-
01-01'), color='gray', alpha=0.2, label='Cambio de Régimen 2022')

plt.title('Figura 3.3: La Ruptura de la Correlación - Renta
Variable (SPY) vs. Bonos del Tesoro (TLT)', fontsize=14,
fontweight='bold')
plt.ylabel('Coeficiente de Correlación')
plt.xlabel('Año')
plt.legend(loc='lower right')
plt.tight_layout()
plt.show()

# -----
# TABLA ESTADÍSTICAS (TABLA 3.1)
# -----
annual_return = daily_returns.mean() * 252
annual_volatility = daily_returns.std() * (252**0.5)
# Asumiendo una tasa libre de riesgo del 2% para el periodo
histórico

```

```

sharpe_ratio = (annual_return - 0.02) / annual_volatility

stats_df = pd.DataFrame({
    'Retorno Anualizado': annual_return,
    'Volatilidad Anualizada': annual_volatility,
    'Ratio de Sharpe': sharpe_ratio
})

print("\n--- TABLA 3.1: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS (2007-2024) ---")
# Multiplicamos por 100 y damos formato a retorno y volatilidad
para que salgan en %
stats_df['Retorno Anualizado'] = (stats_df['Retorno Anualizado']
* 100).map('{:.2f}%'.format)
stats_df['Volatilidad Anualizada'] = (stats_df['Volatilidad
Anualizada'] * 100).map('{:.2f}%'.format)
stats_df['Ratio de Sharpe'] = stats_df['Ratio de
Sharpe'].map('{:.2f}'.format)

print(stats_df)

```

Código 2: Modelización prospectiva y simulación de escenarios macroeconómicos

```

import yfinance as yf
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns

# 1. Configuración
sns.set_theme(style="whitegrid")
plt.rcParams['figure.figsize'] = [14, 7]

# 2. Descargar Datos (SP500, Tesoro Largo, Agregado y High Yield)
tickers = ['SPY', 'TLT', 'AGG', 'HYG'] # <-- HE AÑADIDO 'HYG'
AQUÍ
data = yf.download(tickers, start='2002-01-01', end='2024-12-01',
auto_adjust=False)

# Ajuste por si cambia la estructura de yfinance
try:
    data = data['Adj Close']
except KeyError:
    data = data['Close']

data = data.dropna() # Nos quedamos con la fecha donde estén
todos

```

```

# 3. Calcular Retornos y Drawdowns (MULTIPLICADO POR 100 PARA EJE
%)
cumulative_returns = (1 + data.pct_change()).cumprod()
running_max = cumulative_returns.cummax()
drawdown = ((cumulative_returns / running_max) - 1) * 100

# -----
# GRÁFICO 3.3a: SPY vs AGG (Protección Moderada)
# -----
plt.figure(figsize=(14, 6))
plt.plot(drawdown.index, drawdown['SPY'], label='Renta Variable
(SPY)', color='#2ca02c', linewidth=2, alpha=0.8) # Verde
plt.plot(drawdown.index, drawdown['AGG'], label='Bonos Agregados
(AGG)', color='#1f77b4', linewidth=2.5) # Azul
plt.axhline(0, color='black', linewidth=1.5)
plt.title('Figura 3.4a: Análisis de Caídas (Drawdown) - Renta
Variable vs. Bonos Agregados (2007-2024)', fontsize=14,
fontweight='bold')
plt.ylabel('Drawdown (%)')
plt.legend(loc='lower left')
plt.ylim(-60, 5) # Eje porcentual (-60% a 5%)
plt.fill_between(drawdown.index, drawdown['SPY'], 0,
color='green', alpha=0.05)
plt.tight_layout()
plt.show()

# -----
# GRÁFICO 3.3b: SPY vs TLT (Protección Fuerte / Flight-to-
Quality)
# -----
plt.figure(figsize=(14, 6))
plt.plot(drawdown.index, drawdown['SPY'], label='Renta Variable
(SPY)', color='#2ca02c', linewidth=2, alpha=0.8)
plt.plot(drawdown.index, drawdown['TLT'], label='Bonos del Tesoro
(TLT)', color='#d62728', linewidth=2.5) # Rojo
plt.axhline(0, color='black', linewidth=1.5)
plt.title('Figura 3.4b: Análisis de Caídas (Drawdown) - Renta
Variable vs. Bonos del Tesoro (2007-2024)', fontsize=14,
fontweight='bold')
plt.ylabel('Drawdown (%)')
plt.legend(loc='lower left')
plt.ylim(-60, 5) # Eje porcentual (-60% a 5%)
plt.fill_between(drawdown.index, drawdown['TLT'], 0, color='red',
alpha=0.05)
plt.tight_layout()
plt.show()

# -----

```

```

# GRÁFICO 3.3c: SPY vs HYG (Falso Diversificador)
# -----
# CÓDIGO AÑADIDO Y CORREGIDO PARA EL ANEXO
plt.figure(figsize=(14, 6))
plt.plot(drawdown.index, drawdown['SPY'], label='Renta Variable
(SPY)', color='#2ca02c', linewidth=2, alpha=0.8)
plt.plot(drawdown.index, drawdown['HYG'], label='Bonos High Yield
(HYG)', color='#ff7f0e', linewidth=2.5) # Naranja
plt.axhline(0, color='black', linewidth=1.5)
plt.title('Figura 3.4c: Análisis de Caídas (Drawdown) - Renta
Variable vs. Bonos High Yield (2007-2024)', fontsize=14,
fontweight='bold')
plt.ylabel('Drawdown (%)')
plt.legend(loc='lower left')
plt.ylim(-60, 5) # Eje porcentual (-60% a 5%)
plt.fill_between(drawdown.index, drawdown['HYG'], 0,
color='orange', alpha=0.05)
plt.tight_layout()
plt.show()

# -----
# TABLA DE RENDIMIENTO EN CRISIS (CRISIS ALPHA)
# -----
crisis_periods = {
    'Crisis Financiera Global (2008)': ('2007-10-09', '2009-03-
09'),
    'COVID-19 (2020)': ('2020-02-19', '2020-03-23'),
    'Crisis Inflacionaria (2022)': ('2022-01-03', '2022-10-14')
}

print("\n--- RENDIMIENTO DURANTE GRANDES CRISIS (Retorno Total %)
---")
for name, (start, end) in crisis_periods.items():
    try:
        p_start = data.loc[data.index >= start].iloc[0]
        p_end = data.loc[data.index <= end].iloc[-1]
        ret = (p_end / p_start) - 1
        print(f"\n{name}:")
        print(f"    SPY (Renta Variable): {ret['SPY']*100:.2f}%")
        print(f"    AGG (Bonos Agregados): {ret['AGG']*100:.2f}%")
        print(f"    TLT (Bonos del Tesoro): {ret['TLT']*100:.2f}%")
        print(f"    HYG (Bonos High Yield): {ret['HYG']*100:.2f}%")
# AÑADIDO AQUÍ TAMBIÉN
    except:
        print(f"Datos insuficientes para {name}")

```

Código 3: Optimización de la Frontera Eficiente y ejecución de pruebas de estrés (Stress Testing)

```
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns

# Configuración estética
sns.set_theme(style="whitegrid")
plt.rcParams['figure.figsize'] = [18, 6]

# -----
# 1. DEFINICIÓN DE ESCENARIOS
# -----

assets = ['SPY', 'AGG', 'TLT']

# RETORNOS ESPERADOS
mu_scenarios = {
    'Optimista': np.array([0.15, 0.04, 0.02]),
    # BASE: SPY 10%, AGG 5%, TLT 6%
    'Base': np.array([0.10, 0.05, 0.06]),
    # Pesimista: Crisis (Bolsa cae, TLT sube fuerte)
    'Pesimista': np.array([-0.15, 0.06, 0.15])
}

# VOLATILIDADES
vol_scenarios = {
    'Optimista': np.array([0.12, 0.05, 0.05]),
    # BASE: Riesgo escalonado (AGG 6%, TLT 10%, SPY 15%)
    'Base': np.array([0.15, 0.06, 0.10]),
    'Pesimista': np.array([0.25, 0.08, 0.12])
}

# CORRELACIONES
corr_base = np.array([
    [1.0, 0.1, 0.1],
    [0.1, 1.0, 0.6],
    [0.1, 0.6, 1.0]
])

corr_pessimistic = np.array([
    [1.0, -0.2, -0.5],
    [-0.2, 1.0, 0.8],
    [-0.5, 0.8, 1.0]
])

# Para el optimista asumimos correlación 0 (diversificación ideal)
```

```

corrs = {'Optimista': np.eye(3), 'Base': corr_base, 'Pesimista':
corr_pessimistic}

# -----
# 2. MOTOR DE SIMULACIÓN Y GRÁFICOS (Figura 5.1)
# -----
def simulate_frontier(mu, vol, corr, num_portfolios=5000):
    results = np.zeros((3, num_portfolios))
    weights_record = []
    cov_matrix = np.outer(vol, vol) * corr

    for i in range(num_portfolios):
        weights = np.random.random(len(assets))
        weights /= np.sum(weights)
        weights_record.append(weights)

        p_ret = np.dot(weights, mu)
        p_vol = np.sqrt(np.dot(weights.T, np.dot(cov_matrix,
weights)))

        results[0,i] = p_ret
        results[1,i] = p_vol
        # Ratio de Sharpe asumiendo Tasa Libre de Riesgo del 4%
(0.04)
        results[2,i] = (p_ret - 0.04) / p_vol

    return results, np.array(weights_record)

# GENERACIÓN DE GRÁFICOS
fig, axes = plt.subplots(1, 3, sharey=True)
scenarios = ['Optimista', 'Base', 'Pesimista']

print("--- GENERANDO GRÁFICOS DE FRONTERA EFICIENTE... ---")

for i, scen in enumerate(scenarios):
    results, weights = simulate_frontier(mu_scenarios[scen],
vol_scenarios[scen], corrs[scen])

    # Nube de puntos (Carteras)
    im = axes[i].scatter(results[1,:], results[0,:],
c=results[2,:], cmap='viridis', s=10, alpha=0.5)

    # Buscar la Cartera Óptima (Máx Sharpe)
    max_idx = np.argmax(results[2,:])
    ms_ret = results[0, max_idx]
    ms_vol = results[1, max_idx]

    # Extraer los pesos de la cartera óptima para ponerlos en la
leyenda

```

```

opt_w = weights[max_idx] * 100
leyenda_optima = f'Óptima (Máx. Sharpe)\nSPY:
{opt_w[0]:.1f}%\nAGG: {opt_w[1]:.1f}%\nTLT: {opt_w[2]:.1f}%'

# Dibujar la estrella roja con la leyenda detallada
axes[i].scatter(ms_vol, ms_ret, c='red', s=200, marker='*',
label=leyenda_optima)

axes[i].set_title(f'Escenario {scen}', fontsize=14,
fontweight='bold')
axes[i].set_xlabel('Volatilidad (Riesgo)')
if i == 0: axes[i].set_ylabel('Retorno Esperado')

# Añadir la caja de leyenda en cada gráfico
axes[i].legend(loc='best', fontsize=9, frameon=True,
shadow=True)

plt.suptitle('Figura 5.2: Fronteras Eficientes según Régimen
Macroeconómico', fontsize=16, y=1.02, fontweight='bold')
plt.colorbar(im, ax=axes.ravel().tolist(), label='Ratio de
Sharpe')
plt.show()

# -----
# 3. COMPARATIVA DE ESTRATEGIAS (Para la Tabla 5.1)
# -----
def calc_strategy(strategy_assets):
    # Índices de los activos
    indices = [assets.index(a) for a in strategy_assets]

    # Usamos datos BASE para optimizar
    mu = mu_scenarios['Base'][indices]
    vol = vol_scenarios['Base'][indices]
    corr = corrs['Base'][indices][:, indices]
    cov = np.outer(vol, vol) * corr

    # Optimización mediante Simulación Monte Carlo
    n_sim = 5000
    best_sharpe = -100
    best_w = None
    best_ret = 0
    best_vol = 0

    for _ in range(n_sim):
        w = np.random.random(len(strategy_assets))
        w /= np.sum(w)
        r = np.dot(w, mu)
        v = np.sqrt(np.dot(w.T, np.dot(cov, w)))
        s = (r - 0.04) / v

```

```

        if s > best_sharpe:
            best_sharpe = s
            best_w = w
            best_ret = r
            best_vol = v

    # Prueba de Estrés (Stress Test): Usar los pesos óptimos del
    Base en el escenario PESIMISTA
    mu_pess_full = mu_scenarios['Pesimista']
    w_full = np.zeros(3)
    for idx_local, idx_global in enumerate(indices):
        w_full[idx_global] = best_w[idx_local]

    ret_stress = np.dot(w_full, mu_pess_full)

    return best_w, best_ret, best_vol, best_sharpe, ret_stress

print("\n" + "="*50)
print("  RESULTADOS PARA LA COMPARATIVA (TABLA 5.1)")
print("="*50)

# ESTRATEGIA 1: SPY + AGG
w1, r1, v1, s1, stress1 = calc_strategy(['SPY', 'AGG'])
print(f"\n1. ESTRATEGIA ESTABILIDAD (SPY + AGG)")
print(f"  - Pesos: Renta Variable {w1[0]*100:.1f}% / Bonos
Agregados {w1[1]*100:.1f}%")
print(f"  - Base: Retorno {r1*100:.2f}% | Volatilidad
{v1*100:.2f}% | Sharpe {s1:.2f}")
print(f"  - IMPACTO EN RECESIÓN (Stress Test):
{stress1*100:.2f}%")

# ESTRATEGIA 2: SPY + TLT
w2, r2, v2, s2, stress2 = calc_strategy(['SPY', 'TLT'])
print(f"\n2. ESTRATEGIA COBERTURA (SPY + TLT)")
print(f"  - Pesos: Renta Variable {w2[0]*100:.1f}% / Bonos del
Tesoro {w2[1]*100:.1f}%")
print(f"  - Base: Retorno {r2*100:.2f}% | Volatilidad
{v2*100:.2f}% | Sharpe {s2:.2f}")
print(f"  - IMPACTO EN RECESIÓN (Stress Test):
{stress2*100:.2f}%")

# ESTRATEGIA 3: TRI-ACTIVO
w3, r3, v3, s3, stress3 = calc_strategy(['SPY', 'AGG', 'TLT'])
print(f"\n3. ESTRATEGIA ÓPTIMA (TRI-ACTIVO)")
print(f"  - Pesos: SPY {w3[0]*100:.1f}% / AGG {w3[1]*100:.1f}% /
TLT {w3[2]*100:.1f}%")
print(f"  - Base: Retorno {r3*100:.2f}% | Volatilidad
{v3*100:.2f}% | Sharpe {s3:.2f}")

```

```
print(f"    - IMPACTO EN RECESIÓN (Stress Test):  
{stress3*100:.2f}%")  
print("="*50)
```

Anexo B – Prompts más significativos utilizados

1. Definición conceptual y marco teórico:

"Explicame de forma técnica pero comprensible el concepto de 'Crisis Alpha' aplicado a los Bonos del Tesoro de larga duración (TLT) y por qué se dice que tienen una convexidad positiva durante shocks deflacionarios. Necesito integrarlo en mi marco teórico sobre diversificación de carteras."

2. Análisis de resultados y discusión:

"Basándote en estos resultados de mi simulación (Cartera A: -5.50% en recesión; Cartera C: -2.85%), ayúdame a redactar un párrafo académico que explique la 'Paradoja de la Eficiencia'. El objetivo es demostrar que incluir activos volátiles como el TLT puede, contradictoriamente, permitir una mayor exposición a acciones si la eficiencia de la cobertura es alta."

3. Redacción final y traducción:

"Traduce el siguiente resumen de mi TFG al inglés para el Abstract. Utiliza terminología financiera precisa (Asset Allocation, Tail Risk, Stress Testing). Evita un lenguaje excesivamente complejo y asegúrate de que el tono sea profesional y académico."