



MÁSTER EN TECNOLOGÍAS FINANCIERAS: PAGOS Y BANCA DIGITAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER INCLUSIÓN DE LOS MERCADOS PRIVADOS EN VEHÍCULOS DE CICLO DE VIDA

Autor: David López Hidalgo

Director: Francisco Javier Romero de la Montaña

Madrid

Julio de 2025

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

Inclusión de los mercados privados en vehículos de ciclo de vida

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2024/25 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido

tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: David López Hidalgo

Fecha: 13/ 07/ 2025

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Francisco J. Romero

Fecha: 14/ 07/ 2025



MÁSTER EN TECNOLOGÍAS FINANCIERAS: PAGOS Y BANCA DIGITAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER INCLUSIÓN DE LOS MERCADOS PRIVADOS EN VEHÍCULOS DE CICLO DE VIDA

Autor: David López Hidalgo

Director: Francisco Javier Romero de la Montaña

Madrid

Agradecimientos

A mi familia y amigos por apoyarme en todo momento, a compañeros y profesores del máster por ser de gran ayuda y ayudarme a crecer, no solo personalmente sino también intelectualmente. También quiero agradecer a mis compañeros de BBVA Asset Management, los cuales siempre han mostrado plena disposición cuando he precisado de su ayuda y me han acogido como uno más desde el primer momento. Por último, agradecer a Toni y a Fran, por darme la oportunidad de trabajar con ellos y con todo su equipo, por guiarme en todo este proceso y por ayudarme a entender y comprender un poco más de este mundo de la gestión de activos, que es apasionante, con ellos ha sido todo mucho más fácil.

INTRODUCCIÓN DE LOS MERCADOS PRIVADOS EN VEHÍCULOS DE CICLO DE VIDA

Autor: López Hidalgo, David.

Director: Romero de la Montaña, Francisco Javier.

Entidad Colaboradora: Banco Bilbao Vizcaya, S.A. - BBVA

RESUMEN DEL PROYECTO

El presente trabajo analiza la viabilidad y el impacto de introducir activos de mercados privados en vehículos de inversión basados en el ciclo de vida, un tipo de fondo ampliamente utilizado en la planificación de la jubilación. A partir de un conjunto de series históricas extraídas de Bloomberg y una metodología de optimización por etapas (con restricciones reales de riesgo, liquidez y penalizaciones por iliquidez progresiva), se construyen carteras óptimas para diferentes grupos de edad. Para ello se utiliza un enfoque cuantitativo basado en rentabilidades logarítmicas, estimaciones realistas de volatilidad máxima y un modelo de penalización sobre la rentabilidad esperada de activos ilíquidos. Los resultados muestran que, incluso aplicando penalizaciones significativas por iliquidez, la inclusión de activos privados mejora la rentabilidad esperada y el ratio de Sharpe en casi todas las etapas, sin comprometer excesivamente la volatilidad. Las conclusiones apuntan a que este tipo de estrategias puede resultar especialmente útil para gestoras que busquen modernizar sus productos de ciclo de vida, adaptándolos a un entorno de mercado cada vez más diversificado, sofisticado y orientado al largo plazo.

Palabras clave: Mercados privados, ciclo de vida, optimización de carteras, iliquidez, rentabilidad ajustada, vehículos target-date, asignación estratégica de activos.

1. Introducción

En los últimos años, los vehículos de inversión basados en el ciclo de vida han ganado un protagonismo notable en la gestión patrimonial, especialmente dentro de los planes de pensiones y sistemas de jubilación. Estos productos ofrecen una solución integrada que ajusta dinámicamente la asignación de activos a lo largo del tiempo, adaptándose a las necesidades cambiantes del inversor según su edad y horizonte temporal. Sin embargo, a pesar de su utilidad creciente, la estructura de estos vehículos continúa evolucionando y presenta aún un amplio margen de mejora. En particular, existe un debate abierto sobre el papel que pueden desempeñar los activos de mercados privados dentro de este tipo de estrategias, dada su iliquidez pero también su atractivo perfil riesgo-rentabilidad en el largo plazo. Este trabajo nace precisamente de esa inquietud: explorar de forma rigurosa y cuantitativa si tiene sentido incorporar de manera controlada estas clases de activos en la arquitectura de fondos ciclo de vida.

2. Definición del proyecto

Este proyecto analiza la viabilidad y el impacto de incluir activos de mercados privados dentro del diseño de vehículos de ciclo de vida. A través de una construcción progresiva, se define una trayectoria de inversión adaptada a distintas etapas vitales, y se plantea un modelo de optimización que maximiza la rentabilidad esperada bajo restricciones realistas (como límites de volatilidad, peso máximo en activos ilíquidos y requisitos mínimos de liquidez). La principal novedad del enfoque reside en la incorporación de una penalización explícita por iliquidez que se aplica directamente sobre las rentabilidades esperadas, ajustada por etapa de edad mediante un modelo logístico. Esto permite reflejar de forma más precisa la sensibilidad creciente del inversor a la falta de liquidez a medida que se aproxima a la jubilación.

3. Descripción del modelo empleado

El modelo utilizado en este trabajo se basa en el marco clásico de optimización de carteras de Markowitz, adaptado para el contexto de los vehículos de ciclo de vida. Para cada etapa del ciclo vital (definidas por grupos de edad), se maximiza la rentabilidad esperada de la cartera bajo una restricción de volatilidad específica, derivada de un modelo exponencial ajustado a las recomendaciones de la literatura (por ejemplo, Vanguard y arXiv). El universo de inversión se compone de activos públicos y privados, con límites al peso de estos últimos y una banda mínima-máxima para la liquidez.

A diferencia de una optimización estática, el modelo incorpora una penalización por iliquidez que se aplica sobre la rentabilidad esperada del activo de Mercados Privados, ajustada para cada etapa mediante un modelo logístico que refleja la creciente sensibilidad del inversor a la falta de liquidez con la edad. Esta aproximación permite generar carteras más realistas y alineadas con las preferencias temporales de los participantes, respetando además restricciones normativas y operativas relevantes.

4. Resultados

Los resultados del estudio muestran que la incorporación de activos de mercados privados en los vehículos de ciclo de vida, incluso bajo un enfoque prudente con restricciones y penalizaciones por iliquidez, permite construir carteras más eficientes en términos de rentabilidad-riesgo. Las carteras optimizadas que incluyen Mercados Privados muestran, de forma consistente, una rentabilidad esperada más elevada y un ratio de Sharpe superior en la mayoría de las etapas del ciclo de vida, especialmente en las más tempranas, donde la tolerancia al riesgo es mayor.

Si bien en etapas avanzadas la penalización por iliquidez reduce significativamente el peso de los activos privados, su presencia moderada sigue contribuyendo a mejorar el perfil de rentabilidad sin comprometer el nivel de riesgo establecido. El análisis de métricas reales confirma que estas carteras se comportan de forma razonablemente estable incluso bajo condiciones adversas, aunque se han observado drawdowns relevantes, lo cual es coherente con la composición de activos y el periodo histórico utilizado (2003–2025).

En conjunto, los resultados apoyan la idea de que los activos privados pueden y deben formar parte de una arquitectura moderna de fondos de ciclo de vida, siempre que se integren con criterios adecuados de control de riesgo, liquidez y perfil temporal del inversor.

5. Conclusiones

Este trabajo demuestra que la introducción de mercados privados en vehículos de ciclo de vida puede suponer una mejora relevante en términos de eficiencia financiera, especialmente si se realiza de forma controlada y adaptada al perfil de riesgo y horizonte temporal del inversor. Lejos de proponer una inclusión agresiva de estos activos, el modelo desarrollado en este estudio ha priorizado la prudencia, incorporando penalizaciones por iliquidez, restricciones realistas y una evaluación rigurosa de métricas ajustadas.

Más allá de los resultados numéricos concretos (que pueden verse condicionados por el periodo histórico utilizado o el tipo de índices empleados), lo más valioso que aporta este estudio es la evidencia conceptual: los mercados privados son una vía válida y potencialmente potente para enriquecer la arquitectura de los fondos de ciclo de vida del futuro. Las herramientas tecnológicas y cuantitativas actuales permiten integrar estos activos con un mayor control y flexibilidad que hace apenas unos años, lo que abre la puerta a una nueva generación de productos más sofisticados, diversificados y adaptados al comportamiento real de los partícipes.

INTEGRATION OF PRIVATE MARKETS INTO LIFE-CYCLE INVESTMENT VEHICLES

Author: López Hidalgo, David.

Supervisor: Romero de la Montaña, Francisco Javier.

Collaborating Entity: Banco Bilbao Vizcaya, S.A. - BBVA

ABSTRACT

This study analyzes the feasibility and impact of incorporating private market assets into life-cycle investment vehicles, a widely used fund structure in retirement planning. Using a set of historical time series obtained from Bloomberg and a stage-based optimization methodology (with realistic constraints on risk, liquidity, and progressively increasing illiquidity penalties), optimal portfolios are constructed for different age groups. The analysis is grounded in a quantitative framework based on logarithmic returns, realistic estimates of maximum volatility, and a penalization model applied to the expected returns of illiquid assets. The results show that, even when applying significant illiquidity penalties, the inclusion of private assets improves the expected return and Sharpe ratio in nearly all stages, without excessively compromising volatility. The findings suggest that such strategies may be particularly valuable for asset managers seeking to modernize their life-cycle products, adapting them to an increasingly diversified, sophisticated, and long-term-oriented market environment.

Keywords: Life-cycle investing, target-date funds, private markets, portfolio optimization, illiquidity premium, retirement planning, risk constraints, asset allocation.

1. Introduction

In recent years, life-cycle investment vehicles have gained significant prominence in wealth management, particularly within pension plans and retirement systems. These products offer an integrated solution that dynamically adjusts asset allocation over time, aligning with the investor's changing needs according to their age and investment horizon. However, despite their growing utility, the structure of these vehicles continues to evolve and still presents considerable room for improvement. In particular, there is an ongoing debate about the role that private market assets might play in such strategies—given their illiquidity but also their attractive long-term risk-return profile. This study emerges precisely from that concern: to rigorously and quantitatively explore whether it makes sense to incorporate these asset classes in a controlled manner within the architecture of life-cycle funds.

2. Project scope

This project examines the feasibility and impact of including private market assets in the design of life-cycle investment vehicles. Through a progressive construction approach, it defines an investment glide path tailored to different life stages and proposes an optimization model that maximizes expected return under realistic constraints (such as volatility caps, maximum weight for illiquid assets, and minimum liquidity requirements). The main novelty of the approach lies in the explicit incorporation of an illiquidity penalty applied directly to expected returns, adjusted by age group through a

logistic model. This makes it possible to more accurately capture the investor's increasing sensitivity to illiquidity as retirement approaches.

3. Implemented model description

The model used in this study is based on the classical Markowitz portfolio optimization framework, adapted to the context of life-cycle investment vehicles. For each life stage (defined by age groups), portfolio expected return is maximized under a specific volatility constraint, derived from an exponential model calibrated according to recommendations found in the literature (such as Vanguard and arXiv sources). The investment universe includes both public and private assets, with upper limits on private markets exposure and a minimum-maximum liquidity band.

Unlike static optimization, the model introduces an illiquidity penalty applied to the expected return of the Private Markets asset. This penalty is adjusted for each life stage using a logistic function that reflects the investor's increasing sensitivity to illiquidity with age. This approach results in more realistic portfolios, better aligned with the time-varying preferences of plan participants, while also respecting regulatory and operational constraints.

4. Results

The results of the study show that the inclusion of private market assets in life-cycle investment vehicles (even under a conservative framework with constraints and illiquidity penalties) enables the construction of more efficient portfolios in terms of risk-return trade-off. The optimized portfolios that incorporate Private Markets consistently exhibit higher expected returns and superior Sharpe ratios across most life stages, particularly in the early ones where risk tolerance is higher.

Although the illiquidity penalty significantly reduces the weight of private assets in later stages, their moderate presence still contributes positively to the return profile without breaching the prescribed risk limits. The analysis of actual portfolio metrics confirms that these allocations behave reasonably well even under adverse market conditions, although notable drawdowns were observed (consistent with the portfolio composition and the historical period analyzed (2003–2025)).

Overall, the results support the notion that private market assets can (and arguably should) be part of a modern life-cycle fund architecture, provided they are integrated with appropriate risk management, liquidity constraints, and investor time-horizon considerations.

5. Conclusions

This study demonstrates that the introduction of private markets into life-cycle investment vehicles can offer a meaningful improvement in financial efficiency, particularly when implemented in a controlled manner and tailored to the investor's risk profile and investment horizon. Far from advocating for an aggressive allocation to these assets, the model developed in this research prioritizes prudence, incorporating illiquidity penalties, realistic constraints, and a rigorous evaluation of adjusted performance metrics.

Beyond the specific numerical results—which may be influenced by the historical period analyzed or the type of indices used—the most valuable contribution of this work lies in its conceptual insight: private markets represent a valid and potentially powerful path for enhancing the architecture of future life-cycle funds. Today’s technological and quantitative tools allow for the integration of these assets with greater control and flexibility than just a few years ago, paving the way for a new generation of investment products that are more sophisticated, diversified, and aligned with the real behavior of retirement savers.

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	6
1.1 Motivación del proyecto.....	8
1.2 Estado de la cuestión	9
1.3 Objetivo del proyecto	10
1.4 Metodología.....	11
1.5 Estructura	13
Capítulo 2. Vehículos de ciclo de vida	17
2.1 Contexto y evolución histórica.....	19
2.2 Fundamentos de construcción de la trayectoria.....	21
2.3 Riesgos abordados y objetivos de inversión.....	25
2.3.1 Riesgo de longevidad.....	25
2.3.2 Riesgo de mercado (volatilidad).....	25
2.3.3 Riesgo de inflación	26
2.4 Principios de diversificación y distribución estratégica de activos	27
2.5 Comportamiento del inversor y diseño conductual	29
2.5.1 Simplificación de decisiones y reducción de la parálisis por análisis	30
2.5.2 Disciplina automática en el rebalanceo	30
2.5.3 Mitigación del comportamiento impulsivo en crisis.....	30
2.5.4 Alineación con mecanismos de ahorro automático.....	31
2.5.5 Consideración de preferencias y sesgos en los modelos	31
2.6 Modelos cuantitativos aplicados en el diseño	31
Capítulo 3. Mercados Privados	34
3.1 Private Equity (capital privado).....	36
3.2 Private Debt (deuda privada).....	38
3.3 Infraestructura	40
3.4 Real Estate (mercado inmobiliario privado).....	42
Capítulo 4. Optimización del modelo y análisis cuantitativo	46
4.1 Análisis descriptivo de rentabilidad, riesgo y correlaciones	48
4.2 Estimación de volatilidad máxima por etapa.....	56

4.3	Resultados de la optimización en bruto.....	59
4.4	Penalización por iliquidez	65
4.5	Resultados de la optimización con penalización aplicada.....	73
4.6	Resultados reales	78
4.7	Comparativa con optimización sin mercados privados	83
Capítulo 5. Conclusiones.....		90
Capítulo 6. Bibliografía.....		93
ANEXO I		99

Índice de figuras

Ilustración 1. Rentabilidad esperada frente a volatilidad anualizada de los activos. Elaboración propia a partir de datos de Bloomberg.	52
Ilustración 2. Matriz de correlación de rentabilidades mensuales entre activos. Elaboración propia.	53
Ilustración 3. Matriz de correlación de rentabilidades anuales entre activos. Elaboración propia.	54
Ilustración 4. Curva estimada de volatilidad máxima por edad. Elaboración propia a partir de un modelo exponencial ajustado sobre referencias extraídas de la literatura.	58
Ilustración 5. Distribución de activos por etapa. Elaboración propia a partir de los resultados de la optimización.	63
Ilustración 6. Gráfico de líneas que muestra la evolución de la asignación de activos. Elaboración propia.	64
Ilustración 12. Frontera eficiente - Activos agregados. Elaboración propia mediante simulación convexa.	65
Ilustración 13. Curva logística estimada de sensibilidad a la iliquidez según la edad. Elaboración propia. Muestra cómo el efecto penalizador crece conforme avanza el ciclo vital, reflejando una mayor aversión a la iliquidez en edades próximas a la jubilación.	70
Ilustración 14. Distribución agregada de pesos por tipo de activo y etapa del ciclo vital. Elaboración propia.	75
Ilustración 15. Gráfico de líneas que muestra la evolución comparada del peso de activos por etapa. Elaboración propia.	76
Ilustración 21. Gráfico de áreas apiladas que representan la evolución de la asignación a lo largo del ciclo de vida. Elaboración propia.	77

Índice de tablas

Tabla 1. Tabla de rentabilidad-riesgo por clase de activo. Elaboración propia con datos diarios de índices de Bloomberg desde enero de 2003 hasta junio de 2025.	50
Tabla 2. Intervalos estimados de volatilidad máxima por etapa de edad (modelo exponencial ajustado). Elaboración propia a partir de función ajustada sobre estimaciones basadas en literatura del sector.	58
Tabla 3. Cartera optimizada para la etapa 25–35. Elaboración propia a partir de la resolución del modelo de optimización.....	60
Tabla 4. Cartera optimizada para la etapa 36–45. Elaboración propia.....	60
Tabla 5. Cartera optimizada para la etapa 46–55. Elaboración propia.....	61
Tabla 6. Cartera optimizada para la etapa 56–65. Elaboración propia.....	61
Tabla 7. Cartera optimizada para la etapa 65+. Elaboración propia.....	61
Tabla 8. Intervalos estimados de sensibilidad a la iliquidez por etapa de edad. Elaboración propia a partir de la curva logística ajustada con el modelo de Dimitrov (2025).....	69
Tabla 9. Sensibilidades escogidas para aplicar la penalización por iliquidez en la rentabilidad esperada.	72
Tabla 10. Pesos óptimos por etapa del ciclo de vida (con penalización por iliquidez aplicada). Pesos óptimos calculados tras aplicar penalización a la rentabilidad esperada del activo de Mercados Privados. Elaboración propia a partir de datos de Bloomberg y simulaciones propias.	74
Tabla 11. Rentabilidades ajustadas aplicadas según sensibilidad por etapa. Elaboración propia.....	78
Tabla 12. Métricas de las carteras resultantes tras aplicar los pesos óptimos por activo. Elaboración propia.....	80
Tabla 13. Cartera optimizada para la etapa 25–35. Elaboración propia a partir de la resolución del modelo sin mercados privados.....	83

Tabla 14. Cartera optimizada para la etapa 36–45. Elaboración propia a partir de la resolución del modelo sin mercados privados.	84
Tabla 15. Cartera optimizada para la etapa 46–55. Elaboración propia a partir de la resolución del modelo sin mercados privados.	84
Tabla 16. Cartera optimizada para la etapa 56–65. Elaboración propia a partir de la resolución del modelo sin mercados privados.	85
Tabla 17. Cartera optimizada para la etapa 65+. Elaboración propia a partir de la resolución del modelo sin mercados privados.	85
Tabla 18. Métricas de las carteras optimizadas sin mercados privados. Elaboración propia.	85

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

La gestión patrimonial a lo largo del ciclo vital de una persona ha sido, desde hace décadas, uno de los grandes desafíos de la teoría y práctica financiera. A medida que la esperanza de vida ha aumentado, los sistemas de pensiones tradicionales han enfrentado crecientes tensiones estructurales y, en paralelo, los individuos se han visto cada vez más responsabilizados de gestionar su propio ahorro para la jubilación. En este contexto, han emergido soluciones de inversión diseñadas específicamente para acompañar al ahorrador durante las diferentes etapas de su vida laboral y post-laboral: los llamados vehículos de ciclo de vida o target-date funds.

Estos vehículos (que ajustan su exposición a activos financieros conforme el inversor envejece) ofrecen una aproximación automatizada y disciplinada al reto del ahorro a largo plazo, facilitando una asignación dinámica del riesgo que se va moderando con el paso de los años. Su popularidad ha crecido enormemente en las últimas dos décadas, especialmente en Estados Unidos (donde son ya una opción por defecto habitual en planes 401(k)), y progresivamente en otras jurisdicciones como Reino Unido, América Latina y algunos mercados europeos. Parte de su éxito reside en su capacidad para integrar aspectos tanto financieros como conductuales: eliminan la necesidad de que el partícipe tome decisiones constantes de inversión, lo que reduce la probabilidad de errores derivados de sesgos o falta de conocimiento.

Sin embargo, pese a sus virtudes, la mayoría de estos fondos continúan construyéndose exclusivamente con activos líquidos y cotizados, lo cual plantea una limitación importante en términos de diversificación y retorno potencial. En la última década, ha ganado fuerza el interés por la inclusión de activos privados (como private equity, deuda privada, infraestructura o inmobiliario no cotizado) en carteras estratégicas de largo plazo, gracias a sus propiedades diferenciadoras en términos de comportamiento y a su mayor potencial de rentabilidad ajustada al riesgo. Instituciones como fondos soberanos, planes de pensiones de gran escala y fundaciones han liderado este proceso de integración, argumentando que una

adecuada exposición a estos activos puede mejorar el perfil riesgo-retorno de las carteras, especialmente cuando el horizonte temporal es amplio.

En este trabajo se explora precisamente ese punto de encuentro: ¿qué papel podrían jugar los activos privados dentro del diseño de vehículos de ciclo de vida? ¿Hasta qué punto su inclusión mejora la eficiencia de las carteras a lo largo de las distintas etapas del ciclo vital? ¿Y cómo abordar, desde un punto de vista práctico y cuantitativo, los retos específicos que presentan (como su iliquidez, su menor frecuencia de valoración o sus restricciones legales y operativas) dentro de un modelo de optimización?

Responder a estas preguntas no es trivial. Supone combinar herramientas de teoría moderna de carteras con criterios adaptados al comportamiento real de los mercados privados, e introducir en el modelo factores que tradicionalmente se han dejado al margen (como el efecto del tiempo de desinversión sobre la rentabilidad efectiva o el impacto de la iliquidez estructural en contextos de desacumulación). A ello se suma la necesidad de mantener un enfoque que sea tanto cuantitativamente sólido como conceptualmente realista, reconociendo que las métricas obtenidas a partir de series históricas, aunque útiles, deben leerse con prudencia y perspectiva (especialmente en un periodo como el considerado, de más de dos décadas, que incluye crisis financieras, burbujas y recesiones significativas).

Así, el presente estudio se enmarca en un terreno de creciente interés tanto académico como profesional: la evolución del diseño de carteras objetivo en el contexto de la planificación financiera del retiro, con un enfoque que busca ir más allá del estado actual de las soluciones estándar. No se trata únicamente de mejorar una métrica concreta o de “ganar” unas décimas en rentabilidad esperada, sino de aportar una propuesta de valor conceptual y cuantitativa sobre cómo podrían adaptarse los vehículos ciclo de vida para reflejar mejor la realidad del inversor actual, más consciente de la necesidad de diversificación, más exigente con los rendimientos y cada vez más expuesto a un entorno de tasas reales bajas y mercados financieros volátiles.

En definitiva, esta introducción abre la puerta al análisis y discusión que se desarrollará a lo largo de este trabajo: una propuesta metodológica que combina optimización clásica con

criterios realistas de restricción y penalización, una caracterización precisa de activos tradicionales y privados, y una interpretación crítica de los resultados obtenidos. La intención última no es simplemente construir una cartera óptima en términos matemáticos, sino entender qué decisiones estratégicas emergen cuando se introduce la complejidad del mundo real en un modelo teórico, y cómo estas pueden traducirse en recomendaciones útiles para el diseño futuro de productos de inversión basados en ciclo de vida.

1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

La idea de este trabajo surge, sobre todo, de una sensación. Una sensación que cada vez se hace más evidente cuando uno analiza en profundidad cómo están contruidos los vehículos de ciclo de vida que ofrecen muchas gestoras: la de que se pueden mejorar. No porque estén mal diseñados, ni mucho menos, sino porque el entorno ha cambiado (y mucho) en los últimos años. Las técnicas, los datos disponibles, las herramientas de optimización y el propio mercado han evolucionado, y sin embargo, muchas estrategias de inversión siguen ancladas en modelos relativamente rígidos y poco adaptativos.

En un contexto en el que la personalización, la eficiencia y la sofisticación son cada vez más accesibles, da la sensación de que los productos ciclo de vida, en general, no han terminado de evolucionar al mismo ritmo. Y esto resulta llamativo, sobre todo si se tiene en cuenta el papel tan importante que juegan: son productos que acompañan al inversor durante décadas, que se diseñan para gestionar todo su ahorro para la jubilación, y que asumen (de forma implícita) una enorme responsabilidad. ¿No deberíamos aspirar, entonces, a que estén contruidos con el máximo nivel de rigor y aprovechando todo el potencial que hoy tenemos a nuestro alcance?

Esa es, en realidad, la principal motivación de este proyecto: contribuir, desde un enfoque técnico pero también práctico, a esa evolución necesaria. La idea no es reinventar la rueda, sino hacer una propuesta que sirva como base para repensar cómo se construyen estos productos. ¿Y si en lugar de limitarnos a activos líquidos tradicionales, empezamos a considerar otros activos con características complementarias, como los mercados privados?

Este trabajo intenta explorar precisamente eso. No se trata de construir un producto perfecto (porque probablemente no exista), sino de empujar un poco los límites de lo que entendemos por una estrategia de ciclo de vida bien diseñada. Y hacerlo con los pies en la tierra, siendo conscientes de las limitaciones que conlleva introducir activos como el private equity, la deuda privada o la infraestructura, pero también de las oportunidades que pueden ofrecer.

En el fondo, este proyecto nace del mismo lugar que nacen muchas buenas ideas: de una mezcla de curiosidad, ambición técnica y deseo de aportar valor. De la intuición de que se pueden hacer las cosas mejor, y de la voluntad de probarlo con datos, con modelos y con análisis serio. Porque si conseguimos que este tipo de vehículos evolucionen, aunque sea un poco, estaremos dando un paso importante para mejorar la experiencia de inversión (y el futuro financiero) de millones de personas.

1.2 ESTADO DE LA CUESTIÓN

Los fondos de ciclo de vida se han convertido en una de las herramientas más utilizadas para canalizar el ahorro a largo plazo, especialmente en contextos de jubilación. En países como Estados Unidos, su adopción ha sido masiva (en parte gracias a su uso como opción por defecto en muchos planes de pensiones), y su estructura ha ido ganando popularidad en otros mercados institucionales. Estos vehículos combinan, en teoría, una gestión automatizada del riesgo a lo largo del tiempo con una diversificación razonable entre clases de activos tradicionales, como la renta variable, la renta fija y la liquidez.

En la práctica, sin embargo, la mayoría de estos fondos siguen operando bajo esquemas relativamente simples. Las trayectorias o glide paths tienden a estar basadas en reglas estandarizadas (por ejemplo, “100 menos la edad en renta variable”), sin demasiadas adaptaciones a los perfiles reales de los partícipes o al entorno de mercado. Además, la asignación de activos suele limitarse a productos líquidos cotizados (en gran medida por facilidad operativa, liquidez diaria o cumplimiento regulatorio), lo que deja fuera a una parte importante del universo inversor actual: los mercados privados.

A pesar de la creciente literatura que respalda los beneficios potenciales de incluir activos alternativos en carteras de largo plazo (especialmente por su capacidad para aportar diversificación y rentabilidad ajustada al riesgo), la integración de estos activos en productos ciclo de vida aún es muy limitada. En parte, esto se debe a desafíos logísticos y regulatorios, pero también a la falta de estudios aplicados que muestren cómo podría hacerse de forma rigurosa y realista.

En este contexto, empiezan a surgir trabajos y modelos que plantean aproximaciones más avanzadas (como el VLCM de Vanguard, entre otros), pero todavía queda camino por recorrer. El presente trabajo se sitúa justo en ese espacio: entre la necesidad de mantener la robustez operativa de estos productos y el deseo —cada vez más justificado— de enriquecerlos con nuevos activos y criterios cuantitativos más sofisticados. Porque si el entorno ha cambiado, parece razonable que los vehículos que acompañan a los inversores durante toda su vida también evolucionen con él.

1.3 OBJETIVO DEL PROYECTO

El principal objetivo de este trabajo es analizar la viabilidad y el impacto de incorporar activos de mercados privados en la construcción de carteras para vehículos de ciclo de vida. Para ello, se propone un enfoque cuantitativo que permite modelizar distintas trayectorias de inversión a lo largo del tiempo, comparando versiones que incluyen estos activos con aquellas que no lo hacen.

La intención no es únicamente medir las diferencias en métricas, sino entender cómo estas diferencias se traducen en decisiones de asignación por etapa de edad, y qué implicaciones prácticas tienen para los partícipes. Asimismo, se busca ofrecer una aproximación realista, incorporando aspectos como la iliquidez de estos activos, sus efectos en la rentabilidad esperada y las restricciones típicas del entorno institucional.

En última instancia, el trabajo pretende aportar una perspectiva útil para quienes diseñan este tipo de productos (especialmente en gestoras y departamentos de asset allocation),

ofreciendo una base empírica y metodológica para explorar nuevas formas de enriquecer las estrategias de inversión orientadas al largo plazo.

1.4 METODOLOGÍA

El desarrollo de este trabajo se ha estructurado en torno a una metodología rigurosa, pero también flexible, que ha tratado de equilibrar la solidez cuantitativa con la aplicabilidad práctica. La finalidad ha sido construir un análisis que, sin perder profundidad técnica, pueda resultar útil y comprensible dentro del entorno real de diseño de vehículos de ciclo de vida.

El punto de partida ha sido la selección de un conjunto de clases de activos que representen tanto los mercados públicos como los privados. En concreto, se han utilizado series históricas diarias desde 2003 hasta junio de 2025 correspondientes a renta fija, renta variable, liquidez (a través del Euribor a 3 meses) y cuatro segmentos de mercados privados: Private Equity, Deuda Privada, Infraestructura y Real Estate. Las series han sido extraídas de Bloomberg mediante índices representativos para cada categoría, lo cual ha permitido trabajar con una base de datos sólida y homogénea.

Una vez recopiladas las series, se han calculado las rentabilidades logarítmicas diarias, sobre las que se han construido los indicadores básicos de análisis financiero: rentabilidad anual esperada, volatilidad anualizada, ratio de Sharpe y máximo drawdown. A partir de estos datos, se ha generado una primera tabla de caracterización de activos, complementada con un análisis de correlaciones (mensuales y anuales) y un gráfico de rentabilidad frente a volatilidad que ha servido para observar la posición relativa de cada activo dentro del universo de inversión.

Posteriormente, se ha diseñado una serie de carteras optimizadas para cinco etapas del ciclo de vida (25–35, 36–45, 46–55, 56–65 y 65+ años), empleando como base el modelo clásico de optimización de carteras de Markowitz. Para cada etapa, se ha establecido una restricción máxima de volatilidad distinta, calculada a partir de un modelo exponencial decreciente calibrado con base en la literatura académica y en las prácticas reales de diseño de fondos

(especialmente de gestoras como Vanguard y T. Rowe Price). Esto ha permitido definir un marco coherente de límites de riesgo acorde con la edad del inversor, ajustando así el nivel de agresividad de cada cartera.

La optimización se ha desarrollado bajo un enfoque realista, incluyendo restricciones prácticas como un peso máximo del 30 % en mercados privados (en línea con lo que se permite en entornos institucionales), un rango acotado para la liquidez (entre 1 % y 5 %), y la condición de no permitir posiciones cortas. Se han generado primero las carteras sin aplicar penalizaciones, con el objetivo de entender cuál sería el comportamiento de los activos privados en un entorno “ideal”, libre de fricciones.

En una segunda fase, se ha incorporado una penalización por iliquidez que afecta únicamente a la rentabilidad esperada de los mercados privados. Esta penalización se ha modelizado a través de una función logística que relaciona la edad del inversor con la sensibilidad al número de días de iliquidez del activo. Las sensibilidades aplicadas han sido calibradas por etapa a partir de un rango plausible estimado también con base en trabajos académicos (como el estudio de Dimitrov, 2025), lo cual ha dotado al modelo de mayor robustez y realismo. La idea subyacente es que a medida que el inversor envejece, se vuelve más sensible a la iliquidez, y por tanto requiere un mayor ajuste negativo en las rentabilidades de estos activos.

Tras la optimización con penalizaciones, se han recalculado las métricas reales (rentabilidad, volatilidad, Sharpe y drawdown) aplicando los pesos obtenidos a las rentabilidades sin penalizar. Esto ha permitido evaluar los resultados desde una perspectiva realista, incorporando el efecto de la penalización en la asignación, pero manteniendo las métricas basadas en las rentabilidades efectivas de mercado.

En la última fase del trabajo, se ha generado un conjunto de carteras optimizadas que excluyen por completo los mercados privados, de modo que puedan compararse con las anteriores. Esta comparación se ha realizado etapa por etapa, valorando no solo las métricas numéricas sino también la lógica subyacente en las asignaciones. Finalmente, el trabajo se ha cerrado con un análisis comparativo profundo y unas conclusiones que recogen las ideas clave y las lecciones prácticas que pueden extraerse del estudio.

El conjunto del trabajo se ha implementado íntegramente en Python, utilizando librerías como pandas, numpy, cvxpy y matplotlib, y ejecutado en entornos como Google Colab. Esto ha permitido construir un flujo de trabajo reproducible, escalable y fácilmente adaptable a nuevos supuestos o ampliaciones futuras.

1.5 ESTRUCTURA

El trabajo se ha estructurado de manera progresiva y coherente, con el objetivo de que el lector pueda recorrer todo el análisis de forma comprensible y ordenada, desde el planteamiento inicial hasta los resultados cuantitativos y las conclusiones extraídas. La estructura no solo refleja el proceso de trabajo seguido, sino que también facilita la lectura y el entendimiento de las decisiones que se han tomado a lo largo del camino.

El capítulo 2 está dedicado a introducir de forma rigurosa y accesible el concepto de los vehículos de inversión basados en el ciclo de vida, que constituyen el eje vertebrador del presente trabajo. En esta sección se explican los fundamentos teóricos y prácticos de este tipo de productos, así como los riesgos que buscan mitigar (como el riesgo de longevidad, el riesgo de mercado o el riesgo de inflación) y los objetivos que persiguen a lo largo de la trayectoria vital del inversor. Se analiza también cómo se construyen estas trayectorias de asignación de activos, qué principios guían su diversificación estratégica, cómo se gestionan a lo largo del tiempo y, en particular, de qué forma incorporan elementos conductuales para facilitar el comportamiento financiero racional de los partícipes. Por último, se describe el uso de modelos cuantitativos que permiten diseñar trayectorias óptimas ajustadas a los perfiles de riesgo, horizonte temporal y objetivos de rentabilidad del inversor, con especial mención al modelo desarrollado por Vanguard (VLCM) y otras alternativas de la industria. Este capítulo sirve, en definitiva, para establecer el marco conceptual sobre el que más adelante se probarán y contrastarán los efectos de introducir activos ilíquidos en la estrategia de asignación.

A continuación, el capítulo 3 introduce al lector en el mundo de los mercados privados, ofreciendo una explicación detallada y razonada sobre los principales activos que componen

esta categoría. Se abordan por separado el Private Equity, la Deuda Privada, la Infraestructura y el Real Estate privado, explicando no solo sus características económicas, sino también su liquidez, su horizonte temporal, su papel dentro de una cartera multiactivo y su perfil de riesgo-retorno. Este capítulo se limita a describir la naturaleza y comportamiento de estos activos desde una perspectiva cualitativa, reservando el análisis cuantitativo (como rentabilidades, volatilidades o correlaciones) para capítulos posteriores.

El capítulo 4 constituye el núcleo analítico del trabajo. En él se lleva a cabo el análisis cuantitativo y la construcción de carteras óptimas por etapa de edad, siguiendo una filosofía de inversión basada en ciclo de vida. Este bloque está dividido en varias secciones, cada una de las cuales aporta una pieza clave al diseño del modelo final:

- En la sección 4.1, se presenta el análisis descriptivo de los activos seleccionados. Aquí se recopilan y analizan métricas relevantes como la rentabilidad anualizada, la volatilidad, el ratio de Sharpe, el drawdown máximo y las matrices de correlación (tanto mensuales como anuales). También se incorpora un gráfico de dispersión que permite visualizar de manera intuitiva la relación entre rentabilidad y riesgo para cada activo.
- La sección 4.2 introduce una primera optimización de carteras sin aplicar ningún tipo de penalización por iliquidez. El objetivo de esta fase es observar cómo se comporta el modelo si se le permite asignar libremente peso a los activos privados dentro de los límites regulatorios (como el máximo del 30 por ciento en Mercados Privados y el rango permitido de 1 a 5 por ciento en Liquidez). Esta optimización se realiza para cinco etapas de edad diferentes, cada una con su correspondiente límite de volatilidad máxima.
- En la sección 4.3, se justifica y se implementa un modelo específico para estimar los límites de volatilidad máximos por etapa de edad. Este modelo, construido a partir de una curva exponencial ajustada con referencias extraídas de la literatura académica (como los estudios de Vanguard o TIAA), permite establecer rangos razonables de volatilidad tolerable en función de la edad. Se trata de una parte clave del diseño, ya que proporciona una base empírica para las restricciones de riesgo aplicadas en el optimizador.

- La sección 4.4 introduce la penalización por iliquidez, que se aplica directamente a la rentabilidad esperada de los activos (especialmente al agregado de Mercados Privados). A través de un modelo logístico ajustado con valores representativos de sensibilidad creciente con la edad, se calcula una penalización proporcional que refleja el mayor coste implícito de mantener activos ilíquidos a medida que se acerca la edad de jubilación. Esta penalización no se aplica a todos los activos por igual, sino que se concentra en aquellos con mayor iliquidez estructural, y se adapta en intensidad para cada etapa de edad.
- En la sección 4.5, se presentan los resultados de la optimización cuando ya se ha incorporado la penalización por iliquidez. Dado que las rentabilidades han sido ajustadas artificialmente para reflejar ese efecto, esta sección no incluye métricas finales (ya que no serían representativas), sino que se centra en analizar cómo varían los pesos óptimos asignados a cada activo como consecuencia de la penalización aplicada.
- A continuación, en la sección 4.6, se recalculan todas las métricas reales para las carteras optimizadas con penalización. Es decir, se aplican los pesos resultantes del modelo con penalización, pero sobre las rentabilidades reales (sin ajustar), con el fin de obtener valores auténticos de rentabilidad esperada, volatilidad, Sharpe ratio y drawdown. Esta sección permite observar las consecuencias prácticas de haber optimizado teniendo en cuenta la iliquidez, y ofrece una evaluación más fiel del impacto de la estrategia sobre el inversor.
- Finalmente, la sección 4.7 recoge un análisis comparativo muy detallado entre las dos versiones del optimizador: una con Mercados Privados (y penalización por iliquidez) y otra sin ellos. Se compara no solo la evolución de las carteras y sus pesos por etapa, sino también las métricas finales de rentabilidad y riesgo. Esta parte constituye el cierre analítico del trabajo, y permite responder de forma estructurada a la pregunta central que motiva el proyecto: ¿mejora la inclusión de Mercados Privados el diseño y comportamiento de los vehículos de ciclo de vida?

Por último, el capítulo 5 está dedicado a las conclusiones. En él se recogen las ideas más relevantes que emergen del trabajo, se discute el valor real de los resultados obtenidos (entendiendo que lo importante no son únicamente las cifras concretas, sino el marco estratégico que se construye), y se proponen posibles mejoras al modelo. Se reflexiona también sobre las limitaciones del estudio y se abren líneas de trabajo futuro, como la incorporación de activos aún más descorrelacionados (como materias primas o derivados), o la simulación de trayectorias con eventos extremos para robustecer el enfoque.

Capítulo 2. VEHÍCULOS DE CICLO DE VIDA

Los vehículos de inversión de ciclo de vida, también denominados fondos con fecha objetivo o target-date funds, son instrumentos diseñados para gestionar de forma progresiva las inversiones de una persona a lo largo de su vida, con la jubilación como destino final. La idea central es que la asignación de activos se adapta automáticamente en función de la edad del partícipe o de los años restantes hasta la fecha estimada de retiro, lo que permite reducir el nivel de riesgo conforme se acorta el horizonte temporal.

En la práctica, estos fondos comienzan con una exposición elevada a activos de riesgo, como la renta variable, con el objetivo de maximizar el crecimiento del capital en las etapas tempranas de la vida laboral. Posteriormente, van migrando hacia una estructura más conservadora, en la que predomina la renta fija, con el fin de preservar el capital acumulado y reducir la volatilidad en los años cercanos a la jubilación. Según BBVA Asset Management, estos fondos buscan “planificar estrategias generacionales en las que la distribución de los activos financieros (asset allocation) va evolucionando según se acerca la edad estimada de jubilación, pasando de posicionamientos con más riesgo cuando el ahorrador es joven, a posicionamientos más conservadores en los años previos a la jubilación” (BBVA Asset Management, 2023).

Este enfoque implica que el mismo fondo (o conjunto de fondos) acompaña al inversor durante varias décadas, reajustando automáticamente la cartera para adaptarse a los cambios en su tolerancia al riesgo. La mayoría de estos fondos se estructura siguiendo una trayectoria predefinida de riesgo conocida como glide path, que representa la evolución planificada del nivel de riesgo a lo largo del tiempo. En los primeros años de la trayectoria, se suele asignar entre un 80 % y un 90 % del capital a renta variable (por ejemplo, acciones globales), aprovechando la mayor capacidad de asumir riesgo de los partícipes jóvenes. Con el paso de los años, esa proporción se reduce de forma gradual, hasta estabilizarse en torno al 30 % en la fase de jubilación, cuando se prioriza la estabilidad del capital, pero sin renunciar del todo

al crecimiento que pueda contrarrestar el efecto de la inflación o una mayor longevidad (Vanguard, 2023; T. Rowe Price, 2023).

Una de las ventajas más destacadas de estos fondos es su carácter automático y su sencillez para el inversor. Se presentan como una solución “llave en mano”, en la que el inversor únicamente debe seleccionar el fondo correspondiente a su edad de jubilación prevista (por ejemplo, 2050), y a partir de ahí es el gestor profesional quien se encarga del diseño, ajuste y rebalanceo continuo de la cartera. Este planteamiento es especialmente valioso para personas con escasos conocimientos financieros, o que simplemente prefieren delegar la gestión en profesionales. Es lo que se conoce como una estrategia do-it-for-me (hazlo por mí), que ha sido clave en su éxito comercial, particularmente en países donde los sistemas de pensiones se basan en cuentas individuales o planes de aportación definida (PPA, 2006).

Ahora bien, que la gestión esté automatizada no significa que se eliminen los riesgos financieros. Estos fondos continúan expuestos a las oscilaciones de mercado propias de los activos en los que invierten. Lo que se logra es una evolución ordenada del riesgo, alineada con la trayectoria vital del inversor. Así, un desplome bursátil afectará también a un fondo de ciclo de vida, aunque su impacto será menor cuanto más cercano esté a la fecha objetivo, debido a su perfil conservador en las etapas finales (Fidelity, 2022).

La estructura de estos vehículos responde a una filosofía de gestión intertemporal del riesgo. Los jóvenes pueden tolerar mayor volatilidad porque tienen más tiempo para recuperarse y una fuente de ingresos futura (capital humano) que les permite asumir riesgos financieros. Por ello, se prioriza la exposición a renta variable en los primeros años. A medida que se aproxima la jubilación, esa tolerancia disminuye y se pasa a un perfil más defensivo, con mayor peso de bonos gubernamentales, deuda de alta calidad y, en algunos casos, activos protegidos contra la inflación (TIPS), instrumentos de liquidez o renta fija de corto plazo (Vanguard, 2023).

En resumen, los fondos de ciclo de vida representan una solución integral que combina asignación estratégica, gestión profesional, disciplina en el rebalanceo y adaptación automática al paso del tiempo. Han sido diseñados no solo con criterios financieros, sino

también conductuales: simplifican la toma de decisiones, reducen los errores comunes del inversor medio y mejoran la probabilidad de lograr un nivel de ahorro suficiente al alcanzar la jubilación. No son infalibles, pero constituyen una herramienta valiosa para quienes buscan delegar con criterio su planificación de largo plazo.

2.1 CONTEXTO Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA

Los fondos de ciclo de vida nacieron a mediados de la década de 1990 como respuesta a la creciente necesidad de simplificar la planificación financiera de largo plazo, especialmente para la jubilación. El concepto fue concebido bajo la premisa de que muchos inversores particulares carecían del tiempo, el conocimiento o la disposición para gestionar activamente su asignación de activos a medida que envejecían. Desde el principio, estos fondos se comercializaron con la idea de “set it and forget it” (configúralo y olvídalos), es decir, una solución automatizada que permitiera al inversor delegar completamente las decisiones de inversión durante el ciclo de vida de ahorro (Pension Research Council, 2009).

Los primeros vehículos de este tipo fueron lanzados en Estados Unidos en 1994 por firmas como Wells Fargo y Barclays Global Investors. No obstante, su adopción inicial fue lenta, limitada principalmente a inversores sofisticados o planes de pensiones con una fuerte orientación hacia la innovación. Fue a partir de la década de 2000 cuando estos productos empezaron a ganar protagonismo, impulsados por una creciente preocupación por la suficiencia del ahorro previsional y la complejidad creciente de los mercados financieros (Mitchell & Utkus, 2006).

El verdadero punto de inflexión en su adopción masiva llegó con la aprobación de la Pension Protection Act (PPA) en 2006 en Estados Unidos, que fomentó las inscripciones automáticas en los planes de pensiones 401(k) y reconoció formalmente a los fondos con fecha objetivo como una de las inversiones por defecto seguras (QDIA, Qualified Default Investment Alternatives) para los partícipes que no eligieran activamente su cartera (US Department of Labor, 2007). Desde ese momento, su penetración en planes de aportación definida se disparó. Según T. Rowe Price (2023), los fondos ciclo de vida se han convertido en la opción

por defecto predominante, con más del 80 % de los nuevos flujos en planes 401(k) canalizados hacia estas estrategias.

Los datos avalan este crecimiento. Entre 2008 y 2018, los activos gestionados en fondos target-date crecieron a una tasa anual compuesta superior al 20 %, pasando de menos de 160.000 millones de dólares a más de 1,1 billones (Morningstar, 2018). A finales de 2022, alrededor del 60 % de los partícipes activos en planes 401(k) invertían en fondos con fecha objetivo, y el 89 % de los planes ofrecían al menos una estrategia de este tipo como opción predeterminada (Vanguard, 2023).

Fuera de Estados Unidos, la lógica del ciclo de vida ha sido adoptada con variaciones. En países latinoamericanos como Chile o Perú, los sistemas de capitalización individual implementaron esquemas de multifondos por edad, que replican el ajuste progresivo del riesgo conforme el afiliado envejece. En Europa, países como Reino Unido incorporaron el enfoque ciclo de vida en sus sistemas de auto-enrolamiento (NEST) y muchas gestoras internacionales han adaptado sus series target-date al contexto europeo, respetando la progresión de riesgo a lo largo del tiempo (OECD, 2020).

La evolución del diseño también ha sido notable. Mientras que los primeros fondos ciclo de vida se limitaban a una mezcla sencilla de acciones y bonos tradicionales, las generaciones más recientes incluyen exposiciones diversificadas a nivel global, instrumentos vinculados a la inflación (TIPS), renta variable de mercados emergentes, bonos corporativos, e incluso exposiciones modestas a activos alternativos (Fidelity, 2022). Esta expansión del universo de inversión responde a la necesidad de robustecer las carteras ante entornos económicos diversos, especialmente en las etapas cercanas a la jubilación, donde los riesgos son más complejos.

Además, la industria ha experimentado una fuerte migración hacia modelos de bajo coste mediante el uso de fondos indexados subyacentes. Series como Vanguard Target Retirement o Fidelity Freedom Index han reducido considerablemente las comisiones totales, haciendo estos productos más accesibles y eficientes. Según Vanguard (2023), más del 50 % del

patrimonio en fondos ciclo de vida corresponde ya a versiones pasivas indexadas, lo que refleja una preferencia creciente por soluciones simples, robustas y de bajo coste.

Aun así, persisten enfoques diferenciados. Gestoras como T. Rowe Price o American Funds mantienen un enfoque activo, defendiendo que pueden aportar valor mediante selección de activos y ajustes tácticos moderados dentro de un marco estratégico disciplinado (T. Rowe Price, 2023). En todo caso, el objetivo sigue siendo el mismo: acompañar al inversor desde el inicio de su vida laboral hasta el retiro y más allá, ajustando la asignación de activos de manera coherente con su horizonte, tolerancia al riesgo y necesidades previsionales.

2.2 FUNDAMENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA TRAYECTORIA

El corazón de un vehículo de ciclo de vida es su trayectoria, término que denomina la planificación de la asignación de activos a lo largo del tiempo. En esencia, el glide path es la estrategia de asset allocation variable en el tiempo: define en qué proporción se invertirá en cada clase de activo (acciones, bonos, etc.) en cada momento de la vida del fondo, desde sus inicios (con muchos años por delante hasta la meta) hasta la fecha objetivo y más allá. Es el principal determinante del nivel de riesgo y retorno que experimentará el partícipe en cada etapa, y por tanto su diseño es crítico para el éxito de la estrategia. Fidelity Investments (2018) destaca que la trayectoria es el principal motor de los resultados de un partícipe en un fondo de fecha objetivo, pues refleja las creencias del gestor sobre cómo equilibrar riesgo y rentabilidad a lo largo del horizonte de inversión. En consecuencia, construir adecuadamente esta trayectoria requiere un análisis riguroso de factores como: la duración del periodo de acumulación y de retiro, la tolerancia al riesgo de los inversores objetivo en cada tramo de edad, las expectativas de rentabilidad futura de los mercados, la capacidad de ahorro de los inversores, y los riesgos clave (mercado, inflación, longevidad) que deben mitigarse.

¿Cómo se diseña una trayectoria óptima? En la práctica, las gestoras adoptan enfoques ligeramente distintos, pero todos comparten ciertos fundamentos. En primer lugar, se asume una relación inversa entre horizonte temporal y capacidad de asumir riesgo: cuanto más

lejano esté el objetivo (más joven el inversor), mayor porcentaje de activos volátiles como acciones se considera apropiado, y viceversa. Esto se apoya en la teoría clásica de las finanzas del ciclo de vida y la noción de capital humano (Basu et al., 2011). Un inversor joven tiene décadas por delante para recuperarse de eventuales caídas bursátiles y cuenta con futuros ingresos del trabajo (capital humano) que funcionan como un “activo” similar a un bono, permitiéndole tomar posiciones agresivas en su cartera financiera. Por el contrario, a medida que ese inversor envejece, su capacidad de reponerse de pérdidas disminuye (menos años laborales para aportar ahorro y menos margen para esperar recuperaciones del mercado), por lo que se justifica migrar hacia activos más estables. Este principio general se implementa en una trayectoria típica aumentando gradualmente la exposición a renta fija y reduciendo la de renta variable conforme el calendario avanza hacia la fecha objetivo (Vanguard, 2021).

Un segundo aspecto clave es definir la forma exacta de esa trayectoria de riesgo. Algunas cuestiones que los equipos de asset allocation evalúan incluyen: ¿debería la reducción de riesgo ser lineal, escalonada o curvilínea? ¿Con qué ritmo se debe rebajar la renta variable en cada período (por ejemplo, X% menos por año, o ajustes mayores concentrados en ciertos hitos de edad)? ¿Qué nivel de riesgo residual debe quedar en la fecha objetivo y posteriormente? Sobre este último punto, la industria ha desarrollado dos grandes enfoques de trayectoria: estrategias to retirement (hasta la jubilación) versus through retirement (a través de la jubilación). En una trayectoria “to”, el fondo alcanza su asignación más conservadora precisamente en el año objetivo (por ejemplo, 30 % acciones / 70 % bonos al llegar a 65 años) y se mantiene estático después. En cambio, en un enfoque through, el fondo aún continúa reduciendo ligeramente el riesgo durante algunos años posteriores a la jubilación, bajo la premisa de que el inversor seguirá invertido en la fase de retiro y podría vivir varias décadas más (Young et al., 2017). Gestoras como Vanguard, Fidelity o T. Rowe Price optan por trayectorias through, donde el aterrizaje final (por ejemplo, ~30 % renta variable) ocurre varios años después de la fecha de retiro para seguir gestionando el riesgo de longevidad del jubilado. En contraste, otras casas más conservadoras pueden elegir un enfoque to para minimizar la volatilidad exactamente al momento de la jubilación. No existe

un consenso absoluto sobre qué enfoque es superior; ambos tienen argumentos válidos según las características de la población objetivo y su comportamiento en la fase de retiro (Jaconetti et al., 2021).

Al diseñar la trayectoria, los gestores deben balancear objetivos financieros con consideraciones conductuales. T. Rowe Price (2023) señala que intervienen dos tipos de objetivos: los económicos, relacionados con maximizar el rendimiento y lograr las metas de ahorro, y los conductuales, relacionados con aumentar la probabilidad de que los partícipes sigan invertidos y no tomen decisiones perjudiciales en momentos críticos. Un ejemplo de objetivo económico es maximizar la tasa de reemplazo de ingresos en la jubilación (es decir, que el ahorro acumulado pueda sostener cierto nivel de ingresos anual una vez retirado). Este objetivo empuja a mantener suficiente exposición a activos de crecimiento (acciones) durante la mayor parte de la vida laboral. Pero al mismo tiempo, un objetivo conductual importante es limitar la probabilidad de grandes pérdidas cerca de la jubilación, porque caídas pronunciadas podrían asustar al inversor poco sofisticado y llevarlo a desinvertir en el peor momento. Así, el diseñador de la trayectoria debe sopesar los costes de oportunidad: más renta variable ofrece mayor crecimiento esperado (y protege frente al riesgo de quedarse sin fondos en vida), pero también implica mayor volatilidad a corto plazo (y podría provocar abandonos o insuficiencia de capital en una crisis). La filosofía de T. Rowe Price resume este equilibrio indicando que sus trayectorias buscan ser “dirigidas hacia un objetivo concreto, robustos y amigables con el comportamiento del inversor”, encontrando un balance entre “la meta de reemplazo de ingresos vitalicios y la limitación del riesgo de pérdida de capital” (T. Rowe Price, 2023).

Otra decisión fundamental es la composición de activos en cada tramo de la trayectoria. Si bien el binomio acciones-bonos es el eje principal, existe un amplio debate técnico sobre qué tipos de acciones y qué tipos de bonos (u otros activos) optimizan la cartera en cada fase. Por ejemplo, en etapas jóvenes (alta renta variable) suele buscarse máxima diversificación en acciones por región geográfica, sector económico y capitalización, dado que casi todo el riesgo de la cartera proviene de la renta variable. En las etapas maduras, la composición de la renta fija cobra mayor importancia: ¿debería priorizarse deuda gubernamental de alta

calidad para brindar estabilidad? ¿Incluir bonos corporativos o de mercados emergentes para mayor rendimiento? ¿Incorporar bonos indexados a inflación para proteger el poder adquisitivo? La práctica común en muchos fondos objetivo es introducir bonos protegidos contra la inflación (TIPS, si nos referimos a los bonos americanos, específicamente) conforme el partícipe se acerca a la jubilación, justamente para cubrir el riesgo de pérdida de poder de compra en los años de retiro (Fidelity, 2018). Del mismo modo, algunas trayectorias incorporan una pequeña porción de liquidez o equivalentes al efectivo en los últimos años pre-jubilación, con el fin de tener un colchón para pagos inmediatos o retiros iniciales. En suma, la construcción de la trayectoria implica no solo cuánto riesgo asumir en cada momento, sino también cómo se materializa ese riesgo en la cartera mediante una diversificación adecuada en distintos activos.

Las gestoras líderes sustentan el diseño de sus trayectorias en modelos cuantitativos y análisis de escenarios. Por ejemplo, evalúan miles de posibles trayectorias económicas futuras utilizando simulaciones Monte Carlo y pruebas de estrés histórico para estimar cómo diferentes configuraciones de trayectoria rendirían en términos de balance entre riesgo y retorno (Vanguard, 2021). Fidelity indica que su proceso de construcción de la trayectoria considera tanto perspectivas históricas como simulaciones prospectivas de mercados de capital, y sintetiza múltiples marcos analíticos para evaluar el impacto de diversos riesgos en los resultados de jubilación (Fidelity, 2018). En última instancia, la trayectoria seleccionada refleja la creencia del gestor sobre cuál es la estrategia óptima (o al menos satisfactoria) para un participante promedio dado. Vanguard, por ejemplo, combina datos empíricos de comportamiento de ahorradores reales con pronósticos de su modelo de mercados de capital, y somete sus propuestas de trayectoria a evaluación constante contra miles de trayectorias simuladas para asegurarse de que ofrecen alta probabilidad de éxito en distintas condiciones. Aunque cada casa de inversión puede llegar a respuestas ligeramente distintas (lo que explica por qué las trayectorias de Fidelity, Vanguard o T. Rowe Price no son idénticas), todos comparten el objetivo último de optimizar los resultados de largo plazo del inversionista promedio, gestionando de forma dinámica su exposición al riesgo conforme envejece.

2.3 RIESGOS ABORDADOS Y OBJETIVOS DE INVERSIÓN

Los vehículos de ciclo de vida nacen con el propósito fundamental de ayudar a los inversores a gestionar de forma integrada los principales riesgos financieros que pueden comprometer el éxito de la planificación de la jubilación. Su diseño parte de la premisa de que, en ausencia de intervención profesional, muchos ahorradores tienden a subestimar ciertos riesgos clave o a tomar decisiones inadecuadas en momentos críticos. En este contexto, los fondos de fecha objetivo pretenden establecer una estrategia de inversión automatizada y adaptativa que mitigue dichos riesgos a lo largo de toda la vida del inversor (Vanguard, 2020).

2.3.1 RIESGO DE LONGEVIDAD

Se trata del riesgo de que el inversor sobreviva a su patrimonio acumulado, es decir, que sus recursos se agoten mientras continúa necesitando ingresos. Este riesgo ha cobrado creciente importancia a medida que la esperanza de vida se ha alargado en las últimas décadas. Según T. Rowe Price (2018), uno de los principales objetivos de sus fondos de ciclo de vida es “maximizar la probabilidad de que los activos duren durante toda la jubilación”. Para enfrentarlo, las estrategias de ciclo de vida mantienen una elevada exposición a activos de crecimiento (como acciones) durante las primeras décadas de la vida laboral, con el fin de acumular suficiente capital antes del retiro. Posteriormente, la asignación se ajusta progresivamente para encontrar un equilibrio entre estabilidad e ingresos sostenibles, incluso contemplando fases post-jubilación (estrategias through retirement) que permiten seguir generando rentabilidad después de la fecha objetivo (Fidelity, 2020).

2.3.2 RIESGO DE MERCADO (VOLATILIDAD)

Este riesgo hace referencia a la posibilidad de que una caída brusca del mercado afecte de forma significativa al valor de la cartera en momentos clave, como justo antes o después de la jubilación. En estas situaciones, una pérdida relevante puede ser difícil de recuperar, tanto por falta de tiempo como por la necesidad de empezar a retirar fondos. Para mitigar este riesgo, los fondos con trayectoria de ciclo de vida reducen progresivamente la exposición a activos volátiles como la renta variable conforme se acerca la edad de retiro (Morningstar,

2023). T. Rowe Price (2018) destaca que uno de los pilares de su glide path es precisamente proteger al inversor frente a grandes caídas cercanas a la jubilación, al tiempo que conserva un nivel adecuado de exposición a acciones para seguir creciendo moderadamente. Cabe señalar que la volatilidad no puede eliminarse sin sacrificar retorno, por lo que se busca un equilibrio razonable entre rentabilidad y riesgo.

2.3.3 RIESGO DE INFLACIÓN

A lo largo del tiempo, incluso una inflación moderada puede erosionar de forma considerable el poder adquisitivo del ahorro acumulado. Por ello, una de las prioridades de las gestoras es preservar el valor real del patrimonio del inversor, especialmente en la etapa de jubilación, cuando ya no se generan ingresos laborales. Las acciones, al representar participaciones en empresas con capacidad de trasladar el aumento de precios a sus productos o servicios, constituyen una cobertura natural frente a la inflación en horizontes largos. Además, muchas gestoras incorporan activos específicos como los bonos indexados a inflación (TIPS) en la fase final del ciclo de vida para reforzar esa protección (Fidelity, 2020; Vanguard, 2020). El objetivo es que el capital no solo se conserve nominalmente, sino que mantenga su capacidad real de generar ingresos sostenibles.

Junto a estos tres riesgos fundamentales, los fondos de ciclo de vida también tienen en cuenta riesgos adicionales como el riesgo de tipo de interés, el riesgo de crédito y el riesgo de liquidez. Estos factores suelen adquirir mayor relevancia en la etapa final del ciclo de vida, cuando la renta fija constituye una proporción significativa de la cartera. Por ejemplo, para reducir la sensibilidad a cambios en los tipos de interés, muchas gestoras incorporan bonos de duración corta o intermedia, y evitan exposiciones elevadas a bonos corporativos de baja calidad crediticia en fases próximas a la jubilación (Vanguard, 2023). Asimismo, mantener una fracción de activos líquidos permite hacer frente a retiradas imprevistas sin necesidad de deshacer posiciones en condiciones de mercado desfavorables.

El diseño de la trayectoria se convierte, por tanto, en una herramienta de gestión de riesgos intertemporal. Durante la acumulación se prioriza el crecimiento para combatir la inflación y evitar el riesgo de quedarse sin capital. A medida que se acerca el retiro, se reduce gradualmente la exposición al riesgo de mercado, con el objetivo de proteger el capital en los momentos más delicados. Esta lógica está presente en los modelos de todas las gestoras líderes. Fidelity (2020) resume su enfoque indicando que su prioridad es “mantener el estándar de vida del partícipe durante la jubilación”, lo que implica buscar simultáneamente acumulación y protección. Vanguard, por su parte, sostiene que el objetivo de su trayectoria es “ayudar a mejorar los resultados del inversor”, entendiéndolo por ello maximizar la probabilidad de que sus necesidades de ingreso sean cubiertas de forma sostenible y eficiente a lo largo de toda su vida (Vanguard, 2020).

2.4 PRINCIPIOS DE DIVERSIFICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN ESTRATÉGICA DE ACTIVOS

La diversificación es uno de los pilares fundamentales en la construcción de los fondos de ciclo de vida. Dado que estos vehículos están diseñados como soluciones integrales para la jubilación de los inversores, sus carteras suelen incluir un amplio espectro de clases de activos con el fin de aprovechar al máximo los beneficios de la diversificación global. En un solo fondo pueden coexistir acciones de múltiples regiones (como EE.UU., Europa y países emergentes), bonos de diferentes tipos (gubernamentales, corporativos, ligados a inflación), activos monetarios e incluso, en algunos casos, exposiciones moderadas a activos alternativos o inmobiliarios (T. Rowe Price, 2016).

El objetivo es minimizar la dependencia de un único segmento del mercado y repartir el riesgo entre múltiples fuentes de rendimiento. Tal como señala Fidelity (2022), la diversificación permite construir carteras más resilientes ante los ciclos económicos y la volatilidad, ayudando a los inversores a permanecer invertidos a lo largo del tiempo. T. Rowe Price enfatiza además que su estrategia consiste en diversificar tanto dentro de cada clase de activo como entre clases distintas, incluyendo dentro de la renta variable combinaciones de

diferentes regiones, estilos (growth, value, core) y tamaños de capitalización, y dentro de la renta fija una gama de bonos de alta calidad, bonos emergentes, bonos high yield y TIPS.

La asignación estratégica de activos sigue una trayectoria predefinida (glide path), que establece con antelación la combinación esperada de activos para cada tramo de edad. Esta asignación se revisa periódicamente pero no se modifica en función del comportamiento diario del mercado. Es decir, no se trata de gestión activa frecuente, sino de un rebalanceo sistemático cuyo propósito es mantener la exposición alineada con la trayectoria establecida. Vanguard (2023) destaca que este enfoque proporciona disciplina y previsibilidad, ya que los partícipes saben de antemano cómo evolucionará su exposición al riesgo.

Este rebalanceo periódico impone una lógica de “vender caro y comprar barato” de forma automatizada. Por ejemplo, si la renta variable sube mucho y su peso en la cartera aumenta más allá de lo previsto, el gestor vende parte de esa posición para mantener la trayectoria. Esta práctica sistemática no solo preserva la coherencia con la estrategia de riesgo, sino que evita decisiones emocionales del inversor.

Desde el punto de vista del diseño del producto, otro principio importante es la sencillez y transparencia en la construcción del portafolio. Muchas gestoras utilizan fondos subyacentes líquidos y conocidos, como ETFs o fondos indexados de renta variable global o renta fija agregada, para asegurar bajos costes y trazabilidad. De hecho, el crecimiento de los fondos target-date indexados ha sido notable: para 2023, más de la mitad del patrimonio gestionado en estos vehículos estaba en versiones pasivas, lo que refleja la preferencia del mercado por soluciones de bajo coste (Fidelity, 2022). Vanguard, por ejemplo, administra más de un billón de dólares en fondos ciclo de vida mediante un enfoque indexado y una política de comisiones muy reducidas.

En términos de gestión del riesgo, la diversificación es la herramienta principal para amortiguar la volatilidad sin renunciar completamente al crecimiento. Incluir renta variable internacional mitiga el riesgo de concentración geográfica, mientras que una renta fija diversificada reduce la exposición a shocks específicos de duración o crédito. Además, en algunos fondos se añade una pequeña proporción de activos inmobiliarios o reales para

umentar la resiliencia frente a escenarios inflacionarios o de bajo crecimiento económico (T. Rowe Price, 2016). No obstante, las gestoras aclaran que la diversificación no elimina totalmente el riesgo de pérdidas, especialmente en entornos extremos.

Otra clave es la coherencia entre la asignación estratégica y los objetivos temporales del ciclo de vida. Cada fase persigue una meta diferente: acumulación agresiva en la juventud, preservación creciente en la madurez, y generación de ingresos en la jubilación. Las carteras se ajustan a estos objetivos incorporando, por ejemplo, TIPS en las fases finales o liquidez para cubrir retiros inmediatos. Fidelity (2022) subraya que esta alineación temporal entre composición y objetivo mejora la eficiencia de los flujos de retiro y reduce la exposición a shocks inesperados en momentos críticos del ciclo.

Recientemente, también se ha incorporado la dimensión ESG (ambiental, social y de gobernanza) en algunos fondos ciclo de vida. Existen versiones “sostenibles” de fondos target-date que sustituyen los activos tradicionales por otros con filtros ESG, sin alterar la estructura global de riesgo-rendimiento. Aunque su impacto cuantitativo aún se debate, muchos participantes valoran esta inclusión como parte de sus preferencias personales o institucionales.

Por último, aunque la base es la asignación estratégica, algunas gestoras se reservan un margen limitado para la gestión táctica. En general, las desviaciones no suelen superar el $\pm 5\%$ del peso estratégico, y su propósito es aprovechar valoraciones extremas u oportunidades puntuales sin desvirtuar el perfil de riesgo adecuado para la edad. Vanguard, por ejemplo, no realiza gestión táctica en sus fondos indexados, mientras que T. Rowe Price sí contempla cierto margen de maniobra dentro de bandas estrechas como parte de su propuesta de valor activa.

2.5 COMPORTAMIENTO DEL INVERSOR Y DISEÑO CONDUCTUAL

Un aspecto distintivo (y a menudo subestimado) de los vehículos de ciclo de vida es su capacidad para moldear el comportamiento del inversor y contrarrestar ciertas tendencias

conductuales que suelen perjudicar los resultados financieros. Estos fondos han sido descritos como una solución frente a los sesgos y errores comunes de los ahorradores, proporcionando una especie de “piloto automático” que guía la inversión sin requerir intervención constante por parte del individuo.

2.5.1 SIMPLIFICACIÓN DE DECISIONES Y REDUCCIÓN DE LA PARÁLISIS POR ANÁLISIS

Al ofrecer un producto único que se adapta con el tiempo, los fondos de ciclo de vida eliminan la necesidad de que el inversor tome decisiones recurrentes de asignación de activos. La opción “elige tu fecha de jubilación y olvídate” combate la procrastinación y la inercia típicas, llevando a muchos trabajadores a participar de manera automática en carteras adecuadas (Thaler & Sunstein, 2008). Como resultado, jóvenes que antes evitaban invertir o dejaban su capital en instrumentos conservadores, ahora terminan asignando una parte importante a renta variable desde el inicio.

2.5.2 DISCIPLINA AUTOMÁTICA EN EL REBALANCEO

Uno de los problemas conductuales más extendidos es la resistencia a vender activos que han subido (por sesgo de exceso de confianza) y la aversión a comprar activos que han caído (por miedo). El rebalanceo sistemático de los fondos ciclo de vida actúa contra estos impulsos: reduce exposición a lo que se ha revalorizado y compra lo que ha perdido valor, en un mecanismo disciplinado sin intervención emocional (MIT Sloan, 2018).

2.5.3 MITIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO IMPULSIVO EN CRISIS

Ajustar el nivel de riesgo conforme a la edad busca evitar que el inversor se sienta fuera de su zona de confort ante episodios de volatilidad, ayudándole a no tomar decisiones erráticas. Como recuerdan gestoras como T. Rowe Price (2014), la estabilidad emocional del inversor ante una crisis está condicionada por el nivel de riesgo ex ante, no solo por su tolerancia subjetiva. Las gestoras han aprendido, tras crisis como la de 2008, que es crucial acompañar el producto con educación financiera sobre sus riesgos y funcionamiento.

2.5.4 ALINEACIÓN CON MECANISMOS DE AHORRO AUTOMÁTICO

La inscripción y escalación automáticas, combinadas con fondos ciclo de vida como inversión predeterminada (QDIA), que generan una estructura que fomenta la acumulación de ahorro, forman un entorno de "empujón" o nudge completo. Estos mecanismos han demostrado aumentar la participación y el ahorro proyectado de forma significativa (Evolution, 2017), logrando que muchos empleados que no habrían ahorrado por iniciativa propia lo hagan de manera constante y eficiente.

2.5.5 CONSIDERACIÓN DE PREFERENCIAS Y SESGOS EN LOS MODELOS

El modelo VLCM (Vanguard Life-Cycle Model) de Vanguard (2021) incorpora directamente factores de comportamiento como la aversión a la pérdida o a quedarse por debajo de cierto umbral de ingresos. La utilidad esperada que maximiza no es solo financiera, sino también emocional, penalizando los escenarios de experiencia negativa para el inversor. Esto marca un cambio de paradigma: los modelos no solo buscan la eficiencia teórica, sino también la sostenibilidad conductual de la estrategia (Aliaga-Díaz et al., 2021).

En conjunto, los fondos de ciclo de vida representan una aplicación exitosa de la teoría de la arquitectura de elección y los nudges positivos: automatizan las buenas decisiones, eliminan muchas malas opciones, y mejoran el bienestar financiero incluso en individuos poco expertos (Thaler & Sunstein, 2008). Como señala BBVA Asset Management, incorporar principios conductuales en el diseño de productos es esencial para ofrecer soluciones de inversión más realistas y efectivas en el mundo real.

2.6 *MODELOS CUANTITATIVOS APLICADOS EN EL DISEÑO*

La evolución de los vehículos de ciclo de vida ha ido de la mano del desarrollo de herramientas cuantitativas cada vez más sofisticadas, que permiten diseñar trayectorias de inversión más ajustadas al perfil del partícipe y al entorno económico. Frente a los antiguos enfoques heurísticos (como la regla del "100 menos la edad"), las principales gestoras

internacionales han adoptado marcos analíticos más elaborados, basados en simulaciones y modelos estocásticos que incorporan incertidumbre, restricciones operativas y preferencias temporales del inversor.

Un ejemplo representativo de esta evolución es el modelo VLCM. Este modelo, ampliamente documentado en la literatura (Wallick et al., 2021; Vanguard, 2022), utiliza simulaciones Monte Carlo sobre escenarios macroeconómicos generados por su sistema propietario (VCOMM), con el objetivo de identificar la trayectoria de riesgo que maximiza la utilidad esperada del inversor a lo largo del ciclo vital. Entre las particularidades del enfoque de Vanguard destaca la consideración explícita de dimensiones conductuales del riesgo, como la aversión a pérdidas en el corto plazo o el temor a una reducción drástica en el nivel de consumo durante la jubilación, aspectos inspirados en la economía del comportamiento (Scott et al., 2009; Tversky y Kahneman, 1992).

No obstante, más allá de la idiosincrasia del modelo de una gestora concreta, la mayoría de los marcos cuantitativos empleados por las principales entidades (como Fidelity, T. Rowe Price o TIAA) comparten una serie de elementos comunes. En primer lugar, todos ellos recurren a simulaciones estocásticas para evaluar la viabilidad de diferentes trayectorias de riesgo en contextos económicos diversos, integrando restricciones como la liquidez, la normativa vigente o el comportamiento empírico de los partícipes. En segundo lugar, incorporan parámetros demográficos reales —como la edad, la evolución salarial o los hábitos de ahorro— con el fin de adaptar las asignaciones a perfiles representativos de cada grupo generacional. Por último, estos modelos suelen estar concebidos no solo como herramienta de diseño técnico, sino también como mecanismo de justificación y transparencia ante supervisores, asesores financieros e inversores particulares.

Esta convergencia metodológica ha permitido una mayor profesionalización en la construcción de fondos con fecha objetivo, desplazando los enfoques simplistas y mejorando la alineación entre el diseño teórico del producto y las preferencias reales del usuario final. Además, muchos de estos modelos permiten realizar pruebas de estrés, evaluar la

sensibilidad de los resultados ante cambios en las hipótesis y ajustar las trayectorias con criterios prudenciales o pedagógicos si su complejidad operativa resulta excesiva.

En definitiva, el estado del arte en el diseño de vehículos de ciclo de vida se caracteriza por el uso extendido de modelos cuantitativos avanzados, que buscan equilibrar eficiencia financiera, estabilidad y comprensibilidad. Aunque el juicio humano sigue desempeñando un papel relevante en la validación y ajuste de las trayectorias, el soporte cuantitativo aporta un nivel de rigor y trazabilidad que resulta imprescindible en un entorno cada vez más competitivo y regulado.

Capítulo 3. MERCADOS PRIVADOS

Los mercados privados han ganado un protagonismo creciente dentro del universo inversor, especialmente entre inversores institucionales y estrategias de asignación de largo plazo como los vehículos de ciclo de vida. A diferencia de los activos tradicionales que cotizan en mercados organizados y líquidos, los activos privados se caracterizan por operar en entornos menos transparentes, con estructuras de inversión más complejas, periodos de compromiso prolongados y una menor frecuencia en la valoración. No obstante, estas mismas características pueden ofrecer una prima por iliquidez que resulta atractiva para ciertos perfiles de inversores, así como una fuente complementaria de diversificación y retorno.

Bajo la denominación de mercados privados se agrupan diversas clases de activos, entre las que destacan el capital privado (Private Equity), la deuda privada (Private Debt), la inversión en infraestructuras (Infrastructure) y el inmobiliario no cotizado (Private Real Estate). Aunque cada uno de estos segmentos posee dinámicas propias, comparten ciertos elementos comunes: se accede a ellos generalmente a través de fondos cerrados con horizontes de inversión de varios años, presentan una menor correlación con los mercados líquidos tradicionales y requieren una mayor tolerancia al riesgo de iliquidez y a la incertidumbre en la valoración (Døskeland & Strömberg, 2018).

En términos generales, los activos privados han mostrado históricamente una rentabilidad superior a la de sus equivalentes cotizados, aunque a cambio de asumir riesgos distintos. Por ejemplo, estudios empíricos han estimado que el Private Equity ha superado en rentabilidad a la renta variable pública ajustada por riesgo en horizontes largos, especialmente en las cohortes de fondos mejor gestionados (Harris, Jenkinson & Kaplan, 2014). Asimismo, la deuda privada puede ofrecer retornos más elevados que la deuda corporativa cotizada gracias a su menor liquidez y a su enfoque en prestatarios no cubiertos por los mercados tradicionales. La infraestructura y el Real Estate privado, por su parte, combinan rendimientos potencialmente estables con atributos defensivos, siendo particularmente valorados en etapas de madurez o retiro dentro de los portafolios ciclo de vida.

No obstante, el atractivo de estas clases de activos debe matizarse por sus desafíos inherentes. Entre ellos destacan la dificultad de acceso (generalmente reservados a inversores cualificados), la opacidad de la información, la complejidad operativa y jurídica de las estructuras, y la incertidumbre en la valoración periódica. Además, la naturaleza ilíquida de estos instrumentos impide deshacer posiciones con agilidad, lo cual introduce restricciones adicionales en la planificación de las carteras. Por estas razones, su inclusión en vehículos de ciclo de vida ha sido limitada históricamente, aunque está comenzando a debatirse más activamente en la literatura y en la industria (Gompers et al., 2016; Andonov et al., 2021).

Desde una perspectiva de construcción de carteras, la principal motivación para integrar mercados privados en estrategias ciclo de vida es el deseo de mejorar la eficiencia riesgo-retorno de largo plazo. La baja correlación con activos tradicionales, junto con el posible acceso a primas de riesgo menos explotadas, puede contribuir a una diversificación más robusta. Además, dado que los vehículos de ciclo de vida suelen tener horizontes de inversión de varias décadas, algunos expertos argumentan que su estructura natural de largo plazo los hace adecuados para absorber activos menos líquidos (Jenkinson et al., 2023). Sin embargo, esta integración no está exenta de retos, y requiere adaptaciones metodológicas y operativas en el diseño del vehículo, incluyendo ajustes en la trayectoria, en la gestión de la liquidez y en la comunicación con los partícipes.

En los siguientes apartados se analizarán con mayor detalle las principales clases de activos que conforman los mercados privados: Private Equity, Private Debt, Infraestructura y Real Estate. Para cada uno se abordarán sus características estructurales, su perfil de riesgo-retorno, su papel potencial en una cartera intertemporal y su comportamiento histórico utilizando índices de referencia. Esta aproximación permitirá entender mejor en qué medida estas clases de activo pueden contribuir a mejorar los resultados de largo plazo de un vehículo de ciclo de vida, y bajo qué condiciones su inclusión resulta razonable desde una perspectiva de diseño.

3.1 PRIVATE EQUITY (CAPITAL PRIVADO)

El Private Equity se refiere a la inversión directa en el capital de empresas que no cotizan en mercados públicos. Estas inversiones se canalizan principalmente a través de fondos cerrados, en los que los inversores comprometen su capital por un periodo prolongado (habitualmente entre 8 y 12 años), durante el cual el gestor del fondo adquiere, gestiona y posteriormente vende participaciones en empresas privadas. Las estrategias más comunes dentro de esta clase de activo incluyen adquisiciones apalancadas (buyouts), capital crecimiento y venture capital para compañías emergentes con alto potencial de expansión (Northern Trust, 2023).

La propuesta de valor del Private Equity se basa en la capacidad de generar rentabilidad mediante la transformación activa de las empresas en cartera. Los gestores pueden implementar mejoras operativas, reestructuraciones financieras, cambios estratégicos y expansiones que generen valor a medio y largo plazo. Esta gestión activa se diferencia claramente de la inversión pasiva en mercados públicos, en los que el control empresarial es limitado. Además, el Private Equity permite al gestor elegir el momento de entrada y salida de las inversiones, lo que introduce un componente adicional de control sobre el rendimiento (Northern Trust, 2023).

Desde una perspectiva estructural, el Private Equity se caracteriza por una iliquidez significativa. El capital invertido queda habitualmente bloqueado durante años sin posibilidad de redención anticipada (salvo con penalizaciones si se permite), ya que no existe un mercado secundario profundo ni cotización diaria de las participaciones. Esta falta de liquidez es precisamente una de las razones por las que se exige una prima adicional de rentabilidad a cambio, conocida como illiquidity premium (Ang, 2014; Northern Trust, 2023).

El perfil de riesgo de esta clase de activo es elevado, no tanto por su volatilidad observable (que se suaviza por la baja frecuencia de valoración) sino por su exposición subyacente a riesgos operativos, financieros y de mercado. Las participaciones en empresas privadas están

sujetas a incertidumbre sobre los resultados empresariales, el contexto macroeconómico, la evolución de las industrias en las que operan y la capacidad de los gestores de ejecutar correctamente su plan de negocio. Además, el uso habitual de apalancamiento en las operaciones (especialmente en los buyouts) introduce riesgos adicionales que deben ser gestionados activamente (Chu, 2023).

En cuanto al horizonte de inversión, el Private Equity está concebido para perfiles de largo plazo. Las estrategias requieren tiempo para implementar cambios significativos en las empresas participadas y alcanzar una madurez que permita una salida rentable, ya sea mediante venta estratégica, salida a bolsa o recapitalización. Esta lógica temporal convierte al Private Equity en un activo idóneo para inversores institucionales con compromisos de capital a largo plazo (como fondos de pensiones o endowments), que pueden asumir períodos prolongados sin liquidez a cambio de un mayor retorno esperado (Andonov et al., 2021).

Históricamente, el acceso a esta clase de activos ha estado limitado a grandes inversores institucionales, sin embargo, en los últimos años han proliferado vehículos diseñados para acercar esta exposición a inversores minoristas cualificados (como fondos semilíquidos o estructuras UCITS con exposición indirecta). Aun así, el Private Equity sigue exigiendo una planificación cuidadosa, una elevada tolerancia al riesgo y un horizonte inversor claramente definido.

En términos de seguimiento, aunque existen índices que sirven como referencia del comportamiento agregado de este mercado (como el LPX50 Total Return para compañías cotizadas de Private Equity), estos no capturan del todo la experiencia real del inversor en fondos no cotizados. Las valoraciones internas, la frecuencia trimestral de los informes y la variabilidad entre gestores hacen que la medición del rendimiento de esta clase de activos requiera un enfoque específico, que será detallado más adelante al abordar la construcción de series históricas.

3.2 PRIVATE DEBT (DEUDA PRIVADA)

La deuda privada constituye una categoría de activos dentro de los mercados privados que engloba préstamos e instrumentos de crédito otorgados directamente a empresas, sin intermediación bursátil ni cotización en mercados públicos. A diferencia de los bonos tradicionales, que se negocian abiertamente y están sujetos a precios de mercado en tiempo real, los activos de deuda privada se estructuran y mantienen fuera de estos canales, lo que implica una menor liquidez, pero también la posibilidad de acceder a primas por complejidad, exclusividad e iliquidez (Andonov et al., 2021).

Uno de los segmentos más representativos es el direct lending, en el cual los fondos especializados otorgan préstamos senior garantizados a empresas medianas que, por tamaño o condiciones, no acceden habitualmente a los mercados de capitales o al crédito bancario tradicional. Estos préstamos, a menudo estructurados a tipo de interés variable y con cláusulas contractuales flexibles, se posicionan como alternativa tanto a la financiación bancaria como a la emisión de bonos high yield. También se incluyen dentro de esta clase otras estrategias como la deuda mezzanine (subordinada), los préstamos sindicados o los vehículos de financiación de proyectos (BlackRock, 2022).

La propuesta de valor de la deuda privada reside en su capacidad de generar flujos de ingresos estables y relativamente predecibles, principalmente a través de cupones periódicos. Al tratarse de instrumentos de renta fija con un componente contractual, su rentabilidad no depende de la apreciación del capital como en el caso de la renta variable, sino de la capacidad de cobro de los intereses pactados. Este diseño permite que muchos inversores utilicen estos activos como fuente de retorno recurrente, especialmente en contextos de tipos de interés elevados o volatilidad en mercados cotizados (Preqin, 2023).

Desde el punto de vista del riesgo, la deuda privada presenta un perfil intermedio. El riesgo principal es el de crédito, es decir, el incumplimiento por parte del prestatario. Aun así, muchos de estos préstamos son senior en la estructura de capital de la empresa prestataria, lo que implica que tienen prioridad de cobro frente a otros pasivos en caso de insolvencia.

Además, el hecho de que muchos préstamos estén respaldados por activos o garantías reales puede mitigar el riesgo de pérdida total. La menor frecuencia de valoración (y la inexistencia de un mercado secundario líquido) suavizan la volatilidad observada, aunque no eliminan el riesgo económico subyacente (StepStone, 2024).

La liquidez, como en el resto de los activos privados, es una limitación inherente. Estos instrumentos no se negocian libremente, y su salida anticipada suele estar restringida o sujeta a descuentos significativos. La estructura típica implica compromisos de inversión durante un horizonte de varios años, con periodos de amortización o refinanciación que pueden permitir la recuperación parcial del capital a lo largo del tiempo, pero sin la flexibilidad de desinversión inmediata de los bonos públicos (ILPA, 2022).

El horizonte temporal de la deuda privada es, por tanto, de medio a largo plazo. A diferencia del private equity, que suele requerir compromisos de capital de diez años o más, los préstamos privados presentan vencimientos más cortos (habitualmente entre cinco y siete años) con posibilidades de rotación del capital y reinversión progresiva. Esto permite una mayor previsibilidad en la recuperación del principal, lo que puede resultar atractivo para inversores que requieren cierta visibilidad sobre los flujos futuros (BlackRock, 2022).

Respecto al perfil de inversor, la deuda privada ha atraído históricamente a inversores institucionales como fondos de pensiones y aseguradoras, atraídos por su capacidad para ofrecer rendimientos estables con un riesgo razonablemente controlado. Más recientemente, el desarrollo de estructuras específicas ha permitido su acceso a inversores minoristas cualificados, a través de vehículos con liquidez periódica o fondos semilíquidos. Su papel en una cartera diversificada es relevante para quienes buscan ingresos recurrentes sin depender exclusivamente de los mercados de deuda pública, siempre que puedan asumir las restricciones de liquidez asociadas (Preqin, 2023).

Por último, si bien existen índices representativos que permiten seguir la evolución de este mercado (como el S&P/LSTA Leveraged Loan Index o el SPLGAL, que se detallará más adelante), es importante destacar que la experiencia del inversor en fondos no cotizados puede diferir significativamente de la de los instrumentos de referencia. La selección de

activos, el expertise del gestor, la estructura del préstamo y las condiciones macroeconómicas son elementos determinantes del rendimiento final de esta clase de activos.

3.3 INFRAESTRUCTURA

La inversión en infraestructura privada comprende la adquisición o financiación de activos físicos que proporcionan servicios esenciales a la sociedad. Estos activos abarcan un amplio abanico de sectores, como transporte (autopistas, aeropuertos, puertos), energía (plantas de generación eléctrica, instalaciones renovables), servicios públicos (agua, gas, electricidad), telecomunicaciones (torres de comunicaciones, redes de fibra óptica) y equipamientos sociales (hospitales, escuelas, prisiones bajo régimen concesional). Se trata de activos de larga vida útil, con una base contractual que ofrece previsibilidad en los flujos de caja y una vinculación frecuente con la inflación, a través de mecanismos de indexación o tarifas reguladas (Brei et al., 2023).

Desde el punto de vista operativo, la infraestructura privada suele articularse a través de fondos especializados, que invierten directamente en proyectos o activos operativos. Estos fondos suelen estructurarse como vehículos cerrados con horizontes de inversión largos, aunque también han emergido propuestas en formato abierto o semilíquido, especialmente para inversores institucionales que buscan soluciones adaptadas a sus necesidades de pasivo (Prejin, 2023). Alternativamente, se puede acceder a este segmento a través de la infraestructura cotizada, mediante acciones de compañías que gestionan activos similares, aunque esta vía introduce una mayor exposición al sentimiento de mercado y menor estabilidad en los precios.

La infraestructura destaca por su perfil financiero híbrido, situado entre la renta fija y la renta variable. En general, ofrece una combinación de ingresos recurrentes relativamente estables (como tarifas reguladas, rentas concesionales o ingresos por peajes) y una apreciación moderada del capital a largo plazo. Esta dualidad hace que sea una fuente potencialmente valiosa de diversificación dentro de carteras multiactivo, especialmente para estrategias

orientadas al largo plazo. Además, al tratarse de activos que satisfacen necesidades básicas de la población, su demanda suele mantenerse incluso en entornos económicos adversos, lo que refuerza su papel como amortiguador frente a la volatilidad de otros mercados (EDHECinfra, 2023).

Desde la óptica del riesgo, la infraestructura privada presenta un perfil moderado. Aunque su baja frecuencia de valoración puede ocultar cierta variabilidad subyacente, sus flujos contractuales y su sensibilidad reducida a los ciclos económicos cortoplacistas contribuyen a mantener una volatilidad contenida (Inderst & Della Croce, 2013). No obstante, existen riesgos específicos que deben considerarse. Entre los más relevantes destacan los riesgos regulatorios (por ejemplo, revisión de concesiones, modificaciones legislativas), los operativos (derivados de la construcción o mantenimiento de los activos) y los riesgos de demanda a largo plazo. Estos factores exigen un análisis profundo por parte del gestor y una adecuada diversificación dentro del propio segmento de infraestructura.

La liquidez es uno de los principales condicionantes en este tipo de inversión. Los fondos de infraestructura no cotizada suelen tener ciclos de vida superiores a diez o incluso quince años, sin posibilidad de rescate anticipado por parte del partícipe. Esta iliquidez responde a la propia naturaleza del activo: proyectos con vida útil extensa, flujos proyectados a largo plazo y estructuras de financiación complejas. En contraste, los instrumentos cotizados permiten una mayor flexibilidad operativa, aunque sacrifican parte de la estabilidad al estar sujetos a valoraciones de mercado diarias. Una práctica cada vez más común entre los grandes inversores es combinar ambos enfoques: mantener una posición estructural en activos privados y utilizar la infraestructura listada como fuente de liquidez táctica o rebalanceo (OECD, 2021).

El horizonte temporal asociado a este tipo de inversión es claramente de largo plazo. Muchos proyectos se desarrollan con concesiones o contratos de duración superior a veinte o treinta años, por lo que su inclusión en cartera requiere una planificación financiera alineada con estos plazos. La coincidencia entre la duración de sus pasivos y la madurez de los activos de

infraestructura les permite obtener una cobertura natural, al tiempo que capturan los beneficios de estabilidad y potencial de valorización (World Bank, 2022).

En cuanto al perfil de inversor, la infraestructura ha sido tradicionalmente un espacio reservado para grandes instituciones, dadas las barreras de entrada en términos de capital, horizonte y complejidad operativa. Sin embargo, en los últimos años se ha observado un aumento del interés por parte de inversores individuales de alto patrimonio y de vehículos retail cualificados, motivado por la búsqueda de alternativas a la renta fija tradicional. A medida que se desarrollan estructuras más accesibles y transparentes, se espera que la infraestructura continúe ganando peso en las asignaciones estratégicas de carteras orientadas a estabilidad, ingresos recurrentes y protección frente a la inflación.

En el contexto de los vehículos de ciclo de vida, la infraestructura puede desempeñar un rol especialmente relevante en las etapas intermedias y finales del horizonte de inversión. Su perfil de riesgo moderado, combinado con flujos estables y previsibles, la convierten en una herramienta valiosa para reducir la volatilidad global de la cartera sin renunciar por completo al crecimiento. No obstante, su inclusión debe realizarse de forma cuidadosa, valorando los condicionantes de liquidez y asegurando la compatibilidad con los objetivos de disponibilidad de capital en cada etapa de la vida del partícipe.

3.4 REAL ESTATE (MERCADO INMOBILIARIO PRIVADO)

La inversión en Real Estate privado hace referencia a la adquisición y gestión de activos inmobiliarios físicos a través de vehículos no cotizados. Estos activos incluyen propiedades comerciales, edificios residenciales, oficinas, instalaciones logísticas, hoteles y centros de servicios sociales, entre otros. A diferencia de los instrumentos cotizados (como los REITs), el Real Estate privado se caracteriza por su estructura cerrada, escasa liquidez y horizonte de inversión prolongado, lo que lo convierte en una alternativa particularmente atractiva para inversores con objetivos de largo plazo y tolerancia a la iliquidez (Preqin, 2023).

Existen diferentes estrategias dentro de esta clase de activo, que se distinguen principalmente por su nivel de riesgo y enfoque operativo. Las estrategias core, por ejemplo, se centran en activos estabilizados con alta ocupación, rentas predecibles y bajo apalancamiento. Son inversiones orientadas a la preservación de capital y generación de ingresos constantes, típicamente ubicadas en mercados consolidados. En cambio, las estrategias value-added y opportunistic buscan mejorar el valor de los activos mediante reposicionamiento, renovaciones, cambios de uso o desarrollo inmobiliario. Estas últimas implican un mayor grado de riesgo operativo, pero también ofrecen un mayor potencial de retorno si se ejecutan correctamente (INREV, 2022).

Uno de los principales atractivos del Real Estate privado es su capacidad para generar flujos de caja estables a través de rentas contractuales, lo que lo convierte en un instrumento idóneo para complementar carteras multiactivo. Su naturaleza física y su vinculación a la economía real lo hacen particularmente útil como cobertura parcial frente a la inflación, ya que los contratos de alquiler suelen incorporar cláusulas de ajuste periódico en función de índices de precios (OECD, 2021). Además, al tratarse de un activo real y tangible, aporta una dimensión psicológica que muchos inversores valoran positivamente, al percibir que invierten en algo visible, funcional y duradero.

Desde la perspectiva del riesgo, el Real Estate privado presenta un perfil de volatilidad relativamente contenido, si bien es importante matizar que esta baja volatilidad observada responde en parte a la metodología de valoración utilizada (basada en tasaciones periódicas en lugar de cotizaciones diarias). En momentos de tensión económica o financiera, los ajustes en los valores pueden tardar en reflejarse plenamente, lo que crea un desfase temporal frente a los activos cotizados. Este retraso puede ser percibido como estabilidad en el corto plazo, aunque no elimina la exposición real al riesgo económico subyacente (Brei et al., 2023). Entre los principales riesgos específicos se encuentran los de vacancia, deterioro de rentas, cambios regulatorios y correcciones abruptas en los mercados inmobiliarios locales.

La liquidez es uno de los elementos más restrictivos del Real Estate privado. La inversión directa en propiedades o a través de fondos cerrados implica compromisos de capital a varios

años sin opción de rescate anticipado. Algunos vehículos han comenzado a ofrecer ventanas de liquidez periódica o mecanismos de redención limitada, pero estas opciones suelen estar sujetas a condiciones restrictivas. Episodios recientes han demostrado que, en contextos de tensión, muchos fondos se ven forzados a aplicar restricciones temporales a los reembolsos (también conocidos como "gates"), para proteger la estabilidad del fondo y evitar ventas forzadas de activos (CBRE, 2022). En contraste, los REITs públicos permiten una mayor agilidad operativa gracias a su cotización diaria, aunque esta liquidez viene acompañada de una mayor exposición a la volatilidad de los mercados financieros.

El horizonte de inversión recomendado para esta clase de activo es medio-largo, habitualmente superior a los siete años. La naturaleza cíclica del mercado inmobiliario, junto con los elevados costes de entrada y salida (impuestos, gastos de gestión, mantenimiento), exige que el inversor mantenga su posición el tiempo suficiente para capturar los beneficios derivados tanto de las rentas como de la eventual revalorización del activo. Esta temporalidad hace que el Real Estate privado sea especialmente adecuado para instituciones con compromisos a largo plazo, como fondos de pensiones o compañías de seguros, que pueden beneficiarse de su estabilidad y características de emparejamiento de pasivos.

En cuanto al perfil del inversor, el Real Estate privado ha sido tradicionalmente dominio de actores institucionales: aseguradoras, fondos soberanos, fondos de pensiones y grandes patrimonios familiares. Su acceso ha estado limitado por requisitos de capital, horizontes temporales prolongados y complejidad operativa. Sin embargo, en los últimos años han surgido nuevas estructuras que permiten el acceso a inversores minoristas cualificados mediante fondos semilíquidos u otras fórmulas innovadoras de inversión colectiva. A pesar de esta democratización parcial, la inclusión de esta clase de activo en una cartera sigue exigiendo una planificación cuidadosa, especialmente por su falta de liquidez y su sensibilidad a los ciclos del sector.

Dentro de una estrategia de inversión basada en el ciclo de vida, el Real Estate privado puede desempeñar un papel relevante en las fases centrales del horizonte de inversión, cuando el partícipe busca combinar estabilidad de flujos con cierto crecimiento del capital. No

obstante, su inclusión en las etapas cercanas a la jubilación debe evaluarse con especial prudencia, ya que la limitada liquidez directa puede dificultar los rescates o ajustes de cartera. Por tanto, se recomienda que, en este contexto, su peso se reduzca progresivamente o se complemente con instrumentos más líquidos para mantener la flexibilidad del vehículo.

Capítulo 4. OPTIMIZACIÓN DEL MODELO Y

ANÁLISIS CUANTITATIVO

En esta sección se recoge la parte más analítica del trabajo, aquella donde se traduce toda la teoría expuesta previamente en decisiones cuantitativas concretas. El objetivo es evaluar, de forma rigurosa, cómo se comporta la asignación óptima de activos a lo largo del ciclo de vida del inversor, y en particular, cómo se ve afectada dicha asignación al introducir activos de mercados privados en la cartera. Para ello, se ha seguido una metodología ordenada por etapas, combinando técnicas de análisis de datos, optimización de carteras y lógica financiera adaptada a diferentes tramos de edad.

La idea de fondo es sencilla: construir una serie de carteras optimizadas para distintos grupos de edad (desde los 25 hasta los 65 años), que reflejen cómo evoluciona la tolerancia al riesgo con el paso del tiempo. Cada etapa cuenta con una volatilidad máxima permitida, que actúa como restricción de riesgo y busca replicar el enfoque prudente que se adopta en muchos vehículos reales de ciclo de vida. La optimización se realiza utilizando rentabilidades logarítmicas diarias, derivadas de un conjunto representativo de activos que captura tanto los mercados públicos como los privados.

En concreto, se han seleccionado siete clases de activos, cada una representada por un índice específico extraído de Bloomberg. La Renta Variable global se modeliza a través del índice MSCI World Net Total Return (NDDUWI Index), ampliamente utilizado como referencia del comportamiento de los mercados desarrollados en términos agregados. La Renta Fija global se representa mediante el índice Bloomberg Euro Aggregate Government 5–7 Years (EG05 Index), que ofrece una exposición diversificada a deuda soberana europea de duración media, siendo coherente con el tipo de exposición estable y moderada que suele utilizarse en fondos de ciclo de vida.

Para capturar el activo libre de riesgo o de muy alta liquidez, se ha recurrido al índice EURO3M (EURO03M Index), que recoge el tipo de interés interbancario a tres meses en la zona euro (Euribor 3M), una medida estándar del rendimiento de activos monetarios sin riesgo de mercado apreciable.

En cuanto a los activos de mercados privados, se ha optado por emplear índices que actúan como proxies líquidos y replicables de estas clases tradicionalmente ilíquidas. El Private Equity se ha modelado mediante el índice LPX50 Total Return (LPX50TR Index), que recoge la evolución de 50 compañías globales de capital privado cotizadas, permitiendo capturar dinámicamente el comportamiento del sector con datos de frecuencia diaria. Para Private Debt, se ha utilizado el índice S&P/LSTA Leveraged Loan Total Return Index (SPLGAL Index), que refleja el comportamiento de préstamos sindicados de alto rendimiento, una de las formas más representativas de deuda privada. La exposición a Infraestructura se basa en el índice Dow Jones Brookfield Global Infrastructure Total Return (DJBGIT Index), ampliamente reconocido por recoger compañías cotizadas con actividad intensiva en activos de infraestructura. Finalmente, el Real Estate privado se aproxima a través del índice FTSE EPRA/NAREIT Developed Total Return (RUGL Index), que recoge el comportamiento de los REITs de mercados desarrollados.

La selección de estos índices se ha basado en su disponibilidad histórica, frecuencia diaria, representatividad del activo subyacente y aceptación generalizada en la literatura financiera y la práctica institucional. Si bien no replican exactamente la naturaleza ilíquida de los activos privados en su formato puro, ofrecen una aproximación robusta, consistente y operacionalmente viable para un análisis cuantitativo de ciclo de vida.

Posteriormente, se introduce una octava clase de activo denominada “Mercados Privados”, construida como una combinación ponderada de los cuatro activos anteriores. Esta agregación se realiza siguiendo un criterio similar al utilizado por algunas entidades gestoras (como BBVA Asset Management o TIAA), que integran las distintas tipologías de activos privados en una categoría única de exposición alternativa. Esta clase agregada permite simplificar la optimización y facilitar el análisis posterior, manteniendo al mismo tiempo la

esencia de diversificación interna que caracteriza a los mercados privados. El análisis se ha llevado a cabo íntegramente en Python, utilizando Google Colab como entorno de trabajo. El tratamiento de datos se ha realizado con pandas y numpy, mientras que la optimización se ha resuelto mediante programación convexa con cvxpy. Toda la información parte de una base de datos de series históricas diarias que abarca más de dos décadas (2003–2025), lo que permite calcular con precisión rentabilidades anualizadas, volatilidades y correlaciones. A partir de este marco, se ha diseñado un modelo de optimización que busca maximizar la rentabilidad esperada sujeta a restricciones realistas: un peso máximo del 30 % en activos de mercados privados, una asignación obligatoria a liquidez (entre el 1 % y el 5 %), y límites específicos de volatilidad para cada etapa.

La primera parte del análisis se centra en obtener la asignación óptima sin aplicar ninguna penalización por iliquidez. Esto permite observar qué decisiones de inversión surgirían únicamente por la combinación de rentabilidad y riesgo, antes de introducir otros factores como la capacidad de deshacer posiciones o la estabilidad de los flujos. Más adelante, se irá incorporando de forma progresiva una penalización asociada a la iliquidez, con el fin de simular cómo debería adaptarse la asignación en contextos donde esa restricción se vuelve crítica.

A lo largo de los siguientes apartados se expondrán los resultados obtenidos en cada etapa del proceso: desde la preparación de las series históricas y el cálculo de las métricas clave hasta la generación de las carteras optimizadas y el análisis gráfico de su evolución por tramos de edad. El objetivo no es solo cuantificar el efecto de los mercados privados en las carteras, sino también entender cuándo, cuánto y por qué deberían entrar (o no) en una estrategia que pretende acompañar al inversor durante toda su vida financiera.

4.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE RENTABILIDAD, RIESGO Y CORRELACIONES

Antes de abordar los modelos de optimización y su aplicación a lo largo del ciclo de vida, resulta esencial comprender la naturaleza individual de los activos que conforman el

universo de inversión del presente estudio. El análisis descriptivo de las rentabilidades históricas, la volatilidad, la relación entre riesgo y retorno, y las correlaciones cruzadas entre activos permite no solo evaluar su comportamiento aislado, sino también anticipar sus posibles sinergias dentro de una cartera diversificada.

El conjunto de activos utilizados incluye tanto clases de activos tradicionales (renta variable, renta fija, liquidez) como activos privados (private equity, private debt, infraestructura y real estate). Además, se ha creado una serie compuesta bajo el nombre de “Mercados Privados”, que combina las distintas clases privadas con un peso representativo basado en la práctica utilizada por BBVA Asset Management (con una composición de 50 % private equity, 20 % private debt, 20 % infraestructura y 10 % real estate). Esta agregación permite capturar, de manera simplificada, el comportamiento conjunto de los mercados privados como bloque de inversión.

Todas las series utilizadas corresponden a precios diarios en el periodo comprendido entre enero de 2003 y junio de 2025, y las rentabilidades se han calculado de forma logarítmica. Este enfoque permite una comparación más robusta y ajustada en presencia de grandes oscilaciones, y facilita el tratamiento estadístico posterior. A partir de estas rentabilidades, se han calculado métricas clave como la rentabilidad anual esperada, la volatilidad anualizada, el ratio de Sharpe (usando como tasa libre de riesgo el Euribor a 3 meses), y el máximo drawdown.

La tabla de rentabilidad-riesgo por activo se presenta a continuación, y constituye el punto de partida del análisis:

	<i>Rentabilidad Esperada (%)</i>	<i>Volatilidad (%)</i>	<i>Sharpe Ratio</i>	<i>Max. Drawdown (%)</i>
<i>Private Equity</i>	9,50	20,30	0,40	-82,88
<i>Private Debt</i>	4,36	8,74	0,35	-39,12
<i>Infraestructura</i>	9,44	14,53	0,56	-43,76
<i>Real Estate</i>	7,20	17,53	0,34	-70,55
<i>Renta Variable</i>	8,62	15,81	0,46	-53,23
<i>Renta Fija</i>	2,10	9,40	0,08	-23,83
<i>Mercados Privados</i>	8,91	14,20	0,49	-68,81
<i>Liquidez</i>	2,00	0,10	6,85	-2,56

Tabla 1. Tabla de rentabilidad-riesgo por clase de activo. Elaboración propia con datos diarios de índices de Bloomberg desde enero de 2003 hasta junio de 2025.

A partir de esta tabla se desprenden varias conclusiones preliminares que resultan especialmente reveladoras para entender la dinámica del universo de inversión empleado. En primer lugar, los activos de mercados privados (y en particular, el Private Equity y la Infraestructura) destacan por presentar rentabilidades históricas elevadas, en torno al 9,5 %, lo que los convierte en fuentes potenciales de rendimiento dentro de una cartera diversificada. No obstante, esta mayor rentabilidad viene acompañada de un nivel de volatilidad considerable, lo cual es esperable dado el perfil de riesgo asumido por estos activos. A pesar de ello, su perfil riesgo-retorno resulta atractivo en un contexto de inversión a largo plazo como el de los vehículos de ciclo de vida.

En el extremo opuesto del espectro se encuentra la Liquidez, que presenta tanto la rentabilidad esperada como la volatilidad más bajas del conjunto analizado. Su función es esencialmente defensiva, sirviendo como colchón ante escenarios adversos o como componente táctico para preservar valor y garantizar disponibilidad de efectivo en momentos de estrés del mercado. Esta dualidad entre activos agresivos y conservadores permite ilustrar con claridad la necesidad de una asignación dinámica y equilibrada a lo largo del ciclo vital del inversor.

Resulta especialmente interesante analizar el comportamiento del activo compuesto “Mercados Privados”, que agrega de forma ponderada las rentabilidades de Private Equity, Private Debt, Infraestructura y Real Estate. Esta serie muestra una rentabilidad esperada del 8,91 %, con una volatilidad moderada del 14,2 %, y un Sharpe ratio de 0,49, lo que la posiciona favorablemente dentro del espectro de riesgo y rentabilidad del universo de activos considerados. Su perfil intermedio permite capturar parte del potencial de retorno de los activos privados más rentables, al tiempo que amortigua parte del riesgo mediante la diversificación interna entre distintos subsectores.

Este comportamiento es coherente con la evidencia disponible en la literatura reciente sobre asignación estratégica de activos. Estudios como el de Morningstar (2023) muestran que la inclusión de activos alternativos en carteras multi-activo —especialmente aquellos de carácter privado como el capital riesgo o la infraestructura— tiende a mejorar la eficiencia en términos de rentabilidad ajustada al riesgo. En particular, el informe destaca que una asignación controlada a activos privados puede incrementar la diversificación efectiva y generar ratios de Sharpe más elevados, alineándose con los resultados obtenidos en este trabajo (Morningstar, 2023).

Otro aspecto relevante es la visualización conjunta del trade-off entre riesgo y rentabilidad. Para ello, se recurre a un gráfico de dispersión que permite comparar gráficamente la posición relativa de cada activo.

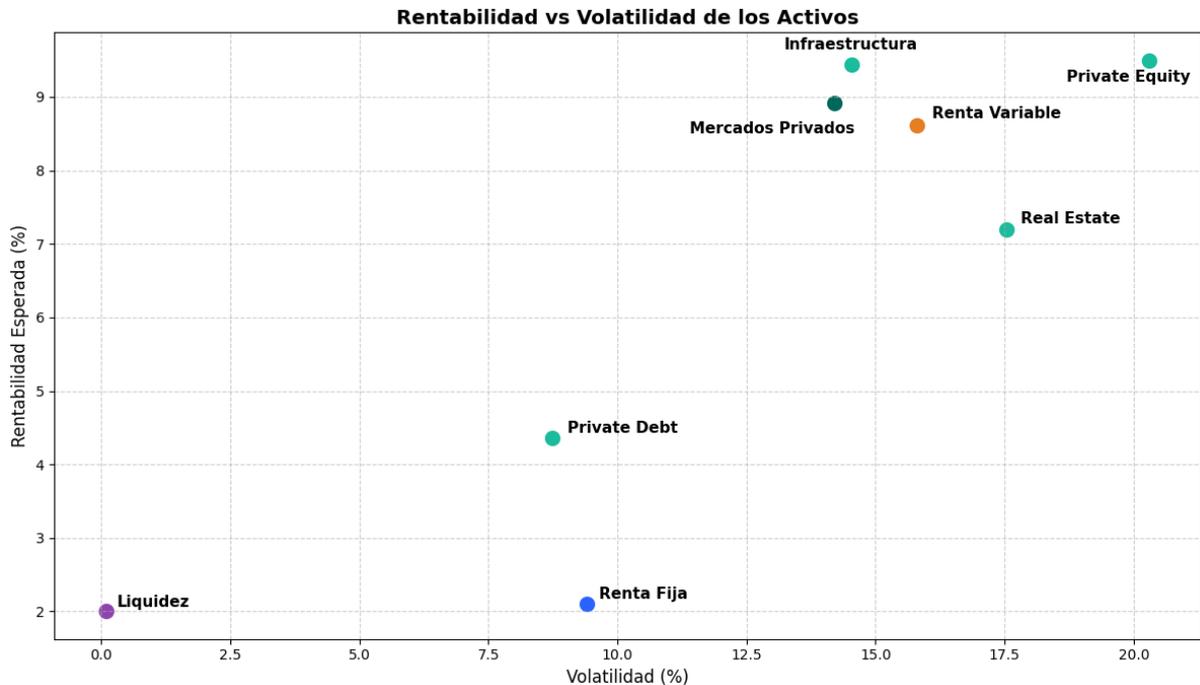


Ilustración 1. Rentabilidad esperada frente a volatilidad anualizada de los activos. Elaboración propia a partir de datos de Bloomberg.

Este gráfico permite identificar la prelación natural entre activos. En la esquina superior derecha (zona de mayor rentabilidad y riesgo) se sitúa el Private Equity, mientras que activos como Renta Fija y Liquidez se ubican en la parte inferior izquierda, aportando estabilidad, pero sin potencial de crecimiento. La Infraestructura, junto con Mercados Privados, aparece en una zona intermedia destacada, combinando atractivo retorno con volatilidad contenida. Este tipo de visualización es especialmente útil al diseñar estrategias de asignación óptima, ya que ayuda a seleccionar combinaciones eficientes dentro de la frontera de inversión.

Además del análisis individual, resulta crucial estudiar la interdependencia entre activos. La correlación entre sus rentabilidades determina en gran medida el beneficio potencial de la diversificación. En este trabajo se han analizado dos tipos de correlación: la mensual y la anual, ambas calculadas a partir de rentabilidades logarítmicas reagrupadas a la frecuencia correspondiente. La diferencia entre ambos horizontes temporales permite identificar

patrones de corto plazo (como reacciones comunes a shocks de mercado) y relaciones estructurales más estables.

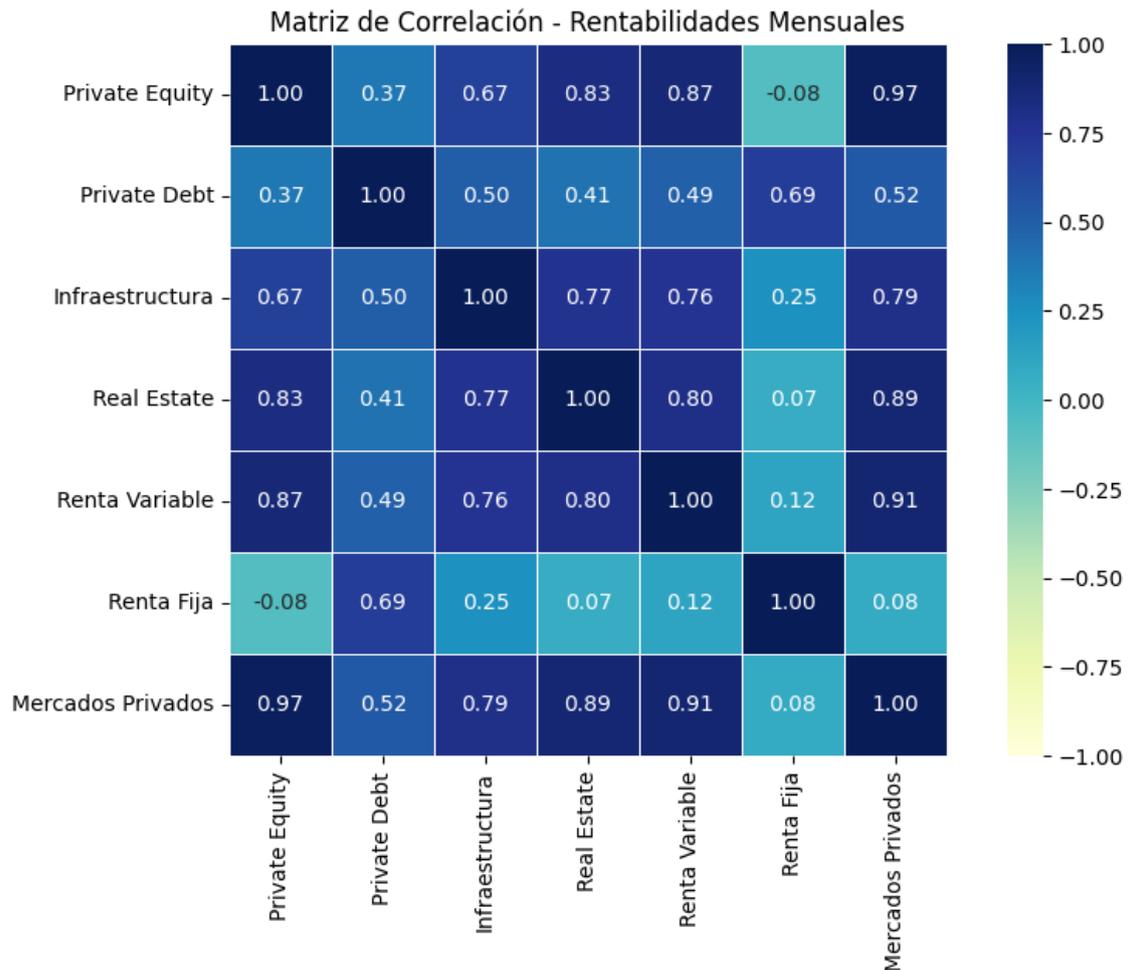


Ilustración 2. Matriz de correlación de rentabilidades mensuales entre activos. Elaboración propia.

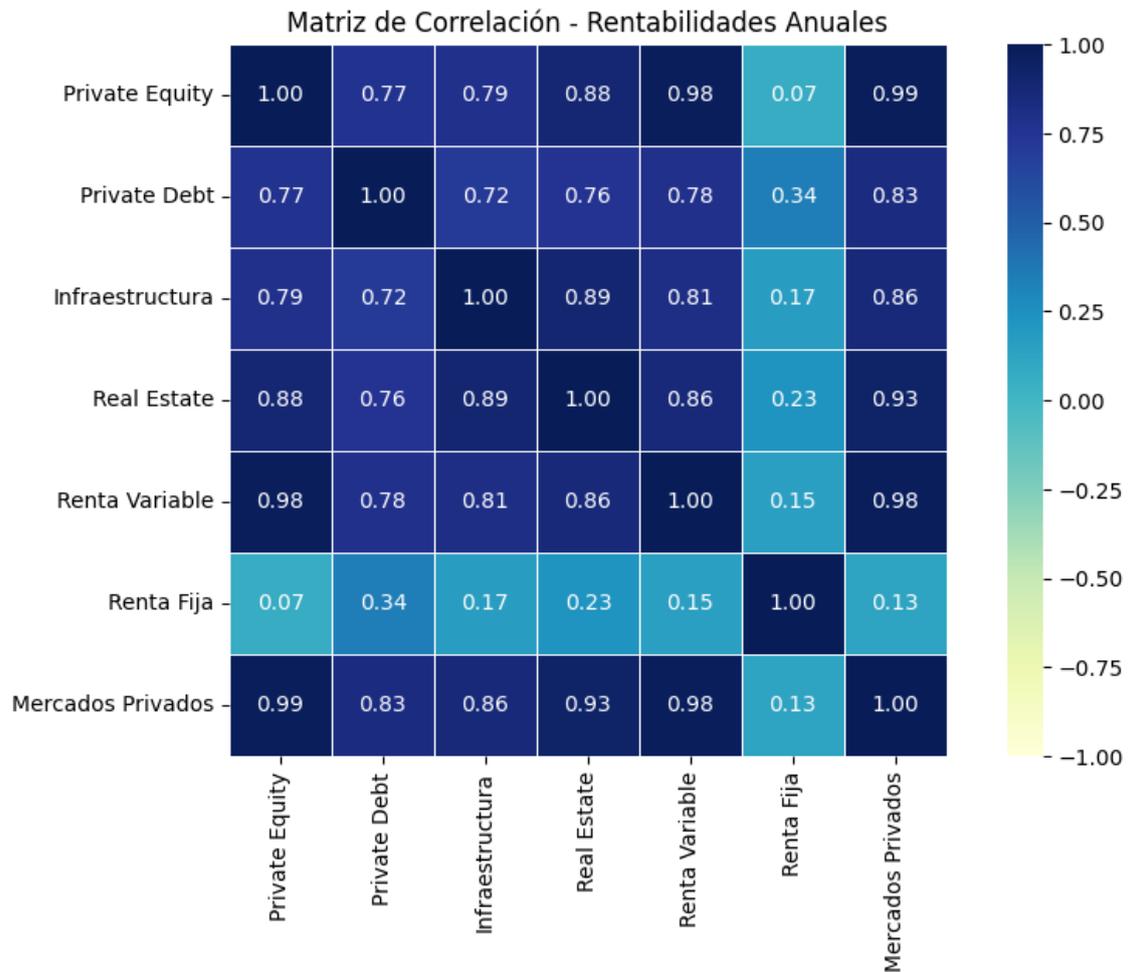


Ilustración 3. Matriz de correlación de rentabilidades anuales entre activos. Elaboración propia.

La matriz de correlaciones mensuales revela una alta conexión entre los distintos activos privados, especialmente entre Private Equity, Real Estate e Infraestructura, con coeficientes superiores a 0,75. En cambio, la Renta Fija presenta una correlación prácticamente nula o incluso negativa con algunos activos, reafirmando su papel como amortiguador de volatilidad en entornos adversos. Por su parte, la Liquidez —no incluida en las matrices por su comportamiento plano y exógeno— se ha mantenido fuera del análisis visual de correlaciones, aunque se incorpora en la modelización posterior como activo libre de riesgo con restricciones específicas.

Al pasar a correlaciones anuales, se observa una intensificación general de las relaciones. Por ejemplo, la correlación entre Private Equity y Renta Variable se acerca a 0,98, lo que evidencia que, a largo plazo, ambos activos capturan una dinámica de crecimiento similar. Esto sugiere que, si bien los mercados privados pueden ofrecer diversificación en el corto plazo, su exposición estructural al ciclo económico no difiere radicalmente de los mercados públicos. Esta información resulta clave al interpretar el verdadero valor diversificador de los activos privados: su potencial reside menos en su independencia total del mercado, y más en su patrón de riesgo diferido, su suavización del precio y su iliquidez gestionada.

También es destacable la elevada correlación entre los cuatro activos privados individuales y la serie agregada de Mercados Privados, con coeficientes próximos o superiores al 0,85 en ambos horizontes. Esto valida su uso como proxy representativo y refuerza su idoneidad como bloque de inversión consolidado en la optimización de carteras.

Por último, merece especial mención el análisis del máximo drawdown (MDD) por activo, que ayuda a dimensionar las pérdidas máximas sufridas en el periodo observado. En los activos privados más volátiles, como Private Equity o Real Estate, el drawdown histórico ha superado el -70 %, lo cual pone en contexto la necesidad de gestionarlos adecuadamente en las fases más conservadoras del ciclo de vida. La liquidez, como era esperable, presenta un MDD testimonial del -2,56 %. Estos resultados, en cierta parte, se deben al método de selección de los índices, por lo que, probablemente, no se observaría de igual forma en series no corregidas.

En resumen, este análisis exploratorio permite establecer un mapa de atributos clave para cada activo: rentabilidad media, estabilidad, sensibilidad al ciclo económico y grado de complementariedad con otras clases. Estos atributos serán fundamentales en la etapa siguiente, cuando se proceda a construir carteras optimizadas bajo diferentes restricciones, escenarios y objetivos asociados a cada etapa del ciclo vital del inversor.

4.2 ESTIMACIÓN DE VOLATILIDAD MÁXIMA POR ETAPA

Uno de los elementos centrales para el diseño de las carteras optimizadas a lo largo del ciclo de vida es la definición de restricciones realistas en términos de tolerancia al riesgo. En particular, este trabajo establece para cada grupo de edad una volatilidad máxima admisible, utilizada como restricción en el proceso de optimización de la asignación de activos. Estas restricciones no fueron seleccionadas arbitrariamente, sino que derivan de un modelo teórico fundamentado en la literatura académica y práctica reciente sobre vehículos de ciclo de vida.

La justificación para imponer límites decrecientes en la volatilidad permitida conforme avanza la edad del inversor se basa en la evidencia de que la capacidad para asumir riesgo disminuye con el tiempo. Este principio está sólidamente respaldado tanto por la teoría de utilidad intertemporal como por estudios empíricos realizados por entidades como Vanguard, TIAA o autores académicos como Lichtenstern et al. (2019), quienes modelan explícitamente preferencias de riesgo dependientes de la edad. En efecto, múltiples trabajos han mostrado que una trayectoria decreciente de exposición al riesgo a lo largo del ciclo vital —particularmente reflejada en la caída del peso en renta variable— contribuye a mejorar la probabilidad de éxito de los partícipes en los planes de jubilación (Vanguard, 2025a; arXiv, 2025; TIAA, 2024).

A partir de esta base teórica, se diseñó un modelo matemático con el fin de estimar un intervalo de confianza razonable para la volatilidad máxima admisible en cada etapa del ciclo vital. La hipótesis de partida es que la tolerancia al riesgo del inversor promedio se puede aproximar mediante una función de forma exponencial decreciente con la edad:

$$\sigma_{max}(\chi) = a \cdot e^{-b \cdot \chi},$$

Donde:

$$\sigma_{max}(\chi)$$

Representa la volatilidad máxima admisible para un inversor de edad χ , y los parámetros a y b son ajustados de manera empírica. Este tipo de modelización ha sido utilizado en

literatura reciente sobre optimización dinámica de carteras (Lichtenstern et al., 2019), así como en documentos técnicos de Vanguard (2025b), que detallan sus propias trayectorias de asignación descendente de riesgo.

Para ajustar esta función, se tomaron como input cinco puntos representativos de edades centrales correspondientes a los tramos: 30, 40, 50, 60 y 70 años, junto con valores de volatilidad simulados razonables en línea con los niveles observados en fondos target-date existentes. La estimación de parámetros se realizó mediante ajuste de mínimos cuadrados no lineales, utilizando la función `curve_fit` del paquete `scipy.optimize` en Python. El resultado fue una curva suave que permite inferir la volatilidad esperada para cualquier edad dentro del rango de análisis (25 a 75 años), y, más importante, acotar esta estimación dentro de un intervalo prudente para cada etapa de edad.

La función ajustada tiene la siguiente expresión:

$$\sigma_{max}(\chi) = 0,282 \cdot e^{-0,0172 \cdot \chi}$$

A partir de esta expresión, se construyeron intervalos de referencia para cada uno de los siguientes grupos de edad: 25–35, 36–45, 46–55, 56–65 y 65+. Para cada uno de estos rangos se calculó, mediante muestreo denso (100 puntos), el valor mínimo y máximo que toma la función dentro del rango, y se aplicó un ligero ajuste conservador (ampliación del 2 % hacia arriba o hacia abajo en algunos tramos) para obtener márgenes operativos razonables. Estos intervalos se muestran a continuación en la Tabla 2, que será posteriormente utilizada como base para seleccionar las restricciones de volatilidad máxima en la optimización.

<i>Etapa</i>	<i>Rango de edad</i>	<i>Rango estimado (modelo)</i>
25-35	25-35	(0.17531, 0.19453)
36-45	36-45	(0.15178, 0.16812)
46-55	46-55	(0.12202, 0.13720)
56-65	56-65	(0.09618, 0.10993)
+65	66-75	(0.07997, 0.09113)

Tabla 2. Intervalos estimados de volatilidad máxima por etapa de edad (modelo exponencial ajustado).
Elaboración propia a partir de función ajustada sobre estimaciones basadas en literatura del sector.

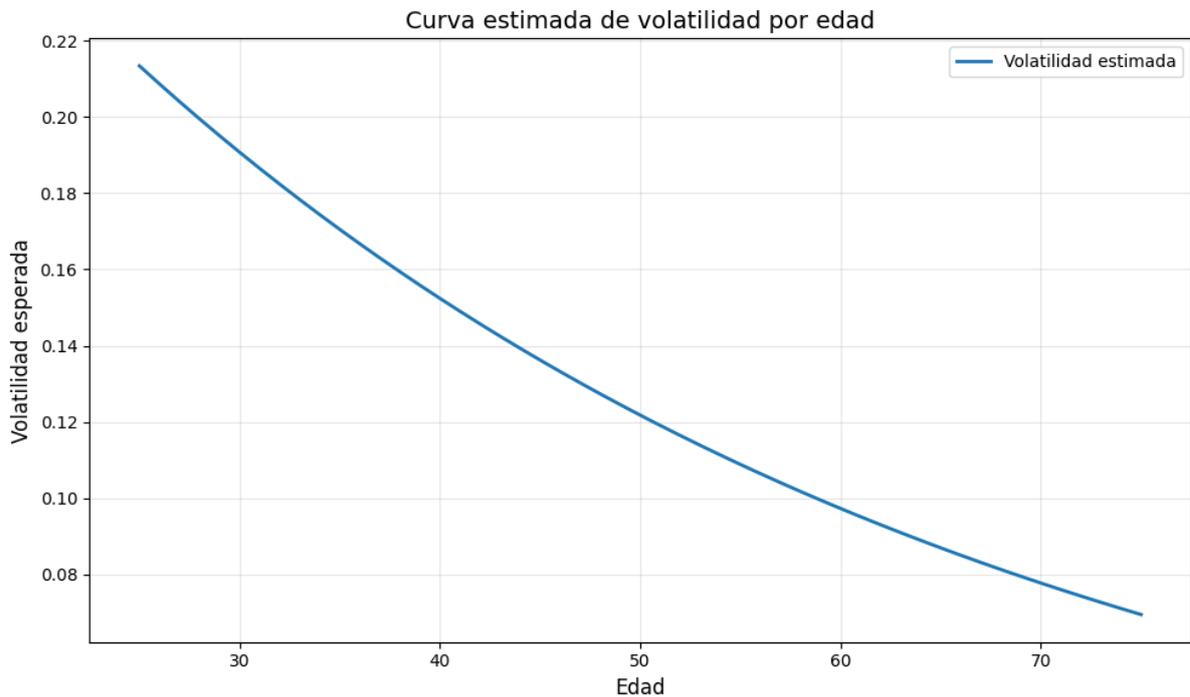


Ilustración 4. Curva estimada de volatilidad máxima por edad. Elaboración propia a partir de un modelo exponencial ajustado sobre referencias extraídas de la literatura.

De este modo, se fijaron como valores definitivos de restricción de volatilidad los siguientes puntos centrales dentro de sus respectivos intervalos: 17,5 %, 15 %, 12,5 %, 9,25 % y 8,4 %

para las etapas de edad 25–35, 36–45, 46–55, 56–65 y 65+ respectivamente. Esta elección refleja un equilibrio entre prudencia cuantitativa y operatividad práctica, asegurando que las carteras construidas mediante optimización no excedan la tolerancia al riesgo atribuida a cada grupo generacional. Estos valores serán aplicados como restricciones duras en el modelo de optimización que se describe en la siguiente sección.

Este enfoque tiene varias ventajas respecto a imponer límites arbitrarios. En primer lugar, garantiza la coherencia de las carteras resultantes con las preferencias temporales de riesgo que fundamentan los vehículos de ciclo de vida. En segundo lugar, proporciona trazabilidad y justificación técnica para cada nivel de restricción, alineándose con la literatura vigente sobre diseño de estrategias target-date (Vanguard, 2025a; arXiv, 2025; TIAA, 2024). Por último, permite extender o refinar los intervalos en futuros trabajos ajustando simplemente los parámetros de la función, sin necesidad de redefinir todo el marco de análisis.

4.3 RESULTADOS DE LA OPTIMIZACIÓN EN BRUTO

Tras haber definido el modelo de optimización de carteras por etapa del ciclo de vida, y haber estimado para cada una de ellas el límite de volatilidad permisible, este apartado presenta los resultados obtenidos al resolver dicho problema sin introducir aún ninguna penalización por iliquidez. El objetivo es observar la asignación óptima de activos que surgiría de forma natural bajo las restricciones impuestas, y servir como punto de partida para comparaciones posteriores.

La siguiente serie de tablas muestra los resultados detallados de las carteras optimizadas para cada uno de los cinco tramos de edad definidos. En ellas se reportan los pesos óptimos para cada clase de activo (Renta Fija, Renta Variable, Mercados Privados y Liquidez), así como la rentabilidad esperada, la volatilidad y el ratio de Sharpe de la cartera resultante:

	<i>Renta Fija</i>	<i>Renta Variable</i>	<i>Mercados Privados</i>	<i>Liquidez</i>
<i>Peso</i>	0,00	0,69	0,30	0,01
<i>Rentabilidad Esperada (%)</i>	8,64			
<i>Volatilidad (%)</i>	14,83			
<i>Sharpe Ratio</i>	0,45			

Tabla 3. Cartera optimizada para la etapa 25–35. Elaboración propia a partir de la resolución del modelo de optimización.

	<i>Renta Fija</i>	<i>Renta Variable</i>	<i>Mercados Privados</i>	<i>Liquidez</i>
<i>Peso</i>	0,00	0,69	0,30	0,01
<i>Rentabilidad Esperada (%)</i>	8,64			
<i>Volatilidad (%)</i>	14,83			
<i>Sharpe Ratio</i>	0,45			

Tabla 4. Cartera optimizada para la etapa 36–45. Elaboración propia.

	<i>Renta Fija</i>	<i>Renta Variable</i>	<i>Mercados Privados</i>	<i>Liquidez</i>
<i>Peso</i>	0,13	0,52	0,30	0,05
<i>Rentabilidad Esperada (%)</i>	7,52			
<i>Volatilidad (%)</i>	12,50			
<i>Sharpe Ratio</i>	0,44			

Tabla 5. Cartera optimizada para la etapa 46–55. Elaboración propia.

	<i>Renta Fija</i>	<i>Renta Variable</i>	<i>Mercados Privados</i>	<i>Liquidez</i>
<i>Peso</i>	0,44	0,21	0,30	0,05
<i>Rentabilidad Esperada (%)</i>	5,51			
<i>Volatilidad (%)</i>	9,25			
<i>Sharpe Ratio</i>	0,38			

Tabla 6. Cartera optimizada para la etapa 56–65. Elaboración propia.

	<i>Renta Fija</i>	<i>Renta Variable</i>	<i>Mercados Privados</i>	<i>Liquidez</i>
<i>Peso</i>	0,57	0,08	0,30	0,05
<i>Rentabilidad Esperada (%)</i>	4,64			
<i>Volatilidad (%)</i>	8,40			
<i>Sharpe Ratio</i>	0,31			

Tabla 7. Cartera optimizada para la etapa 65+. Elaboración propia.

En las dos primeras etapas (25–35 y 36–45), la solución óptima obtenida es exactamente la misma. Esto es coherente con la naturaleza del problema planteado, ya que ambas comparten características similares: un largo horizonte de inversión, un límite de volatilidad suficientemente elevado y ningún requisito inmediato de liquidez. Esta convergencia en la solución refleja que, dentro del marco de restricciones, el modelo encuentra la misma cartera óptima como la que maximiza la rentabilidad esperada para ambas etapas.

La asignación en estas primeras fases muestra una elevada exposición a renta variable (69%) y una fuerte presencia de Mercados Privados (30%), alcanzando el límite máximo permitido para este último activo. Esto es consistente con el objetivo de crecimiento de capital en etapas tempranas del ciclo de vida, cuando los individuos pueden asumir más riesgo y tolerar iliquidez con mayor facilidad. La posición en liquidez se mantiene en el mínimo legal (1%), y la renta fija desaparece de la cartera.

En la etapa 46–55 se comienza a observar una transición en la estructura de la cartera. Aunque se mantiene la exposición máxima a Mercados Privados, la renta variable se reduce hasta el 52% y aparece una asignación del 13% a renta fija. Esta redistribución responde a una menor tolerancia al riesgo (volatilidad máxima permitida del 12,5%) y al inicio de la preparación para la fase de desaccumulación.

En las dos últimas etapas (56–65 y 65+), la asignación cambia de forma más drástica. La renta fija gana protagonismo hasta alcanzar el 57% en la última etapa, mientras que la renta variable cae al 8%. La liquidez sube al máximo permitido (5%) en las tres últimas etapas, una decisión razonable dada la cercanía al retiro y la necesidad de cubrir flujos inmediatos. No obstante, resulta destacable que el modelo siga asignando un 30% a Mercados Privados incluso en edades avanzadas, lo que sugiere que, en ausencia de penalización, el atractivo riesgo-retorno de estos activos los mantiene en cartera a pesar de su iliquidez estructural.

La transición descrita puede visualizarse de forma intuitiva en los siguientes gráficos. En primer lugar, se presenta un gráfico de barras apiladas con la distribución de pesos por etapa:

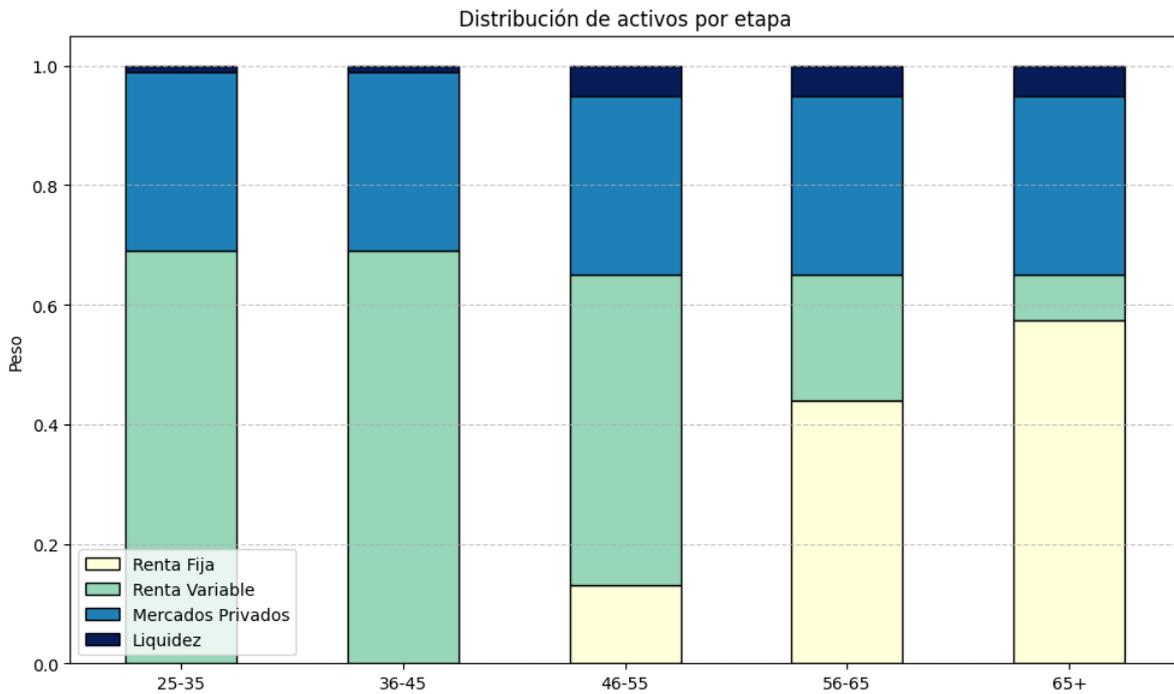


Ilustración 5. Distribución de activos por etapa. Elaboración propia a partir de los resultados de la optimización.

A continuación, el gráfico de líneas siguiente permite observar la trayectoria individual de cada activo a lo largo del ciclo de vida:

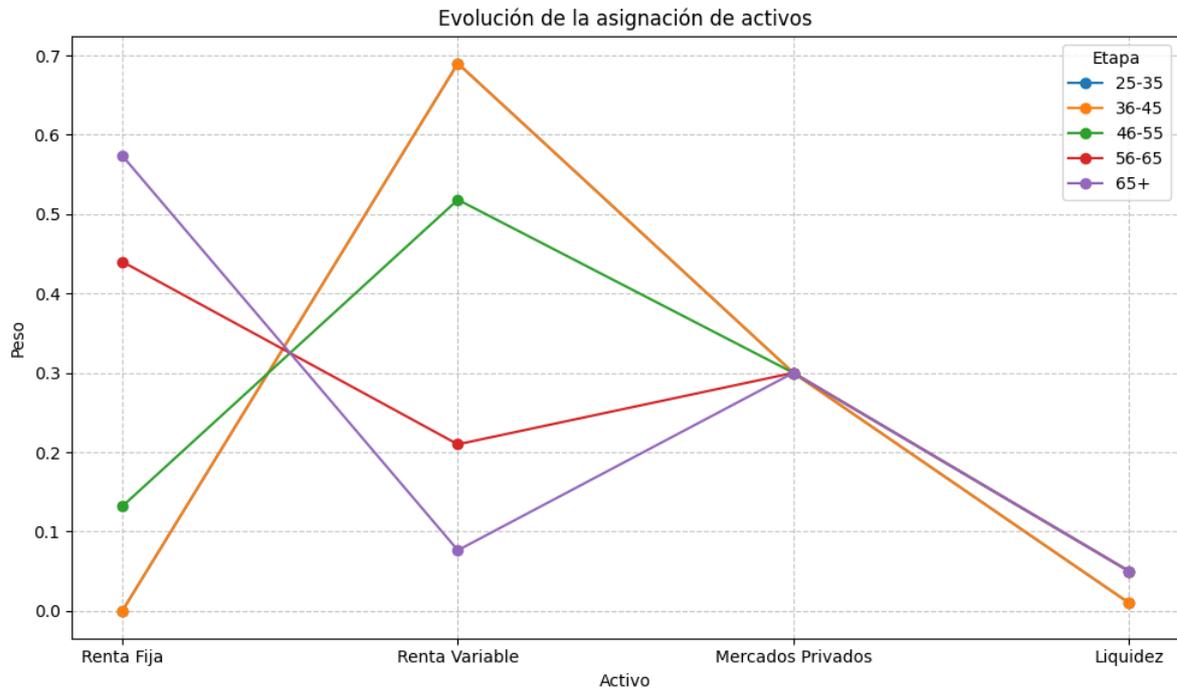


Ilustración 6. Gráfico de líneas que muestra la evolución de la asignación de activos. Elaboración propia.

Finalmente, se presentan gráficos de barras por separado para cada etapa, mostrando la asignación específica de forma desagregada:

Estos resultados muestran claramente la transición de una estrategia orientada al crecimiento (etapas tempranas) hacia una orientada a la preservación de capital e ingreso estable (etapas tardías), que constituye la esencia de un enfoque de ciclo de vida.

Como complemento al análisis, se ha representado también la frontera eficiente construida con los cuatro activos utilizados en la optimización: Renta Fija, Renta Variable, Mercados Privados y Liquidez. Esta frontera se ha generado variando la rentabilidad objetivo y resolviendo el problema de minimización de volatilidad bajo las restricciones legales y técnicas previamente establecidas.

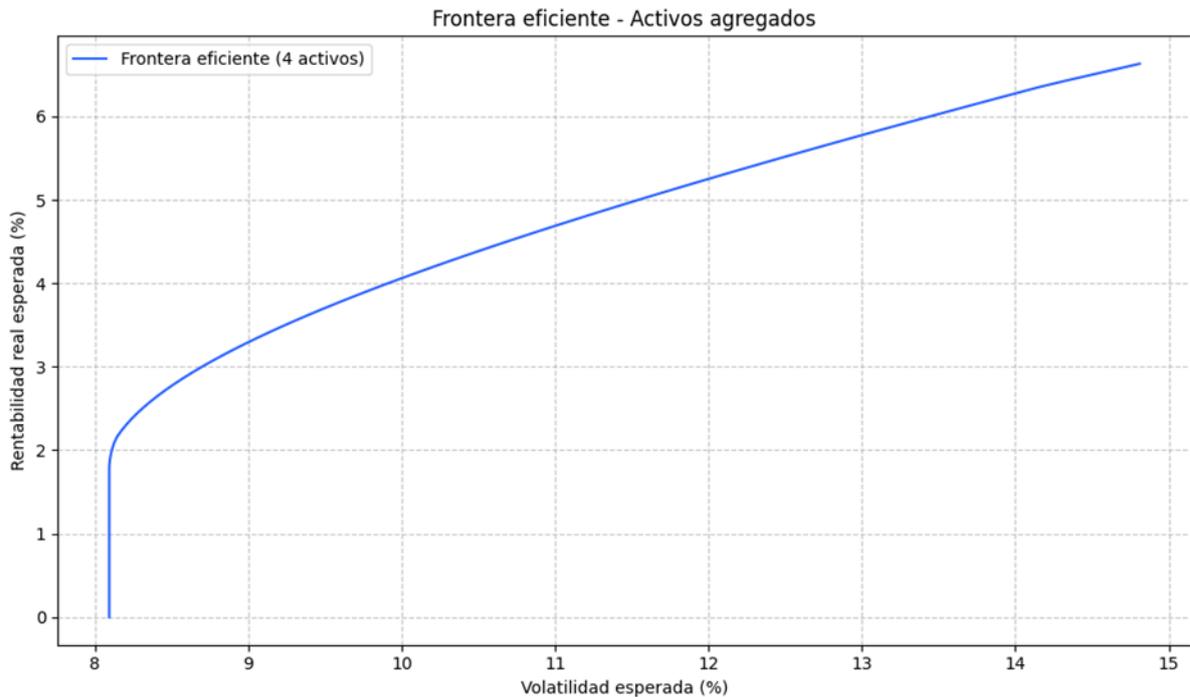


Ilustración 7. Frontera eficiente - Activos agregados. Elaboración propia mediante simulación convexa.

La curva resultante permite visualizar la envolvente de todas las carteras óptimas disponibles bajo las restricciones impuestas. Las carteras optimizadas por etapa se sitúan sobre esta frontera, aunque no necesariamente en su punto más alto, ya que se ha limitado la volatilidad de forma creciente con la edad.

En conjunto, estos resultados ofrecen una primera imagen de cómo se comportaría un fondo de ciclo de vida que incorporase Mercados Privados hasta su límite legal y aplicara restricciones realistas de riesgo, pero sin tener en cuenta aún la penalización por falta de liquidez. En el siguiente apartado se introducirá dicha penalización, para observar cómo cambia la asignación y evaluar el impacto que tiene la iliquidez cuando se modela de forma explícita en la función objetivo.

4.4 PENALIZACIÓN POR ILIQUIDEZ

A pesar de que los activos privados han demostrado históricamente una rentabilidad superior y una baja correlación con los activos tradicionales, su incorporación en los procesos de

optimización no está exenta de desafíos. Uno de los más relevantes es el riesgo de iliquidez. La naturaleza cerrada de los fondos de private equity, real estate o infraestructuras implica períodos prolongados en los que el capital permanece inmovilizado, impidiendo su reequilibrio oportuno o su uso para cubrir necesidades de liquidez inesperadas. Esta restricción condiciona no sólo la asignación óptima sino también la rentabilidad efectiva que puede extraerse de estos activos en una cartera dinámica.

En este contexto, una manera coherente de reflejar el coste de la iliquidez dentro del marco de optimización de media-varianza (Markowitz) consiste en ajustar la rentabilidad esperada de los activos privados en función de su sensibilidad a la iliquidez en cada etapa del ciclo de vida. Esta penalización permite trasladar, de forma pragmática, el menor valor que percibe el inversor por cada unidad de rentabilidad potencial cuando el activo carece de liquidez.

Formalmente, si denotamos por μ el vector de rentabilidades esperadas de los activos, y por s_{etapa} la sensibilidad a la iliquidez en una determinada etapa, la rentabilidad ajustada para el activo "Mercados Privados" se define como:

$$\mu_{privados,ajustada} = \mu_{privados} - s_{etapa} \cdot$$

Esta modificación afecta directamente a la función objetivo del modelo de optimización, que consiste en maximizar la rentabilidad esperada sujeta a un conjunto de restricciones (volatilidad, liquidez mínima, peso máximo de activos ilíquidos, etc.). Al reducir la rentabilidad de los activos ilíquidos, el modelo reduce su atractivo relativo, reflejando de manera parsimoniosa el efecto adverso de la falta de liquidez.

Con el objetivo de evitar introducir penalizaciones arbitrarias —que podrían desvirtuar tanto la interpretación de los resultados como su validez para aplicaciones reales— se optó por desarrollar un modelo específico y justificado para estimar la sensibilidad del inversor a la iliquidez en cada tramo de edad. Esta sensibilidad representa, en esencia, cuánto penaliza el inversor (de forma implícita) una menor liquidez del activo conforme se acerca a la etapa de jubilación, momento en el que su necesidad de disponer del capital se vuelve más crítica.

Para construir este modelo, se tomó como referencia la literatura reciente sobre asignación dinámica de activos bajo restricciones de liquidez, en particular el trabajo de Dimitrov (2025), que propone una formulación avanzada del problema de inversión en presencia de iliquidez estocástica. En su enfoque, la iliquidez se modela como una restricción temporal aleatoria: es decir, el inversor no puede reequilibrar libremente su cartera en cada instante, sino solo en momentos inciertos que siguen un proceso de Poisson, lo cual introduce una dimensión temporal crítica en la asignación de activos. Cuanto mayor es el tiempo esperado entre eventos de liquidez (rebalancing opportunities), mayor es la aversión del inversor a posicionarse en activos ilíquidos. Este marco permite capturar de forma más realista las limitaciones operativas que enfrentan los partícipes de fondos de pensiones o vehículos ciclo de vida, especialmente cuando invierten en activos como el Private Equity o la Deuda Privada, que no disponen de mercados secundarios eficientes.

Inspirándonos en esta lógica —aunque sin replicar directamente el aparato técnico de Dimitrov— se optó por una aproximación funcional más simple pero expresiva: construir una curva logística que represente cómo varía la sensibilidad del inversor a la iliquidez conforme avanza en su ciclo vital. La elección de la forma logística responde a una motivación tanto empírica como conceptual. En primer lugar, permite modelar un crecimiento no lineal de la aversión a la iliquidez: una sensibilidad que se mantiene relativamente baja durante las etapas más tempranas de la vida financiera (donde el horizonte temporal largo permite tolerar la falta de liquidez), pero que se acelera de manera progresiva a medida que el individuo se acerca a la edad de jubilación, momento en el cual la necesidad de preservar acceso a su capital es más inmediata y crítica. Esta aceleración creciente —reflejada en la pendiente de la función logística— se alinea con los hallazgos del modelo de Dimitrov, donde el valor de mantener liquidez disponible crece de forma convexa conforme se reduce el horizonte de inversión restante.

En términos operativos, la curva logística se ajustó a partir de cinco puntos representativos correspondientes a los grupos de edad definidos en el modelo (de 25–35 hasta 65+ años),

utilizando valores de sensibilidad ficticios pero plausibles, que reflejan la progresiva importancia que adquiere la liquidez en cada etapa. Estos valores se introdujeron como puntos de partida para estimar los intervalos de sensibilidad esperada a través de regresión no lineal, generando así un rango realista de penalizaciones que pueden aplicarse más adelante en la optimización. De esta manera, cada etapa del ciclo de vida queda asociada a un rango de sensibilidad estimado, y dentro de ese rango se selecciona un valor final (conservador pero representativo) que se utilizará para penalizar la rentabilidad esperada del activo de Mercados Privados en el proceso de optimización.

Esta metodología permite introducir un componente conductual y temporalmente coherente en la asignación de carteras, evitando el uso de ajustes ad hoc y proporcionando una base más sólida para evaluar el verdadero papel que pueden jugar los activos ilíquidos en un vehículo de ciclo de vida bien diseñado. En suma, la penalización no se introduce como una simple corrección técnica, sino como un mecanismo que refleja el comportamiento esperado del partícipe real —uno que valora la liquidez de forma creciente a medida que se aproxima su jubilación— y que responde a patrones documentados en la literatura sobre asignación intertemporal bajo restricciones reales. El modelo tiene la forma:

$$f(x) = \frac{L}{1 + e^{-k(x-x_0)}} ,$$

Donde x es la edad del individuo, L corresponde al valor máximo de sensibilidad, k se refiere a la pendiente de la curva y x_0 es el punto de inflexión de la curva.

La curva logística fue calibrada utilizando como base una serie de valores de sensibilidad progresiva, no escogidos de forma arbitraria sino inspirados en los resultados y propuestas del modelo de Dimitrov (2025). En su trabajo, el autor cuantifica cómo la falta de liquidez impacta la asignación óptima de activos conforme se reduce el horizonte temporal de inversión, proporcionando así una guía indirecta sobre cómo debería aumentar la penalización implícita por iliquidez a medida que se aproxima la jubilación. Partiendo de

esa lógica, se seleccionaron valores iniciales que reflejan una progresión razonable (tanto en magnitud como en ritmo de crecimiento) de la sensibilidad al riesgo de iliquidez, y se utilizó un ajuste logístico para obtener una función continua capaz de estimar penalizaciones coherentes a lo largo de todo el ciclo vital.

Una vez estimada la curva, se procedió a calcular para cada etapa del ciclo de vida un intervalo de sensibilidad esperada (una especie de “intervalo de confianza” adaptada a cada rango de edad) con el objetivo de capturar la variabilidad razonable que puede existir dentro de cada tramo. Dentro de estos intervalos se seleccionó una penalización final por etapa, de carácter conservador pero representativo, que posteriormente se aplicaría a la rentabilidad esperada del activo de Mercados Privados durante el proceso de optimización. Esta estrategia de selección (basada en una función teóricamente sólida, ajustada empíricamente y aplicada de forma prudente) permite introducir la penalización por iliquidez de forma rigurosa, coherente y alineada con los planteamientos más recientes en la literatura académica sobre gestión de carteras bajo restricciones dinámicas.

<i>Etapa</i>	<i>Rango de edad</i>	<i>Rango estimado (modelo)</i>
25-35	25-35	(0.00299, 0.00618)
36-45	36-45	(0.00658, 0.01266)
46-55	46-55	(0.01225, 0.02144)
56-65	56-65	(0.02281, 0.03992)
+65	66-75	(0.04248, 0.07436)

Tabla 8. Intervalos estimados de sensibilidad a la iliquidez por etapa de edad. Elaboración propia a partir de la curva logística ajustada con el modelo de Dimitrov (2025).

Como se observa en la tabla, la penalización se incrementa de forma clara a lo largo del ciclo vital. Para las etapas jóvenes (25–35 años), el impacto estimado de la iliquidez sobre la rentabilidad es casi despreciable, mientras que en la etapa final (65+), alcanza un nivel considerable, reflejando la menor tolerancia al bloqueo de capital en esa fase.

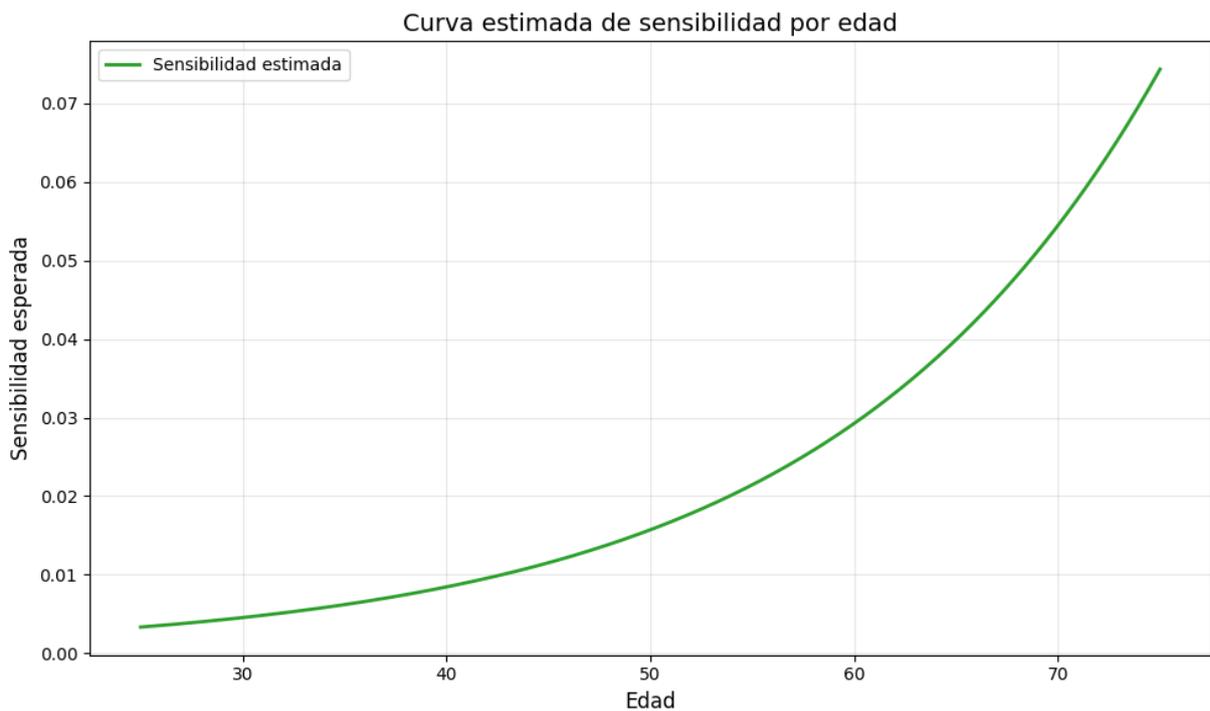


Ilustración 8. Curva logística estimada de sensibilidad a la iliquidez según la edad. Elaboración propia. Muestra cómo el efecto penalizador crece conforme avanza el ciclo vital, reflejando una mayor aversión a la iliquidez en edades próximas a la jubilación.

Para justificar estas estimaciones conceptualmente, se observa que el uso de una penalización directamente sobre la rentabilidad esperada es coherente con los principios del modelo de Markowitz, donde la función objetivo es:

$$\max_w \mu^T w \text{ sujeto a } w^T \Sigma w \leq \sigma_{max}^2$$

Al ajustar μ de forma diferenciada por etapa, introducimos una forma implícita de riesgo de iliquidez sin modificar la matriz de covarianzas Σ . Esta elección responde tanto a razones teóricas como prácticas: evita aumentar artificialmente la volatilidad del activo (que no se

observa directamente en las series), y permite reflejar preferencias individuales del inversor en función de su edad y horizonte temporal.

Tal como propone Dimitrov (2025) en su modelo continuo de ciclo de vida, las decisiones de inversión deben considerar no solo el perfil financiero de los activos, sino también su compatibilidad con las necesidades de liquidez del inversor. Penalizar la rentabilidad esperada permite al modelo reequilibrar la asignación de activos ilíquidos sin necesidad de introducir restricciones adicionales difíciles de calibrar o justificar empíricamente.

Además, el uso de una función logística (en lugar de, por ejemplo, una lineal) responde a la necesidad de capturar el comportamiento no lineal de la aversión a la iliquidez: esta es baja y casi constante en edades jóvenes, pero se intensifica de forma significativa a medida que el horizonte temporal del inversor se reduce.

Tras estimar los intervalos de sensibilidad a la iliquidez para cada grupo de edad mediante el modelo logístico previamente expuesto, el siguiente paso consistió en seleccionar valores específicos dentro de dichos rangos que permitieran penalizar adecuadamente la rentabilidad del activo de Mercados Privados en función del perfil de edad del inversor. Esta elección debía ser coherente tanto con la forma teórica de la curva como con los fundamentos empíricos y prácticos de diseño de carteras ciclo de vida.

En concreto, las sensibilidades escogidas fueron las siguientes:

<i>Etapa</i>	<i>Rango de edad</i>	<i>Penalización por sensibilidad aplicada</i>
25-35	25-35	0,0029
36-45	36-45	0,009
46-55	46-55	0,0165
56-65	56-65	0,025
+65	66-75	0,055

Tabla 9. Sensibilidades escogidas para aplicar la penalización por iliquidez en la rentabilidad esperada.

Estos valores se sitúan dentro de los intervalos de confianza estimados por el modelo logístico para cada etapa (Tabla 11), lo que garantiza que la penalización aplicada es razonable desde un punto de vista cuantitativo y no responde a un ajuste arbitrario. La selección se realizó siguiendo un criterio de progresión suave y creciente, de modo que se reflejara adecuadamente la mayor sensibilidad a la iliquidez conforme se avanza en el ciclo de vida.

Por ejemplo, en la etapa de 25 a 35 años, se escogió una sensibilidad muy baja (0.0029), prácticamente neutral, dado que a esa edad el horizonte temporal es largo, la tolerancia al riesgo suele ser alta y el inversor puede absorber la iliquidez con menor coste psicológico o financiero. Este valor representa una penalización casi imperceptible en la rentabilidad esperada, lo que permite que Mercados Privados siga teniendo un peso relevante en la cartera joven.

En la siguiente etapa (36-45), la sensibilidad aumenta hasta 0.009, dentro del rango estimado [0.00658, 0.01266], acompañando la leve reducción de tolerancia al riesgo y de margen temporal. A partir de los 46 años, la penalización aplicada (0.0165) refleja ya una transición hacia una fase de consolidación del ahorro, mientras que en los últimos tramos (56-65 y 65+), los valores utilizados (0.025 y 0.055 respectivamente) enfatizan el carácter restrictivo

que la iliquidez puede suponer para quienes se encuentran en edad próxima o posterior a la jubilación.

Cabe destacar que el valor máximo aplicado (0.055) en la etapa de mayores de 65 años se encuentra muy cerca del límite superior del intervalo de confianza estimado por el modelo para ese grupo [0.04248, 0.07436], lo que refuerza la idea de que estas penalizaciones han sido seleccionadas para reflejar de forma prudente pero no excesiva el coste percibido de mantener activos ilíquidos en fases avanzadas del ciclo de vida.

En resumen, las sensibilidades finales adoptadas constituyen un equilibrio entre la validez teórica (respetando los intervalos del modelo), la coherencia con la literatura académica y la aplicabilidad práctica del enfoque. Su implementación en el proceso de optimización (que se aborda en el siguiente apartado) permitirá analizar cómo esta penalización afecta la asignación a Mercados Privados y si induce patrones de desinversión consistentes con el marco teórico y las restricciones de liquidez inherentes a estos vehículos.

4.5 RESULTADOS DE LA OPTIMIZACIÓN CON PENALIZACIÓN APLICADA

Una vez definida la penalización por iliquidez sobre los activos, se presentan los resultados obtenidos al resolver el modelo de optimización de carteras incorporando, por primera vez, una penalización por iliquidez. Esta penalización no se impone a través de restricciones adicionales en el modelo, sino que afecta directamente a la rentabilidad esperada del activo de Mercados Privados, reduciéndola de forma creciente según la etapa del ciclo de vida del inversor. Esta aproximación, que se apoya en la metodología de Markowitz, resulta especialmente adecuada para representar la preferencia decreciente por activos ilíquidos a medida que se acerca la jubilación, sin necesidad de modificar la estructura formal del modelo.

La idea central es sencilla: si bien los activos privados ofrecen rentabilidades atractivas, también conllevan un mayor coste de oportunidad asociado a su falta de liquidez. Este coste

se modeliza como una penalización que disminuye la rentabilidad esperada del activo en función de dos elementos: los días de iliquidez estimados del activo y una sensibilidad que depende de la edad del inversor. Tal y como se mostró en el apartado anterior, estas sensibilidades han sido estimadas mediante un modelo logístico ajustado a partir de referencias académicas y de mercado, y se han situado dentro de intervalos de confianza razonables por etapa.

La penalización aplicada, por tanto, varía en función de la etapa vital. En las fases tempranas del ciclo (25-35 y 36-45), la sensibilidad a la iliquidez es todavía reducida, permitiendo al modelo seguir capturando buena parte del atractivo relativo de los activos privados. No obstante, a medida que se avanza en edad, el impacto de la iliquidez sobre la rentabilidad ajustada se incrementa de forma significativa. Este ajuste progresivo repercute directamente en la asignación óptima de activos, cuyas características se presentan a continuación.

	<i>Renta Fija</i>	<i>Renta Variable</i>	<i>Mercados Privados</i>	<i>Liquidez</i>
25-35	0,00	0,69	0,30	0,01
36-45	0,00	0,7596	0,2304	0,01
46-55	0,1519	0,6061	0,1920	0,05
56-65	0,4933	0,3645	0,0922	0,05
+65	0,6745	0,2152	0,0604	0,05

Tabla 10. Pesos óptimos por etapa del ciclo de vida (con penalización por iliquidez aplicada). Pesos óptimos calculados tras aplicar penalización a la rentabilidad esperada del activo de Mercados Privados.

Elaboración propia a partir de datos de Bloomberg y simulaciones propias.

La tabla anterior refleja una asignación de activos con un perfil más conservador en etapas tardías en comparación con la versión sin penalización. Destacan varios patrones: en primer lugar, se observa que el peso de los Mercados Privados disminuye gradualmente desde el 30% en la etapa 25-35 hasta el 6% en la etapa 65+, evidenciando el efecto directo de la

penalización aplicada. En paralelo, la asignación a Renta Fija aumenta significativamente, pasando de una exposición nula en los primeros tramos a un 67% en la etapa final. Esta transición progresiva refuerza la coherencia del modelo con la teoría del ciclo de vida, al tiempo que aporta una representación más realista del comportamiento inversor ante el riesgo de iliquidez.

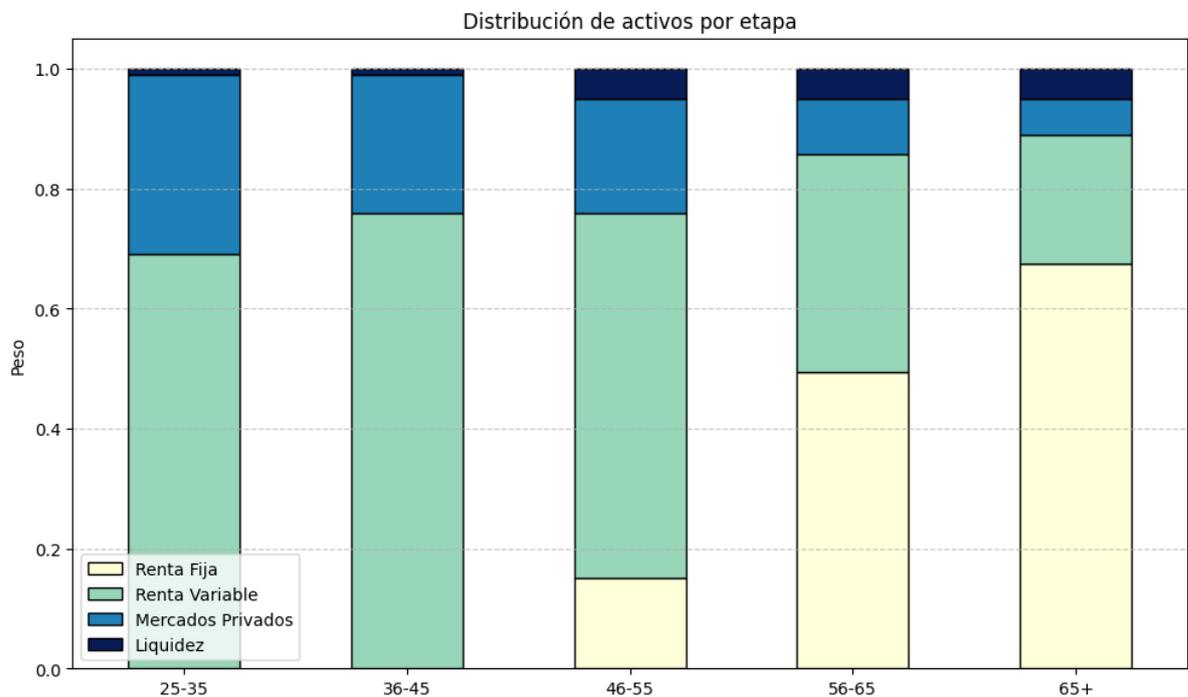


Ilustración 9. Distribución agregada de pesos por tipo de activo y etapa del ciclo vital. Elaboración propia.

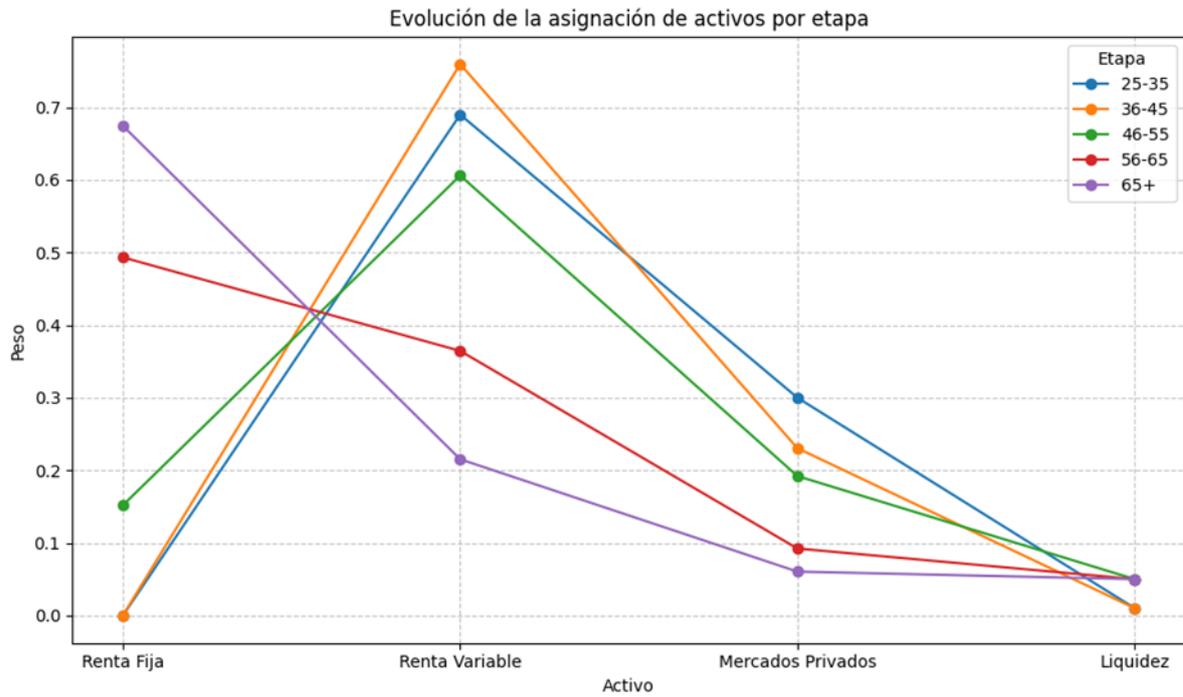


Ilustración 10. Gráfico de líneas que muestra la evolución comparada del peso de activos por etapa.

Elaboración propia.

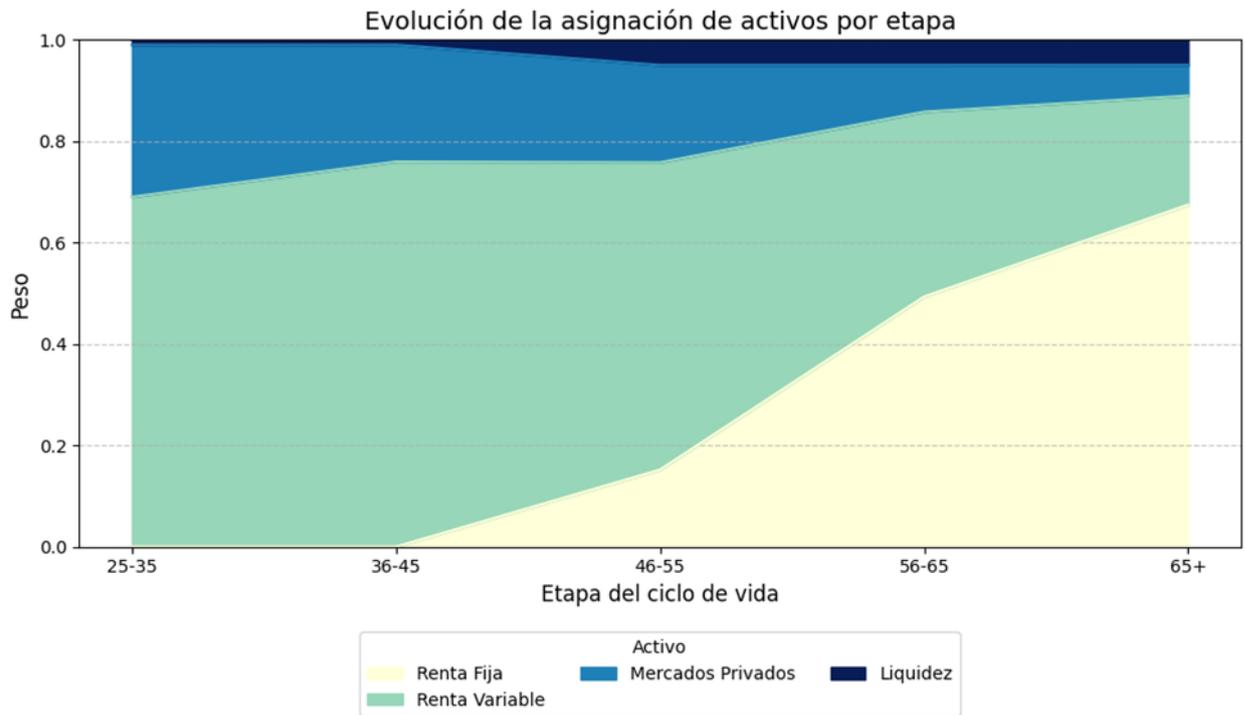


Ilustración 11. Gráfico de áreas apiladas que representan la evolución de la asignación a lo largo del ciclo de vida. Elaboración propia.

La visualización gráfica permite apreciar con claridad la transición estructural en la composición de las carteras. Mientras que en las etapas iniciales domina la Renta Variable junto a una presencia significativa de activos ilíquidos, las fases intermedias marcan el comienzo del desplazamiento hacia instrumentos de menor riesgo y mayor liquidez. Esta evolución se intensifica en la última etapa, donde la Renta Fija alcanza su peso máximo, garantizando una mayor estabilidad y acceso a liquidez.

Finalmente, para completar el análisis de esta fase, se calcula la rentabilidad ajustada de los activos tras aplicar la penalización correspondiente. Aunque estas rentabilidades no representan los retornos efectivos obtenidos por los inversores (ya que se utilizan exclusivamente para determinar los pesos óptimos), resultan fundamentales para entender el

mecanismo interno del modelo y la fuerza relativa que pierde cada activo según la etapa del ciclo de vida.

<i>Rentabilidades afectadas por iliquidez (%)</i>	<i>Renta Fija</i>	<i>Renta Variable</i>	<i>Mercados Privados</i>	<i>Liquidez</i>
25-35	2,09	8,61	8,62	2,00
36-45	2,08	8,60	8,01	2,00
46-55	2,05	8,57	7,26	1,99
56-65	2,03	8,55	6,41	1,99
+65	1,95	8,47	3,41	1,98

Tabla 11. Rentabilidades ajustadas aplicadas según sensibilidad por etapa. Elaboración propia.

En el siguiente apartado se aplicarán estos pesos optimizados a las rentabilidades reales de los activos, con el objetivo de calcular las métricas finales de cada cartera y realizar una comparativa completa frente a escenarios alternativos, como la versión sin Mercados Privados o el optimizador clásico sin penalizaciones.

4.6 RESULTADOS REALES

Una vez obtenidos los pesos óptimos para cada etapa vital mediante la optimización con penalización por liquidez aplicada a la rentabilidad esperada (tal y como se explicó en el apartado anterior), resulta imprescindible evaluar los resultados reales que esas carteras proporcionarían en la práctica, es decir, aplicando esos pesos óptimos directamente sobre las rentabilidades logarítmicas reales de los activos.

Este paso resulta esencial por dos motivos. En primer lugar, porque la penalización por liquidez se ha utilizado exclusivamente como herramienta de modelado dentro del proceso de optimización, afectando únicamente a la rentabilidad esperada teórica durante la resolución del problema. Sin embargo, en la realidad, una vez establecida la asignación de

activos, lo que importa para el inversor son las rentabilidades y los riesgos efectivos que la cartera ofrece en términos absolutos. En segundo lugar, porque esto nos permitirá, en etapas posteriores, realizar comparaciones relevantes con otros enfoques alternativos (por ejemplo, carteras formadas exclusivamente por activos líquidos) y analizar el impacto agregado de introducir activos privados en el vehículo de ciclo de vida.

Para evaluar los resultados reales obtenidos tras la optimización con penalización por iliquidez, se calcularon cuatro métricas fundamentales para cada una de las etapas del ciclo de vida: la rentabilidad esperada, la volatilidad anualizada, el ratio de Sharpe y el máximo drawdown. Cada una de estas métricas proporciona una perspectiva distinta sobre el comportamiento de la cartera y permite valorar su idoneidad desde el punto de vista del binomio rentabilidad-riesgo.

La rentabilidad esperada de cada cartera se estimó aplicando los pesos óptimos obtenidos en la optimización sobre las rentabilidades anuales reales de los activos. Es importante señalar que en este cálculo no se incluyó la penalización por iliquidez, ya que el objetivo era obtener una visión lo más realista posible de los retornos efectivos que las carteras habrían generado, asumiendo una inversión pasiva con esa asignación.

En cuanto a la volatilidad, se calculó como la desviación típica anualizada del conjunto de activos que componen la cartera. Para ello se tuvo en cuenta la matriz de covarianzas entre los activos y el peso relativo de cada uno de ellos en la cartera. Esta medida permite captar la magnitud de las oscilaciones que puede experimentar el valor de la inversión a lo largo del tiempo, y es fundamental para comprender la tolerancia al riesgo que se requiere en cada etapa del ciclo vital.

Por otro lado, se calculó el ratio de Sharpe, una medida de eficiencia ajustada por riesgo que permite valorar si la rentabilidad obtenida compensa suficientemente la volatilidad asumida. Para ello, se restó una tasa libre de riesgo del 2 % a la rentabilidad esperada de la cartera, y se dividió el resultado entre la volatilidad real de la misma. Un ratio de Sharpe más alto indica una mejor relación entre rentabilidad y riesgo asumido, lo cual es especialmente relevante en estrategias de inversión a largo plazo como las planteadas en este trabajo.

Por último, se estimó el máximo drawdown de cada cartera. Esta métrica representa la mayor caída porcentual sufrida por la cartera desde un pico máximo hasta un mínimo posterior, a lo largo del período de análisis. Para su cálculo se utilizaron las rentabilidades logarítmicas diarias acumuladas, transformadas en un índice de valor. El drawdown refleja, por tanto, la pérdida máxima potencial que un inversor podría haber experimentado en términos reales, y resulta clave para entender la vulnerabilidad de la cartera ante eventos de crisis o correcciones severas del mercado.

Estas métricas ofrecen, en conjunto, una visión completa de la calidad de las carteras generadas bajo el enfoque de optimización con penalización por iliquidez, y permiten realizar comparaciones informadas con otras alternativas estratégicas. El resumen de estas métricas por cada tramo del ciclo de vida es el siguiente:

<i>Etapa</i>	<i>Rentabilidad Esperada (%)</i>	<i>Volatilidad (%)</i>	<i>Sharpe Ratio</i>	<i>Max. Drawdown (%)</i>
25-35	8,64	14,83	0,45	-58,19
36-45	8,62	15,00	0,44	-56,99
46-55	7,35	12,50	0,43	-47,78
56-65	5,10	9,25	0,34	-25,47
65+	3,91	8,40	0,23	-20,74

Tabla 12. Métricas de las carteras resultantes tras aplicar los pesos óptimos por activo. Elaboración propia.

La evolución de las métricas reales por etapa, tras aplicar los pesos óptimos obtenidos en la optimización con penalización por iliquidez, revela una dinámica coherente con los principios fundamentales de los vehículos de ciclo de vida. El diseño de estas estrategias se apoya en una lógica de decreciente exposición al riesgo a medida que el inversor avanza en edad, buscando preservar el capital en las fases cercanas a la jubilación y maximizar el crecimiento en las etapas iniciales. A continuación, se analizan en profundidad los cuatro indicadores principales utilizados en esta evaluación.

La rentabilidad esperada disminuye de forma progresiva a lo largo del ciclo vital, desde un 8,64 % en la etapa más temprana (25–35 años) hasta un 3,91 % en la última etapa (65+). Esta evolución refleja fielmente el cambio en la asignación estratégica de activos a medida que se transita hacia una posición más conservadora. En las primeras etapas, la alta exposición a renta variable y mercados privados (activos históricamente asociados a mayores retornos) permite aspirar a rendimientos más elevados. Sin embargo, al avanzar hacia la jubilación, la asignación de cartera migra paulatinamente hacia activos más estables, como la renta fija y la liquidez, cuyo perfil de rentabilidad es más modesto, pero menos volátil. Este comportamiento está alineado con el objetivo de preservar el capital acumulado, reduciendo la probabilidad de pérdidas severas cuando el horizonte de inversión se acorta y el margen de recuperación ante caídas se limita.

La trayectoria descendente de la volatilidad anualizada valida el cumplimiento de las restricciones de riesgo impuestas en el modelo de optimización. En la primera etapa, la volatilidad alcanza un 14,83 %, y desciende gradualmente hasta el 8,40 % en la etapa final. No obstante, cabe destacar una excepción llamativa en este patrón: la etapa 36–45 registra una volatilidad ligeramente superior (15,00 %) a la etapa anterior, a pesar de tratarse de un grupo de edad más avanzado. Este fenómeno tiene una explicación lógica desde el punto de vista técnico. Al incorporar la penalización por iliquidez, el modelo de optimización reconfigura los pesos de tal forma que, en la segunda etapa, aumenta el peso relativo de la renta variable (el activo más volátil del universo considerado) mientras que se reduce ligeramente la exposición a mercados privados. Este pequeño desplazamiento en la composición es suficiente para elevar la volatilidad global de la cartera, a pesar de estar limitada por el umbral permitido. En definitiva, se trata de una excepción comprensible dentro de una tendencia general decreciente, que demuestra la flexibilidad del modelo y su capacidad para adaptarse a la estructura de rendimientos esperados penalizados.

El ratio de Sharpe presenta una evolución razonablemente estable en las primeras etapas del ciclo vital, manteniéndose entre 0,45 y 0,43 durante los tres primeros tramos de edad. Esta estabilidad indica que las carteras diseñadas para las etapas jóvenes y medias del ciclo consiguen mantener una buena eficiencia ajustada al riesgo, incluso tras aplicar

penalizaciones por iliquidez. No obstante, a partir del tramo 56–65 se observa una caída más marcada, alcanzando un valor de 0,34, que se acentúa en la última etapa, con un ratio de solo 0,23. Esta tendencia descendente resulta esperable y está en línea con la progresiva reducción del potencial de rentabilidad en edades avanzadas, donde las carteras tienden a tener un mayor peso en activos de menor rendimiento (como la renta fija y la liquidez), sin que la reducción de la volatilidad logre compensar completamente esta pérdida de retorno. Así, el ratio de Sharpe actúa como un reflejo de la eficiencia relativa entre riesgo y rentabilidad en cada fase de la vida, y aunque sus valores decrecen, el perfil general de las carteras sigue siendo prudente y coherente con el objetivo de protección del capital.

En cuanto a la magnitud del máximo drawdown registrado en las carteras, es una métrica que destaca especialmente en las primeras etapas. En el tramo 25–35, la caída máxima desde un pico hasta un valle acumulado alcanza el $-58,19\%$, lo que supone una pérdida muy significativa. De forma similar, la etapa 36–45 presenta un drawdown del $-56,99\%$, igualmente elevado. Estas cifras tan pronunciadas se explican por la elevada exposición a activos con alta volatilidad (como la renta variable y los mercados privados) que, aunque ofrecen retornos atractivos, también conllevan una mayor sensibilidad a las correcciones de mercado. Es importante subrayar que estas caídas se han calculado a partir de rentabilidades logarítmicas diarias acumuladas, lo cual aporta rigor matemático, pero también acentúa el impacto de los episodios extremos. A medida que se avanza en edad, la magnitud del drawdown disminuye progresivamente, hasta alcanzar un $-20,74\%$ en la etapa 65+, lo cual está en consonancia con la reducción de riesgo asumido en la construcción de las carteras. No obstante, los valores observados siguen siendo relevantes y justifican la incorporación futura de medidas adicionales de control de drawdown, como restricciones explícitas en el modelo de optimización o la inclusión de activos con mayor poder de cobertura.

En conjunto, estos resultados ponen de manifiesto que la incorporación de penalizaciones por iliquidez en la optimización de carteras permite generar asignaciones más realistas y alineadas con el ciclo vital del inversor. Sin embargo, también evidencian las limitaciones que persisten en cuanto al control del riesgo extremo, lo cual abre la puerta a futuras mejoras metodológicas y ajustes estratégicos.

4.7 COMPARATIVA CON OPTIMIZACIÓN SIN MERCADOS PRIVADOS

Con el objetivo de evaluar el impacto real de incorporar activos ilíquidos en los vehículos de ciclo de vida, se realizó una optimización paralela excluyendo explícitamente el activo "Mercados Privados". En este escenario alternativo, la optimización se llevó a cabo utilizando únicamente activos líquidos: Renta Fija, Renta Variable y Liquidez, manteniendo las mismas restricciones por etapa de edad, incluyendo las volatilidades máximas establecidas y los límites de asignación para el activo libre de riesgo.

Al comparar los resultados obtenidos con y sin la inclusión de Mercados Privados, es posible analizar hasta qué punto la exposición a estos activos contribuye a mejorar las métricas de rentabilidad ajustada al riesgo, sin perder de vista los efectos en términos de riesgo extremo.

Las carteras óptimas generadas sin la presencia de Mercados Privados presentan un sesgo más fuerte hacia Renta Variable en las etapas más jóvenes, dado que, dentro del universo disponible, es el activo que ofrece mayor rentabilidad esperada. A medida que se avanza en el ciclo de vida, se observa la transición esperada hacia una mayor asignación a Renta Fija, con un peso creciente del activo libre de riesgo, como ya sucedía en la optimización con Mercados Privados.

	<i>Renta Fija</i>	<i>Renta Variable</i>	<i>Liquidez</i>
<i>Peso</i>	0,00	0,99	0,01
<i>Rentabilidad Esperada (%)</i>	8,55		
<i>Volatilidad (%)</i>	15,65		
<i>Sharpe Ratio</i>	0,42		

Tabla 13. Cartera optimizada para la etapa 25–35. Elaboración propia a partir de la resolución del modelo sin mercados privados.

	<i>Renta Fija</i>	<i>Renta Variable</i>	<i>Liquidez</i>
<i>Peso</i>	0,00	0,95	0,05
<i>Rentabilidad Esperada (%)</i>	8,28		
<i>Volatilidad (%)</i>	15,00		
<i>Sharpe Ratio</i>	0,42		

Tabla 14. Cartera optimizada para la etapa 36–45. Elaboración propia a partir de la resolución del modelo sin mercados privados.

	<i>Renta Fija</i>	<i>Renta Variable</i>	<i>Liquidez</i>
<i>Peso</i>	0,20	0,75	0,05
<i>Rentabilidad Esperada (%)</i>	7,01		
<i>Volatilidad (%)</i>	12,50		
<i>Sharpe Ratio</i>	0,40		

Tabla 15. Cartera optimizada para la etapa 46–55. Elaboración propia a partir de la resolución del modelo sin mercados privados.

	<i>Renta Fija</i>	<i>Renta Variable</i>	<i>Liquidez</i>
<i>Peso</i>	0,53	0,42	0,05
<i>Rentabilidad Esperada (%)</i>	4,85		
<i>Volatilidad (%)</i>	9,25		
<i>Sharpe Ratio</i>	0,31		

Tabla 16. Cartera optimizada para la etapa 56–65. Elaboración propia a partir de la resolución del modelo sin mercados privados.

	<i>Renta Fija</i>	<i>Renta Variable</i>	<i>Liquidez</i>
<i>Peso</i>	0,69	0,26	0,05
<i>Rentabilidad Esperada (%)</i>	3,82		
<i>Volatilidad (%)</i>	8,50		
<i>Sharpe Ratio</i>	0,21		

Tabla 17. Cartera optimizada para la etapa 65+. Elaboración propia a partir de la resolución del modelo sin mercados privados.

Esta mayor concentración en activos líquidos no está exenta de consecuencias: en términos agregados, las carteras sin Mercados Privados tienden a presentar una menor rentabilidad esperada y un Sharpe ratio inferior en la mayoría de las etapas. Esto puede explicarse por la pérdida de diversificación que conlleva excluir una clase de activo con una elevada rentabilidad media y una baja correlación con el resto de los activos públicos (como se vio en el apartado de análisis descriptivo).

<i>Etapas</i>	<i>Rentabilidad Esperada (%)</i>	<i>Volatilidad (%)</i>	<i>Sharpe Ratio</i>	<i>Max. Drawdown (%)</i>
25-35	8,55	15,65	0,42	-52,83
36-45	8,28	15,00	0,42	-51,17
46-55	7,01	12,50	0,40	-41,19
56-65	4,85	9,25	0,31	-21,64
65+	3,82	8,40	0,21	-20,40

Tabla 18. Métricas de las carteras optimizadas sin mercados privados. Elaboración propia.

Una vez realizadas ambas optimizaciones (la primera incorporando activos de Mercados Privados con penalización por iliquidez, y la segunda restringida únicamente a activos públicos), se procede a realizar un análisis comparativo detallado de los resultados obtenidos. Esta comparación resulta clave para valorar el verdadero impacto de introducir activos ilíquidos en el diseño de vehículos de ciclo de vida, así como para extraer conclusiones prácticas sobre su conveniencia y viabilidad. A lo largo de este análisis, se explorarán las diferencias etapa por etapa en términos de rentabilidad esperada, volatilidad real, ratio de Sharpe y máximo drawdown, buscando no solo cuantificar las mejoras, sino también entender los mecanismos que las explican.

Desde una perspectiva general, los resultados muestran que la inclusión de Mercados Privados, incluso bajo un escenario conservador con penalización creciente por iliquidez, ha contribuido a mejorar el perfil de rentabilidad-riesgo de las carteras en prácticamente todas las etapas. Sin embargo, estas mejoras no son uniformes ni triviales, y su interpretación requiere considerar en detalle la interacción entre la estructura de los pesos óptimos, las características específicas de cada activo y las restricciones impuestas en la optimización.

En la etapa más temprana del ciclo de vida, la cartera con Mercados Privados alcanza una rentabilidad esperada del 8,64 %, frente al 8,55 % de la versión sin activos ilíquidos. Esta mejora, aunque moderada (0,09 puntos porcentuales), resulta especialmente destacable dado que se consigue con una volatilidad real más baja (14,83 % frente a 15,65 %). El ratio de Sharpe, como era de esperar, también mejora (0,45 vs. 0,42), lo que indica una mayor eficiencia en la asunción de riesgo. Sin embargo, esta ventaja viene acompañada de un coste en términos de riesgo extremo: el máximo drawdown asciende a -58,19 % con Mercados Privados, frente a un -52,83 % en su ausencia. Esta diferencia, aunque elevada, puede explicarse por la alta exposición a activos volátiles como la Renta Variable y los propios Mercados Privados, combinada con la baja cobertura de liquidez. No obstante, en esta fase vital (donde los inversores disponen de un horizonte temporal largo para recuperarse de posibles caídas), dicha pérdida potencial es menos relevante que la capacidad de acumular capital a largo plazo, lo que justifica esta elección desde una perspectiva de diseño.

En el segundo tramo, los resultados siguen una lógica similar. La cartera con Mercados Privados logra una rentabilidad esperada de 8,62 %, levemente superior al 8,28 % de la versión sin ellos. La volatilidad se mantiene constante en 15 %, pero el ratio de Sharpe sigue favoreciendo a la cartera diversificada (0,44 frente a 0,42). Esta mejora marginal en eficiencia, aunque numéricamente modesta, resulta significativa al mantenerse constante pese a la penalización aplicada. El peso asignado a Mercados Privados (23,04 %) se traduce en una diversificación que permite sostener la rentabilidad a pesar de las restricciones. El máximo drawdown se incrementa ligeramente al -56,99 % (vs. -51,17 %), pero al igual que en la etapa anterior, este aumento está dentro de lo razonable si se considera la tolerancia al riesgo propia de esta edad. Lo relevante aquí es que la rentabilidad neta adicional se consigue sin comprometer la volatilidad total, lo que refuerza el valor estratégico de incluir activos alternativos.

A medida que los inversores se aproximan al umbral de la jubilación, la evolución se vuelve más conservadora. En esta etapa intermedia, la rentabilidad esperada de la cartera con Mercados Privados asciende a 7,35 %, frente al 7,01 % de su contraparte sin estos activos. La volatilidad se mantiene en 12,5 % en ambos casos, pero el ratio de Sharpe vuelve a situarse ligeramente por encima con la inclusión de ilíquidos (0,43 vs. 0,40). Esta etapa marca un punto de inflexión en el diseño: se empieza a reducir de forma más notoria la exposición a Mercados Privados (hasta el 19,2 %) y a aumentar la asignación a Renta Fija. El máximo drawdown es también más contenido en ambas versiones (-47,78 % con Mercados Privados frente a -41,19 % sin ellos), mostrando que el diseño adaptado a la menor tolerancia al riesgo empieza a reflejarse en los resultados extremos. La clave aquí está en observar que incluso con menor peso en alternativos, la diversificación sigue ofreciendo una ligera ventaja en términos de eficiencia ajustada al riesgo.

Durante la fase inmediatamente anterior a la jubilación, las diferencias empiezan a acentuarse. La rentabilidad esperada con Mercados Privados es de 5,10 %, mientras que la versión sin ellos se queda en 4,85 %. Esta diferencia, del orden de 25 puntos básicos, es relevante si se tiene en cuenta que ambas carteras comparten el mismo nivel de volatilidad (9,25 %). El ratio de Sharpe confirma la superioridad de la versión diversificada (0,34 frente

a 0,31), lo que pone de manifiesto que incluso con un peso reducido en activos ilíquidos (9,22 %), estos siguen aportando rentabilidad marginal sin penalizar el riesgo. Además, el drawdown se reduce drásticamente en ambos casos (-25,47 % con ilíquidos vs. -21,64 % sin ellos), lo que refleja que las restricciones de volatilidad y el incremento de activos defensivos empiezan a ejercer un efecto estabilizador significativo. En esta etapa, la diferencia en eficiencia es más estratégica que cuantitativa: el valor de los Mercados Privados se consolida como herramienta complementaria, no como motor principal de retorno.

Finalmente, en la etapa 65+, donde el perfil de riesgo es extremadamente conservador, la cartera con Mercados Privados alcanza una rentabilidad esperada de 3,91 %, frente al 3,82 % de la versión sin ellos. La volatilidad es prácticamente idéntica (8,40 % vs. 8,50 %), pero el ratio de Sharpe es más elevado con activos ilíquidos (0,23 vs. 0,21). Aunque las diferencias absolutas parecen pequeñas, su relevancia es mayor en este contexto de bajo riesgo: pequeñas mejoras en la eficiencia tienen un impacto significativo en términos de preservación de capital. El drawdown es el menor de todas las etapas (-20,74 % vs. -20,40 %), y las carteras se alinean casi completamente, lo cual es coherente con las restricciones de peso y la menor contribución de Mercados Privados (6,04 %) en esta fase. En otras palabras, los alternativos no entorpecen la seguridad de la cartera, pero siguen aportando valor marginal incluso al final del ciclo de vida.

La comparación entre ambas estrategias revela un patrón consistente: la inclusión de Mercados Privados (aun aplicando penalizaciones crecientes por iliquidez) aporta valor a las carteras optimizadas en todas las etapas del ciclo vital. Este valor no solo se refleja en una rentabilidad esperada más elevada, sino también en una mejor eficiencia en la relación rentabilidad-riesgo, como lo demuestra el Sharpe Ratio. Aunque el coste en términos de máximo drawdown es perceptible en las primeras etapas, este efecto se diluye a medida que el ciclo avanza, y en ningún caso compromete la coherencia del diseño. Lejos de introducir un riesgo excesivo, los activos ilíquidos actúan como palanca complementaria para alcanzar mejores resultados dentro de los límites de riesgo tolerados.

Este análisis demuestra que el verdadero valor de los Mercados Privados no reside únicamente en su rentabilidad bruta, sino en su capacidad para mejorar la estructura global de las carteras bajo restricciones reales. Si bien la comparación métrica por métrica ya resulta favorable, su mayor contribución se halla en la arquitectura estratégica que permiten construir: una en la que la diversificación es más rica, la eficiencia más estable y las oportunidades de largo plazo más accesibles. Estos resultados constituyen una base sólida para defender su integración dentro de los vehículos de inversión diseñados para acompañar a los individuos a lo largo de su ciclo de vida.

Capítulo 5. CONCLUSIONES

El presente trabajo ha tenido como objetivo central analizar el impacto de la inclusión de mercados privados en la construcción de vehículos de inversión basados en el ciclo de vida. A través de una metodología rigurosa, que combina teoría financiera, modelización cuantitativa y sensibilidad a los condicionantes reales del inversor institucional, se ha construido una secuencia de carteras óptimas por etapa de edad, considerando tanto la estructura de riesgo-retorno de los distintos activos como sus restricciones de liquidez.

A lo largo del estudio, hemos demostrado que la incorporación progresiva de activos ilíquidos (representados aquí por una combinación ponderada de Private Equity, Private Debt, Infraestructura y Real Estate) puede aportar valor relevante en términos de diversificación, especialmente en etapas tempranas e intermedias de la vida. En estas fases, el horizonte temporal largo permite asumir ciertos compromisos de iliquidez a cambio de una rentabilidad esperada superior, sin comprometer gravemente la eficiencia del binomio riesgo-retorno.

Una de las principales conclusiones que se extrae del análisis es que el verdadero valor de los resultados obtenidos no reside únicamente en las métricas cuantitativas específicas (rentabilidad esperada, volatilidad, Sharpe ratio o drawdown), sino en la narrativa estratégica que construyen. Dado que las series históricas utilizadas abarcan un periodo de más de dos décadas, incluyendo episodios de alta inestabilidad financiera (como la crisis de 2008, la pandemia de COVID-19 en 2020 o el ajuste monetario de 2022), es esperable que exista cierto “ruido” estadístico que condicione algunas estimaciones. En consecuencia, más que interpretar las cifras como un pronóstico exacto, deben entenderse como una aproximación robusta a un fenómeno estructural: la oportunidad de mejorar la asignación intertemporal del capital mediante una apertura prudente a los mercados privados.

De hecho, esta interpretación resulta especialmente valiosa si consideramos la forma en que los resultados se adaptan al comportamiento previsto de la aversión al riesgo a lo largo del ciclo vital. La reducción progresiva de la volatilidad permitida por etapa, acompañada de una mayor asignación a renta fija y liquidez en edades avanzadas, es coherente con las preferencias observadas empíricamente en los inversores próximos a la jubilación. Asimismo, el modelo de penalización por iliquidez ha permitido integrar explícitamente el coste de oportunidad asociado a la escasa liquidez de ciertos vehículos, aportando así una capa de realismo que muchas optimizaciones tradicionales omiten.

A pesar de la mejora general observada al incluir mercados privados, los resultados también advierten de ciertos riesgos. El análisis del Máximo Drawdown revela caídas muy significativas en etapas tempranas (hasta -58%), lo cual refleja la vulnerabilidad inherente a carteras altamente expuestas a activos volátiles. Esto subraya la necesidad de considerar mecanismos de cobertura complementarios, como seguros de drawdown o derivados financieros, si el objetivo es suavizar trayectorias de consumo o preservar patrimonio ante crisis severas.

Otra línea de mejora potencial para futuras investigaciones sería la introducción de activos con un perfil claramente descorrelacionado respecto a los activos tradicionales y alternativos considerados en este estudio. En particular, la incorporación de materias primas (especialmente el oro), activos vinculados a la inflación, o incluso estrategias absolutas o de retorno objetivo (como hedge funds sistemáticos), podría aumentar el poder defensivo de las carteras en etapas de preservación de capital.

Además, convendría explorar enfoques dinámicos que contemplen la evolución esperada de los mercados privados en términos de liquidez, regulación y acceso. El desarrollo de infraestructuras tecnológicas como el blockchain, junto con la creciente tokenización de activos reales, podría reducir considerablemente los periodos de iliquidez en el futuro. Esto modificaría las sensibilidades utilizadas en el modelo y, por tanto, los resultados de la optimización.

Por último, es importante destacar que el modelo implementado puede servir como base flexible y escalable para ser aplicado en entornos reales de asset allocation. Su modularidad permite incorporar nuevas clases de activos, ajustar la penalización por iliquidez en función de variables contextuales (como la fase del ciclo económico) o adaptar los parámetros de riesgo según perfiles de cliente específicos. En este sentido, el trabajo no pretende ser una propuesta cerrada, sino una invitación a repensar el diseño de los productos de inversión ciclo de vida desde una perspectiva más amplia, sofisticada y alineada con las realidades del mercado actual.

Capítulo 6. BIBLIOGRAFÍA

- BBVA Asset Management. (2023). *Fondos ciclo de vida: una inversión adaptada a cada etapa vital*. Recuperado de <https://www.bbvaassetmanagement.com>
- Benartzi, S., & Thaler, R. H. (2007). Heuristics and biases in retirement savings behavior. *Journal of Economic Perspectives*, 21(3), 81–104. <https://doi.org/10.1257/jep.21.3.81>
- Fidelity. (2023). *Fidelity's target date funds: Philosophy, design, and implementation*. Fidelity Investments.
- GAO (U.S. Government Accountability Office). (2011). *Defined contribution plans: Key information on target date funds as default investments should be provided to plan sponsors and participants*. <https://www.gao.gov/assets/gao-11-118.pdf>
- Morningstar. (2022). *Target-Date Strategy Landscape Report*. Morningstar Research.
- Morningstar. (2023). *Alternatives to Traditional Portfolio Construction*. Recuperado de https://morningstardirect.morningstar.com/clientcomm/Alternatives_to_Traditional_Portfolio.pdf
- Rosen, C., & Wu, L. (2023). *Target Date Funds Around the World: Evolution, Design and Performance*. SSRN. <https://ssrn.com/abstract=5118823>
- T. Rowe Price. (2022). *The T. Rowe Price Approach to Target Date Portfolio Construction*.

- Vanguard. (2020). Vanguard Target Retirement Funds: The glide path and its role in asset allocation. Vanguard Research.
- Vanguard. (2021). Vanguard Life-Cycle Investing Model (VLCM): A framework for evaluating target-date glide paths. Vanguard Research.
- Young, J., Earning, P., & Guess, R. (2017). Glide paths and dynamic asset allocation in target-date funds. Society of Actuaries.
- Jaconetti, C., Kinniry, F. M., DiJoseph, M., & Zilbering, Y. (2021). Why glide paths evolve: Expected-to-do versus will-do glide paths. Vanguard Research.
- Basu, A., Byrne, A., & Drew, M. E. (2011). Dynamic lifecycle strategies for target date retirement funds. *Journal of Portfolio Management*, 37(2), 83–96.
- Aliaga-Díaz, R., Ahluwalia, H., Zhu, V., Donaldson, S., Daga, A., & Pakula, D. (2021). Vanguard Life-Cycle Investing Model (VLCM): A general portfolio framework for goals-based investing. Vanguard Research.
- Evolution. (2017). The Evolution of Target Date Funds: Using Alternatives to Improve Retirement Plan Outcomes.
- MIT Sloan. (2018). Adjusting retirement glide paths for investor behavior.
- Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (2008). *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. Yale University Press.
- T. Rowe Price. (2014). Evaluation of Target Date Glide Paths Within Defined Contribution Plans. T. Rowe Price Asset Allocation Insights Report.

- Scott, J. S., Watson, J. G., & Hu, W. Y. (2009). Efficient Retirement Planning Using the Vanguard Life-Cycle Investing Model. Vanguard Research.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1992). Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty*, 5(4), 297–323.
- Wallick, D., DiCiurcio, B., Baird, B., & Young, J. A. (2021). Vanguard's approach to glide-path construction. Vanguard Research.
- Andonov, A., Eichholtz, P., Kok, N., & de Roon, F. (2021). Institutional investors and the asset allocation to infrastructure. *Journal of Banking & Finance*, 122, 105987.
- Døskeland, T. M., & Strömberg, P. (2018). Evaluating investments in unlisted equity for the Norwegian government pension fund global. *Norges Bank Discussion Papers*.
- Gompers, P. A., Kaplan, S. N., & Mukharlyamov, V. (2016). What do private equity firms say they do? *Journal of Financial Economics*, 121(3), 449–476.
- Harris, R. S., Jenkinson, T., & Kaplan, S. N. (2014). Private equity performance: What do we know? *The Journal of Finance*, 69(5), 1851–1882.
- Jenkinson, T., Mladenovic, A., & Vulcanovic, M. (2023). Private markets for public pensions: The case for and against. *Oxford Review of Economic Policy*, 39(1), 128–152.
- Andonov, A., Kräussl, R., & Rauh, J. D. (2021). The Illiquidity Premium: Evidence from Private Equity. SSRN Working Paper. <https://ssrn.com/abstract=5118823>
- Ang, A. (2014). *Asset Management: A Systematic Approach to Factor Investing*. Oxford University Press.

- Chu, J. (2023). Private Equity's Role in Long-Term Capital Planning. Northern Trust.
- Northern Trust. (2023). Private Equity's Role in Long-Term Capital Planning. Foundation & Institutional Advisors.
- BlackRock. (2022). Private Debt: Diversification and income in a changing environment. BlackRock Investment Institute.
- ILPA. (2022). Private Credit Principles. Institutional Limited Partners Association.
- Preqin. (2023). Preqin Global Private Debt Report 2023. Preqin Ltd.
- StepStone. (2024). The Role of Private Debt in Long-Term Portfolios. StepStone Group.
- Brei, M., Gargantini, A., & Mazzotta, S. (2023). Infrastructure Investment and Regulation. European Investment Bank.
- EDHECinfra. (2023). Global Infrastructure Index Guide. EDHEC Infrastructure Institute.
- Inderst, G., & Della Croce, R. (2013). Pension Fund Investment in Infrastructure: A Comparison Between Australia and Canada. OECD Working Papers on Finance, Insurance and Private Pensions, No. 32.
- OECD. (2021). Annual Survey of Large Pension Funds and Public Pension Reserve Funds. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Preqin. (2023). Preqin Global Infrastructure Report 2023. Preqin Ltd.
- World Bank. (2022). Financing Infrastructure in the Post-COVID-19 Era: Towards Sustainable Solutions. World Bank Publications.

- Brei, M., Gargantini, A., & Mazzotta, S. (2023). Infrastructure Investment and Regulation. European Investment Bank.
- CBRE. (2022). Global Real Estate Market Outlook 2022. CBRE Research.
- INREV. (2022). Investment Intentions Survey. European Association for Investors in Non-Listed Real Estate Vehicles.
- OECD. (2021). Pension Funds and Real Estate: Challenges and Opportunities. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Preqin. (2023). Preqin Global Real Estate Report 2023. Preqin Ltd.
- Lichtenstern, A., Shevchenko, P. V., & Zagst, R. (2019). Optimal life-cycle consumption and investment decisions under age-dependent risk preferences. arXiv. <https://arxiv.org/abs/1908.09637>
- TIAA. (2024). The impact of TIAA Traditional in qualified default target-date strategies. <https://www.tiaa.org/public/pdf/institutional/whitepapers/tdf-qdia-impact.pdf>
- Vanguard. (2025a). Are Vanguard target-date funds equipped to weather market volatility? <https://institutional.vanguard.com>
- Vanguard. (2025b). Vanguard's Life-Cycle Investing Model (VLCM). <https://institutional.vanguard.com>
- Vanguard. (2025c). Choice of equity landing points can benefit target-date investors. <https://institutional.vanguard.com>

- arXiv. (2025). Target-Date Funds: A State-of-the-Art Review with Policy Implications.
<https://arxiv.org/abs/2504.13712>
- Dimitrov, D. (2025). Untangling Illiquidity: Optimal Asset Allocation with Private Asset Classes. Working Paper No. 827, De Nederlandsche Bank.
- Franzoni, F., Nowak, E., & Phalippou, L. (2012). Private Equity Performance and Liquidity Risk. *Journal of Finance*, 67(6), 2341–2373.
- Gourier, E., Phalippou, L., & Sorensen, M. (2024). Dynamic Allocation to Private Equity under Capital Calls and Distributions. Working Paper.
- Metrick, A., & Yasuda, A. (2010). The Economics of Private Equity Funds. *Review of Financial Studies*, 23(6), 2303–2341.

ANEXO I

En el siguiente enlace de Google Drive se adjuntan los archivos anexos al trabajo, los cuales se han utilizado para llevar a cabo todos los cálculos, optimizaciones y representaciones que han conducido a los resultados expuestos:

https://drive.google.com/drive/folders/1_8qrq6_pz0l63YMpEIL7lrrbjO6sFIK?usp=drive_link

En él, se encuentran un total de cinco archivos, que son los siguientes:

- Un archivo de Microsoft Excel llamado “**SERIES.xlsx**” con las series históricas diarias de los fondos seleccionados para cada activo, que tiene la siguiente forma:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Dates	LPX50TR	SPLGAL	DJBGIT	RUGL	NDDUWI	EG05	EURO03M	
2	01/01/2003	675,80	977,97	953,15	1073,11	1579,90	346,52	2,865	
3	02/01/2003	687,30	990,42	968,03	1087,15	1638,53	349,42	2,861	
4	03/01/2003	687,10	984,32	968,56	1092,62	1633,29	347,07	2,863	
5	04/01/2003	687,10	984,78	968,56	1092,62	1633,29	347,07	2,863	
6	05/01/2003	687,10	985,24	968,56	1092,62	1633,29	347,07	2,863	
7	06/01/2003	700,20	983,05	978,79	1097,92	1659,94	346,78	2,86	
8	07/01/2003	693,70	987,95	972,95	1089,04	1652,62	348,83	2,859	
9	08/01/2003	675,40	979,94	966,19	1072,59	1613,68	346,37	2,853	
10	09/01/2003	681,50	981,71	964,35	1075,69	1641,37	346,62	2,834	
11	10/01/2003	678,50	973,71	959,12	1065,18	1631,70	343,84	2,836	
12	11/01/2003	678,50	973,99	959,12	1065,18	1631,70	343,84	2,836	
13	12/01/2003	678,50	974,26	959,12	1065,18	1631,70	343,84	2,836	
14	13/01/2003	683,80	977,87	952,16	1067,04	1637,70	345,19	2,829	
15	14/01/2003	686,60	977,04	955,76	1068,51	1647,75	344,90	2,829	
16	15/01/2003	684,20	976,66	953,46	1068,40	1628,09	344,72	2,829	
17	16/01/2003	679,30	971,42	952,94	1056,10	1614,25	342,76	2,828	
18	17/01/2003	674,10	966,32	942,13	1048,89	1585,48	341,94	2,83	
19	18/01/2003	674,10	966,53	942,13	1048,89	1585,48	341,94	2,83	
20	19/01/2003	674,10	966,74	942,13	1048,89	1585,48	341,94	2,83	
21	20/01/2003	670,80	966,40	940,69	1046,61	1576,81	342,28	2,828	
22	21/01/2003	668,30	963,27	931,89	1039,44	1553,96	341,26	2,831	
23	22/01/2003	664,30	962,48	926,09	1038,18	1535,12	341,09	2,825	
24	23/01/2003	670,30	961,52	925,09	1038,56	1544,84	340,81	2,823	
25	24/01/2003	669,70	954,44	917,42	1024,13	1504,37	339,07	2,819	
26	25/01/2003	669,70	954,64	917,42	1024,13	1504,37	339,07	2,819	
27	26/01/2003	669,70	954,84	917,42	1024,13	1504,37	339,07	2,819	
28	27/01/2003	653,40	952,75	893,59	1011,21	1468,45	338,40	2,814	
29	28/01/2003	652,90	956,04	901,90	1011,79	1483,25	339,17	2,818	
30	29/01/2003	647,60	954,47	893,76	1013,18	1487,60	338,70	2,813	
31	30/01/2003	652,30	955,99	897,98	1012,21	1475,17	338,72	2,811	
32	31/01/2003	658,10	961,08	904,35	1023,34	1492,50	340,75	2,807	
33	01/02/2003	658,10	961,13	904,35	1023,34	1492,50	340,75	2,807	
34	02/02/2003	658,10	961,19	904,35	1023,34	1492,50	340,75	2,807	
35	03/02/2003	660,00	958,85	903,35	1020,68	1502,52	339,67	2,807	

- Cuatro archivos de Google Colab que corresponden a notebooks de Python3:
 - “**Cálculo de volatilidades**”, donde se calculan los intervalos para establecer las volatilidades máximas para cada etapa y se visualiza la curva.
 - “**Sensibilidades Iliquidez**”, donde, de igual forma, se calculan los intervalos correspondientes a las sensibilidades por etapa y se visualiza la curva.
 - “**OptConMMPP**”, donde se lleva a cabo el tratamiento de datos, cálculo de métricas, optimización de carteras con mercados privados y visualización de resultados.
 - “**OptSinMMPP**”, donde lo único que cambia respecto al archivo anterior es la optimización y visualización sin los activos privados.

Para ejecutar los dos últimos notebooks en Google Colab, se precisa cargar el archivo de Excel llamado “SERIES.xlsx” mencionado anteriormente.