



MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Trabajo de fin de Máster

LA METODOLOGÍA CRUCE EN LA CONSECUCCIÓN DE LA LIBERTAD FINANCIERA

Autor: Tristán Elósegui Becerril

Directores: Daniel Fernández Alonso

Codirector: David Trebolle Trebolle

Madrid

Declaración de originalidad

Declaro bajo mi responsabilidad que el Proyecto presentado con el título **La metodología cruce en la consecución de la libertad financiera** de la ETS de Ingeniería – ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico **segundo del Máster en Ingeniería Industrial y Grado en Administración y Dirección de Empresas** es de mi autoría 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.

Uso de Inteligencia Artificial¹

Declaro bajo mi responsabilidad que:

He utilizado Inteligencia Artificial en la elaboración del presente documento y/o del Anexo B siempre en las condiciones permitidas por la Universidad Pontificia Comillas, es decir, aplicando el Nivel 2 de la [Escala de Evaluación de Perkins et al. \(2024\)](#): *“La IA puede utilizarse para actividades previas a la tarea, como la lluvia de ideas, la descripción y la investigación inicial. Este nivel se centra en el uso de la IA para la planificación, las síntesis y la generación de ideas, pero las evaluaciones deben hacer hincapié en la capacidad de desarrollar y refinar estas ideas de forma independiente”*. En concreto, la Inteligencia Artificial ha sido empleada para:

1. **Brainstorming de ideas de investigación:** Utilizado para idear y esbozar posibles áreas de investigación.
2. **Estudios multidisciplinares:** Para comprender perspectivas de otras comunidades sobre temas de naturaleza multidisciplinar.
3. **Constructor de plantillas:** Para diseñar formatos específicos para secciones del trabajo.
4. **Corrector de estilo literario y de lenguaje:** Para mejorar la calidad lingüística y estilística del texto.

¹ Esta declaración se refiere al uso de la Inteligencia Artificial generativa para realizar los documentos del Proyecto (Anexo B y Memoria). No aplica a Proyectos donde, por su naturaleza, deban emplear inteligencia artificial como parte de los mismos (aplicación de técnicas de aprendizaje automático, redes neuronales, análisis de datos...)

5. **Sintetizador y divulgador de libros complicados:** Para resumir y comprender literatura compleja.

Revisor: Para recibir sugerencias sobre cómo mejorar y perfeccionar el trabajo con diferentes niveles de exigencia.

Tristán
Firmado: Tristán Elósegui Becerril
Fecha: 7 de julio de 2026

Autorización para la entrega del Proyecto

El Director del Proyecto	El co-Director del Proyecto (si aplica)
Fdo: David Trebolle Trebolle	Fdo: <i>Daniel Fernández Alonso</i>
Fecha: 7 de julio de 2026	Fecha: 7 de julio de 2026

Madrid



MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Trabajo de fin de Máster

LA METODOLOGÍA CRUCE EN LA CONSECUCCIÓN DE LA LIBERTAD FINANCIERA

Autor: Tristán Elósegui Becerril

Directores: Daniel Fernández Alonso

Codirector: David Trebolle Trebolle

Madrid

Resumen

Resumen en español

Este Trabajo de Fin de Máster estudia la metodología Cruce, desarrollada por David Trebolle, que estructura el camino hacia la libertad financiera en tres fases (estructuración, acumulación y reparto) y define el Cruce como el momento en el que los ingresos pasivos generados por el patrimonio igualan los gastos recurrentes del individuo.

El trabajo persigue un doble objetivo. Por un lado, pretende profundizar en la metodología dentro del ámbito de las finanzas personales. Por otro, se va a evaluar si dichos principios se pueden trasladar al *project finance*, tomando como caso de estudio un parque eólico. Para ello se construyen modelos de simulación sobre datos históricos mensuales del S&P 500 entre 1974 y 2024, deflactados por el IPC español, complementados con modelos deterministas y análisis de sensibilidad.

El capítulo dedicado a la metodología Cruce presenta el marco teórico del trabajo. La metodología convierte la libertad financiera en un objetivo cuantificable. Aplicando una tasa segura de retiro, el patrimonio necesario para alcanzar el Cruce equivale al gasto anual dividido entre dicha tasa. Sobre un patrimonio objetivo de 1.050.000 € se identifican los principios que se analizan en los capítulos posteriores, que son el coste de oportunidad de la liquidez, la reducción de los costes de inversión, el uso del apalancamiento y la gestión del riesgo de secuencia en el entorno del Cruce.

El capítulo de estructuración analiza el *dip buying*, es decir, si es rentable acumular liquidez para comprar en caídas relevantes del mercado. Se comparan cuatro casos con distintos grados de flexibilidad en la gestión del fondo de emergencia. Los resultados muestran que el *dip buying* puede mejorar de forma significativa el patrimonio final, pero su valor no reside en acertar el momento de compra sino en la gestión de la liquidez que lo hace posible. Reservar un pequeño colchón adicional aporta mejoras modestas, mientras que permitir una reducción temporal del fondo de emergencia genera patrimonios notablemente superiores. El análisis de sensibilidad establece una jerarquía clara entre las variables del modelo, en la que el tamaño del fondo de emergencia es el parámetro con mayor impacto, el umbral de activación influye de forma subordinada y sin óptimo universal, y el colchón adicional

desempeña un papel secundario. El análisis de equivalencias añade una lectura complementaria, ya que las estrategias flexibles permiten sostener un fondo de emergencia más amplio sin pérdida material de patrimonio final.

El capítulo de acumulación aborda tres decisiones clave del inversor. La primera es la elección entre gestión activa y gestión pasiva. La diferencia de comisiones entre un fondo indexado y un fondo activo minorista retrasa la llegada al Cruce de 29 a 33 años, y la evidencia del SPIVA *Scorecard* muestra que en torno al 88% de los fondos activos no bate a su índice a quince años, con un alfa bruto mediano prácticamente nulo y sin persistencia entre los que sí lo logran. La gestión pasiva se confirma, por tanto, como la opción racional por defecto.

La segunda decisión es el uso del apalancamiento en renta variable, analizado a través de futuros sobre índice, préstamos lombardos y ETFs apalancados diarios. El modelo determinista y la validación histórica *rolling* muestran que el apalancamiento acelera el escenario central, con rendimientos marginales decrecientes, pero no protege frente al peor caso, ya que en el decil más adverso de la historia analizada ningún nivel de apalancamiento permite alcanzar el objetivo dentro del horizonte de planificación.

Por otra parte, todas las estrategias apalancadas habrían superado en algún momento su umbral de *margin call*. Los futuros resultan ser el vehículo más eficiente, mientras que los ETFs apalancados sufren un *volatility drag* que erosiona la rentabilidad compuesta a largo plazo. En conjunto, el apalancamiento estructural mantenido durante décadas queda cuestionado y se concluye que su uso tendría más sentido como herramienta táctica en horizontes acotados.

La tercera decisión es la forma más eficiente de invertir un capital puntual, como una herencia o un bonus. El análisis *rolling* compara el *Lump Sum* con el *Dollar Cost Averaging*, una estrategia híbrida, el *market timing* y el *Value Averaging*. Los resultados muestran que el tiempo en el mercado importa más que el momento de entrada. El *Lump Sum* supera a las alternativas en la mayoría de las ventanas históricas, el DCA actúa como un seguro barato contra el riesgo de timing y esperar activamente una corrección destruye valor de forma sistemática, mientras que las estrategias más sofisticadas añaden complejidad operativa sin ventaja material.

El capítulo de reparto cuantifica el riesgo de secuencia simulando una caída del 40% de la renta variable en el momento del Cruce, seguida de 25 años de retiros sobre la secuencia histórica de retornos.

Una cartera invertida al 100% en renta variable no logra sostener el gasto en buena parte de las ventanas, con una tasa de supervivencia del 56%. La estrategia más robusta es el *rising equity glide path*, que parte de una asignación defensiva del 40% en renta variable y la incrementa progresivamente hasta el 80%, alcanzando una supervivencia del 85% y, en contra de la intuición habitual, un patrimonio final superior al del caso base en la mayoría de los escenarios.

Dado que acumular con una cartera conservadora desde el inicio retrasaría el Cruce en 5,7 años, se plantean dos alternativas, la incorporación gradual de renta fija en el tramo final de la acumulación, con un coste de apenas 0,6 años, y el mantenimiento del 100% en renta variable, combinando el fondo de emergencia con una reducción temporal del gasto, que eleva la supervivencia al 80%.

El último capítulo de análisis traslada la metodología a un modelo de *project finance* de un parque eólico *onshore* de 50 MW en Aragón, que incorpora la financiación puente durante la construcción, la deuda senior dimensionada mediante *debt sculpting* sobre el escenario P90 con un DSCR de 1,3x, un tramo *mezzanine* y el coste de capital estimado mediante CAPM.

Con la curva forward de OMIP, la TIR del proyecto (4,6%) se sitúa por debajo del WACC y la TIR del accionista (5,3%) queda muy por debajo del coste del *equity*, coherente con la compresión de precios provocada por la canibalización renovable.

El análisis del apalancamiento óptimo confirma los rendimientos marginales decrecientes, aunque con una diferencia esencial respecto a las finanzas personales, ya que el estrecho spread entre la rentabilidad del activo y el coste de la deuda hace que el tramo *mezzanine* destruya valor para el accionista. Por su parte, el *trapped cash* del SPV se revela como el equivalente estructural del fondo de emergencia, y su gestión activa mediante un *cash sweep* mejora el MoIC a costa de una ligera reducción de la TIR, mientras que la reinversión en baterías no resulta rentable con la estructura de precios actual.

El capítulo de conclusiones sintetiza estos resultados y confirma que los principios de la metodología Cruce quedan validados por la evidencia histórica y son parcialmente trasladables al *project finance*.

Resumen en inglés

This Master's Thesis studies the Cruce methodology, developed by David Trebolle, which structures the path towards financial freedom in three phases (structuring, accumulation and distribution) and defines the Cruce as the moment when the passive income generated by an individual's wealth equals their recurring expenses.

As set out in the introduction, the thesis pursues a twofold objective. On the one hand, it deepens the methodology within the field of personal finance, testing its principles against historical evidence. On the other, it assesses whether those principles can be transferred to project finance, using a wind farm as a case study. To that end, simulation models are built on monthly historical data of the S&P 500 between 1974 and 2024, deflated by Spanish CPI, and complemented with deterministic models and sensitivity analyses.

The chapter devoted to the Cruce methodology presents the theoretical framework of the thesis, turning financial freedom into a quantifiable target. Applying a safe withdrawal rate (SWR), the wealth required to reach the Cruce equals annual spending divided by that rate. In the base case used throughout, the target wealth stands at €1,050,000. On this basis, the chapter identifies the principles analysed in the following chapters, namely the opportunity cost of liquidity, the reduction of investment costs, the use of leverage and the management of sequence risk around the Cruce.

The structuring chapter analyses dip buying, that is, whether it pays off to accumulate liquidity in order to buy during significant market falls. Four cases with different degrees of flexibility in the management of the emergency fund are compared. The results show that dip buying can significantly improve final wealth, but its value does not lie in timing the purchase correctly but in the liquidity management that makes it possible.

Setting aside a small additional cash buffer yields modest improvements, whereas allowing a temporary reduction of the emergency fund produces notably higher final wealth. The

sensitivity analysis establishes a clear hierarchy among the model variables, in which the size of the emergency fund is the parameter with the greatest impact, the purchase trigger plays a subordinate role with no universal optimum, and the additional buffer remains secondary. The equivalence analysis adds a complementary reading, since flexible strategies make it possible to sustain a larger emergency fund without a material loss of final wealth.

The accumulation chapter addresses three key investor decisions. The first is the choice between active and passive management. The fee gap between an index fund and a retail active fund delays the arrival at the Cruce from 29 to 33 years, and the evidence from the SPIVA Scorecard shows that around 88% of active funds fail to beat their benchmark over fifteen years, with a median gross alpha close to zero and no persistence among those that do succeed. Passive management is therefore confirmed as the rational default choice.

The second decision is the use of leverage in equities, analysed through index futures, Lombard loans and daily leveraged ETFs. The deterministic model and the rolling historical validation show that leverage accelerates the central scenario, with diminishing marginal returns, but offers no protection in the worst case, since in the most adverse decile of the analysed history no level of leverage reaches the target within the planning horizon.

Moreover, every leveraged strategy would at some point have breached its margin call threshold. Futures prove to be the most efficient vehicle, whereas leveraged ETFs suffer from a volatility drag that erodes long-term compound returns. Overall, structural leverage sustained over decades is called into question, and its use makes more sense as a tactical tool over limited horizons.

The third decision is the most efficient way to invest a lump sum of capital, such as an inheritance or a bonus. The rolling analysis compares Lump Sum investing with Dollar Cost Averaging, a hybrid strategy, market timing and Value Averaging. The results show that time in the market matters more than the timing of entry. Lump Sum investing outperforms the alternatives in most historical windows, DCA acts as a cheap insurance against timing risk, and actively waiting for a correction systematically destroys value, while the more sophisticated strategies add operational complexity without any material advantage.

The distribution chapter quantifies sequence risk by simulating a 40% equity market fall at the moment of the Cruce, followed by 25 years of withdrawals over the historical sequence of returns.

A portfolio fully invested in equities fails to sustain spending in a large share of the windows, with a survival rate of 56%. The most robust strategy is the rising equity glide path, which starts from a defensive allocation of 40% in equities and progressively increases it to 80%, achieving 85% survival and, against common intuition, a higher final wealth than the base case in most scenarios.

The conditional analysis also shows that metrics observable at Cruce, such as the CAPE ratio, allow the degree of protection to be modulated. Given that accumulating with a conservative portfolio from the outset would delay the Cruce by 5.7 years, two less costly alternatives are proposed, the gradual incorporation of fixed income in the final stretch of the accumulation phase, at a cost of only 0.6 years, and keeping 100% in equities while combining the emergency fund with a temporary reduction in spending, which raises survival to 80%.

The final analytical chapter transfers the methodology to a project finance model of a 50 MW onshore wind farm in Aragon, which incorporates bridge financing during construction, senior debt sized through debt sculpting on the P90 scenario with a 1.3x DSCR, a mezzanine tranche and a cost of capital estimated through CAPM.

Under the OMIP forward curve, the project IRR (4.6%) falls below the WACC and the equity IRR (5.3%) remains well below the cost of equity, a result consistent with the price compression driven by renewable cannibalisation. The optimal leverage analysis confirms the diminishing marginal returns, although with an essential difference with respect to personal finance, since the narrow spread between the asset return and the cost of debt means that the mezzanine tranche destroys value for the shareholder. In turn, the trapped cash of the SPV emerges as the structural equivalent of the emergency fund, and its active management through a cash sweep improves the MoIC at the expense of a slight reduction in IRR, while reinvestment in batteries is not profitable under the current price structure.

The conclusions chapter brings these results together and confirms that the principles of the Cruce methodology withstand the test of historical evidence and are partially transferable to project finance.

Índice de la memoria

1. Introducción	8
1.1 Objetivos	9
1.2 Estructura del documento	10
2. La metodología Cruce	11
2.1 El concepto de Cruce.....	11
2.2 Las fases de la metodología: estructuración, acumulación y reparto	12
2.3 Principios fundamentales de la metodología Cruce	13
3. Estructuración. Análisis del dip buying	15
3.1 Definición de los casos base de análisis.....	16
3.1.1 Caso 1. Estrategia base sin dip buying	16
3.1.2 Caso 2. Dip buying utilizando exclusivamente un colchón adicional.....	17
3.1.3 Caso 3. Dip buying con colchón de ahorro y reducción temporal del fondo de emergencia	17
3.1.4 Caso 4. Dip buying con colchón de ahorro y reducción agresiva del fondo de emergencia	18
3.2 Comparación directa de los casos de estudio	19
3.2.1 Caso 1: El coste de oportunidad de la estabilidad.....	19
3.2.2 Caso 2: Impacto limitado de un colchón de ahorro	20
3.2.3 Caso 3: Flexibilización del fondo de emergencia	21
3.2.4 Caso 4: Fondo de emergencia flexible con limitación temporal del riesgo.....	23
3.3 Análisis de sensibilidad	24
3.3.1 Importancia del tamaño del fondo de emergencia	24
3.3.2 Ausencia de umbral óptimo universal del trigger de compra	25
3.3.3 Impacto limitado del colchón de ahorro	27
3.4 Análisis de equivalencias	28
3.5 Conclusión.....	30
4. Acumulación.....	32
4.1 Gestión pasiva vs gestión activa.....	32
4.1.1 Impacto de las comisiones.....	32

4.1.2	Generación de alfa	33
4.2	Impacto del apalancamiento en el tiempo al cruce	35
4.2.1	Modelo determinista	38
4.2.2	Validación histórica: análisis rolling 1974 – 2024	40
4.2.3	El riesgo de liquidación	42
4.2.4	Análisis de sensibilidad y stress tests	45
4.2.5	Conclusión	47
4.3	Inversión de un capital puntual	48
4.3.1	Análisis Lump Sum	49
4.3.2	Dollar Cost Averaging	49
4.3.3	Estrategia híbrida	51
4.3.4	Estrategia de market timing	52
4.3.5	Value averaging	54
4.3.6	Conclusión	56
5.	Reparto. Alternativas ante caídas severas del portfolio en el cruce	58
5.1	Metodología	59
5.2	Estrategias analizadas	59
5.2.1	Caso base	59
5.2.2	Glide path	59
5.2.3	Estrategia con fondo de emergencia a 2 años	60
5.2.4	Glide path creciente	60
5.3	Análisis de resultados	61
5.4	Impacto de las condiciones de mercado en el momento del cruce	64
5.5	Coste de oportunidad. Retiro máximo con información perfecta	66
5.6	Impacto de la renta fija en la llegada al cruce	70
5.7	Mitigantes en estrategias con un 100% de exposición a renta variable	71
6.	Aplicación de la metodología Cruce a un parque eólico	73
6.1	Introducción	73
6.2	Construcción del modelo	74
6.2.1	Producción energética	75
6.2.2	Estructura de ingresos	75

6.2.3 Inversión inicial y financiación de la construcción.....	76
6.2.4 Inversiones de mantenimiento y costes operativos.....	77
6.2.5 Estructura de capital.....	78
6.2.6 Coste de capital.....	80
6.2.7 Métricas de retorno.....	81
6.3 Análisis de resultados del caso base.....	82
6.3.1 Escenario base con curvas Pricecast.....	85
6.4 Apalancamiento óptimo.....	87
6.4.1 Análisis de resultados.....	88
6.5 Gestión activa de liquidez.....	89
6.5.1 Alternativas para gestionar el trapped cash.....	91
6.5.2 Análisis de resultados.....	91
7. Conclusión.....	94
7.1 Dip buying.....	94
7.2 Gestión pasiva vs gestión activa.....	95
7.3 Impacto de invertir en vehículos de renta variable apalancados.....	95
7.4 Inversión de un capital puntual.....	96
7.5 Caída del 40% de la renta variable al cruce.....	97
7.6 Aplicación al parque eólico.....	98
8. Bibliografía.....	100

Índice de figuras

Ilustración 1: Patrimonio final en el caso base de cada estrategia (€MM).....	20
Ilustración 2: Evolución del fondo de emergencia	22
Ilustración 3: Distribución del tiempo transcurrido a distintos niveles del fondo de emergencia (%).....	23
Ilustración 4: Patrimonio final (€m) en función del tamaño del fondo de emergencia	24
Ilustración 5: Incremento de patrimonio final en función del fondo de emergencia.....	25
Ilustración 6: Trigger óptimo en función del tamaño del fondo de emergencia.....	26
Ilustración 7: Delta respecto al caso de trigger óptimo	26
Ilustración 8: Sensibilidad del patrimonio final al tamaño del colchón de ahorro	28
Ilustración 9: Meses de equivalencia de fondo de emergencia para distintos casos con el mismo patrimonio final	29
Ilustración 10: Fondo de emergencia máximo para distintos niveles de patrimonio final ..	29
Ilustración 11: Impacto de las comisiones en el patrimonio	33
Ilustración 12: Resultados del modelo determinista en productos apalancados.....	39
Ilustración 13: Impacto de estrategias apalancadas en el tiempo al cruce.....	39
Ilustración 14: Rentabilidad de productos apalancados en función de la evolución del mercado	40
Ilustración 15: Resultados históricos de vehículos apalancados	41
Ilustración 16: Distancia al cruce en distintas ventanas históricas.....	41
Ilustración 17: Tamaño de los drawdowns históricos y escenarios con margin call.....	43
Ilustración 18: Impacto del margin call en escenarios con desapalancamiento	44
Ilustración 19: Impacto de una caída del 30% en el tiempo hasta el cruce	45
Ilustración 20: Impacto de un incremento de 200 puntos básicos en el coste de financiación sobre el tiempo al cruce	46
Ilustración 21: Impacto de la volatilidad de mercado en los años 15-17 sobre el tiempo al cruce.....	46

Ilustración 22: CAGR real del Lump Sum por horizonte de inversión (P25-P75).....	49
Ilustración 23: CAGR mediana y win rate del Lump Sum frente al DCA	50
Ilustración 24: Tiempo de espera y frecuencia de activación del market timing según el umbral de corrección	53
Ilustración 25: Tasa de acierto del Lump Sum frente al market timing	53
Ilustración 26: Coste de oportunidad del market timing	54
Ilustración 27: CAGR mediana del Lump Sum frente al Value Averaging	56
Ilustración 28: Tasa de supervivencia por estrategia	61
Ilustración 29: Cajas y patillas del patrimonio final para cada estrategia	62
Ilustración 30: Glide path para distintas combinaciones de renta fija y variable	64
Ilustración 31: Tasa de supervivencia en función del CAPE	65
Ilustración 32: Tasa de supervivencia en función del momentum	66
Ilustración 33: Distribución del SWR máximo con información perfecta	67
Ilustración 34: Coste de protección en ventanas alcistas.....	68
Ilustración 35: Tasa de supervivencia en ventanas con drawdowns históricos	68
Ilustración 36: Patrimonio final vs CAPE al cruce.....	69
Ilustración 37: Impacto de la reducción de costes en la tasa de supervivencia	72
Ilustración 38: Supuestos base.....	81
Ilustración 39: P&L del caso base sin cash sweep	83
Ilustración 40: Cash Flow en el escenario base	83
Ilustración 41: Resultados del caso base	84
Ilustración 42: Curvas merchant de OMIP y Pricecast.....	86
Ilustración 43: Resultado del caso base con curva Pricecast.....	86
Ilustración 44: Impacto del apalancamiento en los retornos del project finance.....	88
Ilustración 45: Reserva indisponible para distintos escenarios de apalancamiento	90
Ilustración 46: Impacto del cash sweep en la rentabilidad para el accionista	92

Índice de abreviaturas

AEE	Asociación Empresarial Eólica
BCE	Banco Central Europeo
CAGR	Compound Annual Growth Rate
CAPE	Cyclically Adjusted Price-to-Earnings
CAPEX	Capital Expenditure
CAPM	Capital Asset Pricing Model
CFADS	Cash Flow Available for Debt Service
COD	Commercial Operation Date
DCA	Dollar Cost Averaging
DSCR	Debt Service Coverage Ratio
ETF	Exchange Traded Fund
FWB	Future Wholesale Base
IPC	Índice de Precios al Consumo
IRENA	International Renewable Energy Agency
LCOE	Levelized Cost of Energy
LTC	Loan to Capex
MoIC	Multiple on Invested Capital

NAV	Net Asset Value
OMIP	Operador del Mercado Ibérico de Energía
PPA	Power Purchase Agreement
REE	Red Eléctrica de España
S&P 500	Standard & Poor's 500
SPIVA	S&P Indices Versus Active
SPV	Special Purpose Vehicle
SWR	Safe Withdrawal Rate
TER	Total Expense Ratio
TIR	Tasa Interna de Retorno
TLA	Term Loan A
VAN	Valor Actual Neto
WACC	Weighted Average Cost of Capital

1. INTRODUCCIÓN

La libertad financiera, entendida como la situación en la que los ingresos generados por el patrimonio cubren los gastos recurrentes de una persona, se ha convertido en un objetivo cuantificable dentro de las finanzas personales. La mayor esperanza de vida, la incertidumbre sobre los sistemas públicos de pensiones y el acceso generalizado del ahorrador minorista a instrumentos de inversión de bajo coste han impulsado el interés por planificar de forma rigurosa el ahorro y la inversión a largo plazo.

En este contexto se enmarca la metodología Cruce, desarrollada por David Trebolle, que estructura el camino hacia la libertad financiera en tres fases (estructuración, acumulación y reparto) y define el Cruce como el momento en el que los ingresos pasivos generados por el patrimonio igualan los gastos recurrentes del individuo. La metodología ofrece un marco ordenado de decisión sobre el ahorro, la gestión de la liquidez, la elección de los vehículos de inversión y el uso del apalancamiento.

En la primera parte del trabajo se analizan las principales decisiones a las que se enfrenta un inversor durante la fase de acumulación. Para ello se construyen modelos de simulación sobre datos históricos mensuales del S&P 500 entre 1974 y 2024, deflactados por el IPC español, complementados con modelos deterministas y análisis de sensibilidad. En concreto, se analiza la rentabilidad de acumular liquidez para comprar en caídas del mercado (*dip buying*) y el coste de oportunidad del fondo de emergencia; las diferencias entre gestión activa y gestión pasiva; el impacto de invertir en renta variable de forma apalancada; la forma más eficiente de invertir un capital puntual; y el riesgo de secuencia de retornos, simulando una caída del 40% de la renta variable en el momento del Cruce y comparando distintas estrategias de protección del patrimonio.

La segunda parte evalúa si los principios de la metodología Cruce son trasladables al *project finance*. Desde un punto de vista financiero hay similitudes, ya que ambos tienen largas vidas

útiles y flujos de caja recurrentes. Se ha construido un modelo de *project finance* de un parque eólico *onshore* de 50 MW, que incorpora la financiación puente durante la construcción, el dimensionamiento de la deuda senior mediante *debt sculpting*, un tramo *mezzanine* y la estimación del coste de capital mediante CAPM. Sobre este modelo se contrastan dos principios de la metodología Cruce, la existencia de un nivel óptimo de apalancamiento con rendimientos marginales decrecientes y la gestión activa de la liquidez, materializada en el *trapped cash* del SPV.

Este enfoque se complementa con la experiencia profesional del autor en un fondo de inversión especializado en financiación alternativa a pymes, donde se estructuran soluciones híbridas que combinan distintos instrumentos de capital. El Trabajo de Fin de Máster permite integrar esta experiencia práctica con dos ámbitos de interés, las finanzas personales y el *project finance*.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo del trabajo es profundizar y contribuir al desarrollo de la metodología Cruce, contrastando sus principios con la evidencia histórica y analizando si son aplicables al *project finance*.

Este objetivo general se concreta en los siguientes objetivos secundarios. En primer lugar, se evalúa si el *dip buying* y una gestión flexible del fondo de emergencia mejoran el patrimonio. En segundo lugar, se cuantifica el efecto de las comisiones y del alfa de la gestión activa sobre el tiempo hasta el Cruce, para justificar la elección del vehículo de inversión. En tercer lugar, se mide el impacto del apalancamiento en renta variable sobre el tiempo al Cruce y se evalúa su riesgo de liquidación. En cuarto lugar, se identifica la estrategia más eficiente para invertir un capital puntual. En quinto lugar, se cuantifica el riesgo de secuencia ante una caída severa del mercado en el momento del Cruce y se compara la eficacia de distintas estrategias de protección. Por último, se construye un modelo de

project finance de un parque eólico que permita evaluar si los principios de apalancamiento óptimo y gestión activa de la liquidez son trasladables a este ámbito.

1.2 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

El documento se organiza en ocho capítulos. Tras esta introducción, el capítulo 2 presenta el marco teórico de la metodología Cruce, describiendo su origen, sus fases y los principios fundamentales que se van a analizar en el presente trabajo. El capítulo 3 estudia el *dip buying* y la gestión de la liquidez, el capítulo 4 aborda la fase de acumulación y el capítulo 5 la fase de reparto, con las alternativas ante una caída severa del mercado en el momento del Cruce. El capítulo 6 traslada estos principios a un modelo de *project finance* de un parque eólico. Finalmente, el capítulo 7 recoge las conclusiones del trabajo y el capítulo 8 la bibliografía empleada.

2. LA METODOLOGÍA CRUCE

Las finanzas personales constituyen un ámbito de estudio cada vez más relevante debido al creciente protagonismo del individuo en la gestión de su patrimonio. Los factores demográficos y de mercado señalados en la introducción han trasladado al ahorrador particular decisiones que tradicionalmente quedaban en manos de instituciones. Obras como *The Intelligent Investor* de Benjamin Graham o *Buffett: The Making of an American Capitalist* de Roger Lowenstein² contribuyeron a consolidar los principios de la inversión individual a largo plazo, mientras que la literatura académica ha aportado evidencia sobre la prima de riesgo de la renta variable, la aritmética de la gestión activa o la sostenibilidad de las tasas de retiro, cuestiones que se retomarán a lo largo del trabajo.

Sobre esta base ha surgido en las últimas décadas una corriente centrada en la independencia financiera, cuyo planteamiento consiste en acumular un patrimonio suficiente para que sus rendimientos sostengan el gasto del hogar de forma indefinida. La regla práctica más extendida vincula ese patrimonio objetivo a una tasa segura de retiro (SWR, *Safe Withdrawal Rate*), habitualmente fijada en el 4% anual. La metodología Cruce se inscribe en esta corriente y la adapta al contexto español, dotándola de una estructura por fases y de un conjunto de reglas de decisión.

2.1 EL CONCEPTO DE CRUCE

La metodología Cruce, desarrollada por David Trebolle³, define el Cruce como el momento en el que los ingresos pasivos generados por el patrimonio igualan o superan los gastos recurrentes del individuo. A partir de ese punto, el trabajo deja de ser una necesidad

² Graham, B. (2006). *The Intelligent Investor*. Harper Business. Lowenstein, R. (1995). *Buffett: The Making of an American Capitalist*. Random House.

³ Trebolle, D. (2022). *Finanzas para ti: La metodología Cruce y la construcción de libertad financiera*.

económica y pasa a ser una elección, el individuo ha dejado de intercambiar tiempo por dinero. El nombre de la metodología hace referencia al cruce entre la curva de los ingresos pasivos, creciente a medida que el patrimonio se acumula, y la de los gastos del hogar.

Este enfoque pretende convertir la libertad financiera en un objetivo cuantificable. Aplicando una tasa segura de retiro, el patrimonio necesario para alcanzar el Cruce equivale al gasto anual dividido entre dicha tasa. En el caso base empleado a lo largo de este trabajo, construido sobre la familia Martínez que la propia metodología utiliza como hogar de referencia, unos ingresos brutos anuales de 60.000 €, una tasa de ahorro del 30% y una SWR del 4% sitúan el patrimonio objetivo en 1.050.000 €. Esta cuantificación permite, además, evaluar cualquier decisión financiera por su impacto sobre una métrica homogénea, el tiempo hasta el Cruce.

2.2 LAS FASES DE LA METODOLOGÍA: ESTRUCTURACIÓN, ACUMULACIÓN Y REPARTO

La metodología estructura el camino al Cruce en tres fases.

La primera fase, de estructuración, sienta las bases del plan financiero. Comprende la elaboración de un presupuesto, el control de los hábitos de gasto, la definición de una tasa de ahorro estable y la constitución de un fondo de emergencia que cubra varios meses de gasto. En esta fase la metodología distingue también entre deuda buena, aquella que financia activos generadores de flujos a un coste inferior a su retorno esperado, y deuda mala, la que financia consumo. El énfasis recae en los hábitos más que en el nivel de ingresos, la capacidad de ahorro sostenida en el tiempo determina la viabilidad del plan.

La segunda fase, de acumulación, invierte el ahorro periódico en activos productivos con el fin de que el interés compuesto incremente el patrimonio hasta llegar al Cruce. La metodología propone vehículos accesibles al inversor minorista, con los fondos indexados de bajo coste como núcleo de la cartera, complementados por activos inmobiliarios u otras

inversiones alternativas, e insiste en la minimización de comisiones para no frenar la capitalización compuesta. Es la fase más larga del proceso y aquella en la que las decisiones sobre gestión de la liquidez, elección del vehículo y uso del apalancamiento tienen un mayor impacto. Por ello, la mayor parte del análisis se concentra en esta fase.

La fase de reparto comienza al alcanzar el Cruce. El patrimonio deja de acumularse y pasa a sostener el gasto del hogar mediante retiradas periódicas. En esta fase el riesgo dominante ya no es la rentabilidad media a largo plazo, sino la secuencia de retornos. Una caída severa del mercado en los primeros años de retiro puede agotar el patrimonio aunque la rentabilidad media del periodo sea satisfactoria. Por ello, la fase de reparto exige políticas específicas de asignación de activos y de gestión del gasto, que se analizan en el quinto capítulo del trabajo.

2.3 PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LA METODOLOGÍA CRUCE

Más allá de las fases descritas, la metodología Cruce descansa sobre una serie de principios financieros, algunos de los cuales constituyen el objeto de análisis de este trabajo.

El primero es el coste de oportunidad de la liquidez. El fondo de emergencia es un pilar de la fase de estructuración, pero el capital que lo integra permanece fuera del mercado y genera una rentabilidad inferior a la de la renta variable, actuando como un lastre (*cash drag*) sobre la acumulación. La metodología plantea que esa liquidez no tiene por qué gestionarse de forma completamente rígida, y que su movilización táctica en momentos de caída del mercado puede crear valor. El capítulo 3 cuantifica esta hipótesis.

El segundo es la reducción de los costes de inversión. Las comisiones restan rentabilidad de forma recurrente y su efecto se amplifica con el interés compuesto, por lo que la metodología adopta la gestión pasiva indexada como opción por defecto. El apartado 4.1 evalúa esta recomendación a partir del impacto de las comisiones en el tiempo al Cruce y de los datos históricos de la generación de alfa de la gestión activa.

El tercero es el uso del apalancamiento. La deuda crea valor cuando existe un diferencial positivo entre el retorno esperado del activo y el coste de la financiación, y ese valor presenta rendimientos marginales decrecientes a medida que aumenta la exposición, a la vez que introduce un riesgo de liquidación forzosa. Este principio se analiza en el apartado 4.2 para la renta variable y en el capítulo 6 para la estructura de capital de un proyecto de infraestructura.

El cuarto es la gestión del riesgo de secuencia en el entorno del Cruce. El inversor es especialmente vulnerable en los años inmediatamente posteriores al inicio de la fase de reparto, y la protección puede articularse tanto desde la asignación de activos como desde la flexibilidad del gasto. El capítulo 5 compara ambas vías ante una caída del 40% de la renta variable en el momento del Cruce.

3. ESTRUCTURACIÓN. ANÁLISIS DEL *DIP BUYING*

Una vez definido el marco general de acumulación patrimonial, se procede a analizar si es rentable acumular liquidez para aprovechar caídas relevantes del mercado. Esta práctica, conocida como *dip buying*, consiste en aumentar temporalmente la inversión cuando el precio de los activos ha sufrido una depreciación notable, con el objetivo de beneficiarse de una eventual recuperación posterior. Sin embargo, trasladar esta intuición a una estrategia real exige resolver una tensión importante: para poder comprar en las caídas es necesario mantener liquidez disponible, pero esa misma liquidez tiene un coste de oportunidad, ya que permanece fuera del mercado. Por lo tanto, la pregunta es si comprar en caídas compensa el coste de mantener recursos sin invertir a la espera de que se produzcan.

Con el fin de estudiar esta cuestión, se ha construido un modelo a largo plazo en el que un individuo acumula patrimonio mediante aportaciones periódicas y, en determinados supuestos, utiliza parte del fondo de emergencia o una reserva adicional de liquidez para realizar compras cuando la bolsa sufre caídas relevantes. El análisis se plantea sobre cuatro casos que representan distintos grados de agresividad en el uso de la liquidez y distintos criterios de reposición del fondo de emergencia. Con ello no solo se pretende valorar el posible beneficio de comprar en las caídas, sino también el papel del fondo de emergencia, la liquidez reservada y los criterios de reposición.

El capítulo se estructura en cuatro bloques. Primero se definen los cuatro casos de estudio, que siguen distintos grados de flexibilidad en la gestión de liquidez. Posteriormente se comparan sus resultados para identificar qué tipo de decisiones generan mayor impacto patrimonial. Esa comparación se completa con un análisis de sensibilidad que establece una jerarquía clara entre las variables del modelo. Finalmente, el análisis de equivalencias permite ir más allá de la riqueza final y evaluar en qué medida una mayor flexibilidad en la liquidez puede sostenerse sin coste patrimonial.

3.1 DEFINICIÓN DE LOS CASOS BASE DE ANÁLISIS

En primer lugar conviene definir las condiciones sobre las que se construye el modelo. Los cuatro casos se simulan sobre datos históricos mensuales del S&P 500 entre enero de 1974 y diciembre de 2024, un horizonte suficientemente amplio para capturar múltiples ciclos de expansión y corrección bursátil. Las caídas se miden siempre respecto al último máximo histórico, lo que permite que el umbral de activación refleje la magnitud real de la depreciación acumulada y no simples fluctuaciones puntuales.

En cuanto a la liquidez, se asume que el fondo de emergencia genera una rentabilidad anual del 2%, equivalente a la de un fondo monetario. Por otra parte, el hogar parte de cero en el momento inicial, tanto en fondo de emergencia como en patrimonio invertido, de modo que la fase de constitución del fondo queda integrada dentro del propio modelo. Los casos se construyen con unos parámetros de referencia fijos.

3.1.1 CASO 1. ESTRATEGIA BASE SIN DIP BUYING

En este supuesto no se realiza *dip buying* en ningún momento. El individuo destina inicialmente su ahorro mensual a constituir el fondo de emergencia hasta alcanzar el nivel objetivo fijado en el modelo. Una vez completado, la totalidad del ahorro posterior se invierte de forma sistemática en el mercado y el fondo de emergencia nunca se utiliza para aumentar la exposición.

Este caso se utilizará como referencia frente al resto de estrategias ya que no hay una gestión táctica de la liquidez. Por tanto, cualquier diferencia con los casos posteriores podrá interpretarse como una consecuencia de la gestión de liquidez. Esta es la estrategia más conservadora, ya que prioriza la estabilidad del fondo de emergencia frente a la posibilidad de aprovechar oportunidades puntuales de compra.

3.1.2 CASO 2. *DIP BUYING* UTILIZANDO EXCLUSIVAMENTE UN COLCHÓN ADICIONAL

El segundo caso introduce una versión conservadora de *dip buying*. Además del fondo de emergencia objetivo, se constituye un colchón adicional de liquidez reservado específicamente para realizar compras tácticas cuando el mercado sufre caídas relevantes. El tamaño del colchón se define en meses de ahorro.

Una vez constituido el fondo de emergencia y el colchón, la estrategia continúa invirtiendo con normalidad. Cuando el mercado cae por debajo del umbral fijado, se activa una compra extraordinaria utilizando exclusivamente esa reserva adicional, sin reducir en ningún momento el fondo de emergencia base. Tras ello, el colchón no se repone de forma inmediata, sino únicamente cuando la bolsa recupera el máximo previo a la caída.

Este caso permite analizar si una estrategia moderada de *dip buying* puede mejorar el patrimonio final sin comprometer la función protectora del fondo de emergencia. Se trata, por tanto, del escenario más prudente entre aquellos que incorporan compras tácticas.

3.1.3 CASO 3. *DIP BUYING* CON COLCHÓN DE AHORRO Y REDUCCIÓN TEMPORAL DEL FONDO DE EMERGENCIA

El tercer caso sigue una estrategia más agresiva. Igual que en el caso 2, se mantiene un colchón adicional de liquidez destinado específicamente al *dip buying*. Sin embargo, cuando se produce una caída relevante del mercado, la estrategia no solo utiliza ese colchón, sino que además reduce temporalmente el fondo de emergencia hasta dos tercios de su cobertura inicial.

Este escenario se basa en la hipótesis de que, en momentos en los que el mercado está deprimido, el coste de oportunidad de mantener un fondo de emergencia aumenta notablemente ya que el inversor renuncia a una oportunidad de entrada especialmente

atractiva. Por ello, decide asumir de forma temporal una menor cobertura del fondo de emergencia para invertir más cuando los precios están deprimidos.

Del mismo modo que en el caso 2, la reposición no se produce de forma inmediata sino una vez que el mercado haya recuperado el máximo previo a la caída. Con ello se evita volver demasiado pronto a una posición de liquidez elevada mientras el mercado sigue deprimido.

3.1.4 CASO 4. *DIP BUYING* CON COLCHÓN DE AHORRO Y REDUCCIÓN AGRESIVA DEL FONDO DE EMERGENCIA

El cuarto caso sigue la estrategia más flexible y agresiva. Cuando el mercado registra una caída suficiente, la estrategia utiliza el colchón adicional y reduce temporalmente el fondo de emergencia hasta la mitad de su cobertura inicial. Se trata, por tanto, del caso con mayor disposición a movilizar liquidez para aprovechar descensos del mercado.

La principal diferencia respecto al caso 3 no reside solo en la mayor intensidad inicial del ajuste, sino en el criterio de reposición. En este escenario, si transcurre un año desde la compra táctica y el mercado sigue por debajo del nivel previo a la caída, se permite reconstruir el fondo de emergencia hasta su nivel base. Sin embargo, el colchón adicional no se repone en ese momento, sino únicamente cuando el mercado recupera niveles altos. De este modo, se distingue entre una capa estructural de liquidez, que se recompone tras un plazo razonable, y una reserva táctica adicional, cuya reposición queda condicionada a una recuperación más clara del mercado.

El límite temporal se justifica por el mayor riesgo asumido al reducir con más intensidad el fondo de emergencia. Por ello, la estrategia evita que el inversor permanezca durante demasiado tiempo con una cobertura de seguridad especialmente baja. El caso permite analizar si una política más activa puede captar mejor las caídas sin prolongar en exceso esa reducción de liquidez.

3.2 COMPARACIÓN DIRECTA DE LOS CASOS DE ESTUDIO

Una vez definidos los cuatro casos, se procede a comparar los resultados obtenidos para entender la lógica económica de cada estrategia y evaluar hasta qué punto la introducción de reglas de *dip buying* modifica el patrimonio final frente a la estrategia base. El objetivo de esta primera comparación no es determinar qué configuración concreta resulta óptima, sino identificar qué aporta cada grado de flexibilidad en la gestión de la liquidez.

En términos generales, los resultados muestran que el *dip buying* puede mejorar notablemente el patrimonio final acumulado. Sin embargo, la mejora no proviene tanto de la capacidad de "acertar" el momento de compra como del modo en que cada estrategia administra la relación entre seguridad de liquidez y exposición al mercado. En particular, el modelo sugiere que reservar una pequeña cantidad de efectivo adicional tiene un impacto limitado, y que la mejora más relevante aparece cuando se permite un uso más flexible del fondo de emergencia.

Conviene señalar que, en esta primera comparación, todos los casos comparten el mismo nivel objetivo de fondo de emergencia. El efecto de variar ese nivel se analiza más adelante en el estudio de sensibilidad.

3.2.1 CASO 1: EL COSTE DE OPORTUNIDAD DE LA ESTABILIDAD

El Caso 1 se utiliza como referencia para la comparación. Una vez constituido el fondo de emergencia, este permanece intacto y el ahorro posterior se invierte de forma sistemática, sin compras tácticas en las caídas del mercado. Se trata, por tanto, del planteamiento más conservador.

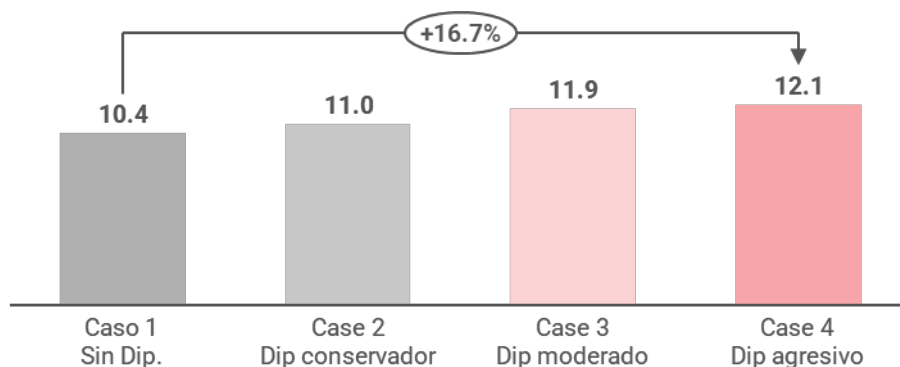


Ilustración 1: Patrimonio final en el caso base de cada estrategia (€MM)

Los resultados ponen en evidencia el coste de oportunidad del fondo de emergencia ya que el Caso 1 presenta la menor riqueza acumulada. Al no permitir ningún uso táctico de la liquidez, la estrategia renuncia a invertir recursos adicionales en momentos de corrección y mantiene de forma permanente una parte del patrimonio en una reserva con menor rentabilidad esperada que la renta variable.

Por ello, el interés principal de este caso no reside en su capacidad para maximizar el patrimonio, sino en su utilidad como punto de comparación. Al representar la versión más rígida de la gestión de liquidez, permite medir con claridad el valor económico que aportan las estrategias que introducen distintos grados de flexibilidad.

3.2.2 CASO 2: IMPACTO LIMITADO DE UN COLCHÓN DE AHORRO

El Caso 2 introduce una primera forma de *dip buying* sin modificar el fondo de emergencia, pero añadiendo un pequeño colchón de liquidez.

Los resultados muestran una mejora respecto al Caso 1, aunque la diferencia sigue siendo reducida frente a la observada en los Casos 3 y 4. Esto sugiere que apartar una pequeña cantidad de liquidez para invertir en las caídas puede aportar valor, pero no modifica de forma sustancial el comportamiento del modelo. Mientras el fondo de emergencia principal permanezca completamente rígido, la capacidad para aprovechar las correcciones del mercado sigue siendo necesariamente acotada.

Esta lectura ayuda a aclarar la diferencia entre el colchón táctico y el fondo de emergencia. El fondo de emergencia se define en meses de gasto, porque su función es cubrir necesidades de consumo en situaciones adversas. El colchón, en cambio, se expresa en meses de ahorro, ya que no está pensado para sostener el nivel de vida, sino para aportar liquidez adicional con la que aprovechar caídas del mercado.

Por ello, el Caso 2 debe entenderse como una estrategia intermedia, una pequeña reserva separada puede generar valor, pero si ese colchón creciera demasiado, empezaría a comportarse como una ampliación del propio fondo de emergencia, reproduciendo parte del mismo coste de oportunidad. El salto relevante en el patrimonio final no aparece hasta que se permite una gestión más flexible de la liquidez estructural.

3.2.3 CASO 3: FLEXIBILIZACIÓN DEL FONDO DE EMERGENCIA

El Caso 3 introduce un cambio más profundo que el Caso 2, ya que no se limita a utilizar un colchón adicional, sino que permite reducir temporalmente el fondo de emergencia hasta un 67% de su nivel inicial. La clave de este caso no es solo la mayor cantidad de liquidez movilizadora, sino el hecho de que esa menor cobertura se mantiene hasta que el mercado recupera el máximo anterior. De este modo, la estrategia acepta una protección de liquidez inferior durante un periodo potencialmente largo e incierto, a cambio de mantener una mayor exposición al mercado durante la fase posterior a la caída.

Los resultados muestran que este cambio sí altera de forma clara el rendimiento final de la estrategia. El Caso 3 mejora de manera notable al Caso 1 y, en la mayoría de las configuraciones, también supera con claridad al Caso 2. Esto sugiere que la principal fuente de valor no está tanto en la compra puntual realizada en la caída como en la decisión de tolerar temporalmente una menor cobertura de emergencia y retrasar su reconstrucción.

En este sentido, el Caso 3 pone de manifiesto que el fondo de emergencia no tiene por qué entenderse como una magnitud completamente rígida e invariable. Bajo ciertas condiciones, una gestión más flexible puede resultar significativamente más eficiente que una política

estática, aunque ello exige aceptar el riesgo adicional de permanecer durante más tiempo con una protección de liquidez reducida.

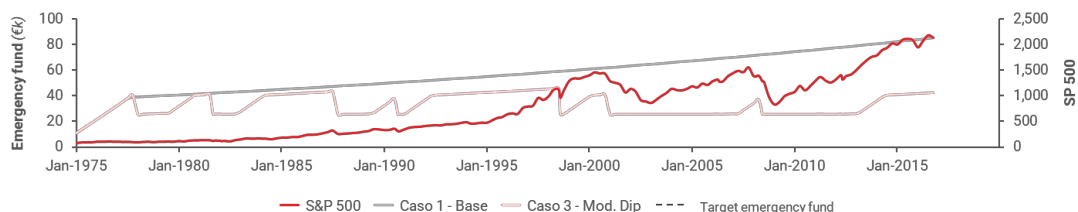


Ilustración 2: Evolución del fondo de emergencia

La gráfica permite visualizar con claridad la diferencia entre una política de liquidez rígida y otra flexible. En el Caso 1, el fondo de emergencia no solo se mantiene estable una vez alcanzado, sino que además continúa creciendo de forma constante al 2% anual, lo que explica la distancia creciente respecto al Caso 3 a lo largo del tiempo. En el Caso 3, en cambio, el fondo pasa poco tiempo en ese nivel, ya que tras cada episodio de *dip buying* se reduce y su reposición se retrasa hasta que el mercado recupera los máximos previos.

Esta observación ayuda a reinterpretar el caso. Si el fondo de emergencia medio del Caso 3 entre 1975 y 2025 se situó en €33k, equivalente a 10,4 meses de gasto, entonces su comportamiento se aproxima, en términos efectivos de liquidez, al de una estrategia con un fondo estructural inferior al objetivo teórico de 12 meses. Este punto permite enlazar esta evidencia con el análisis de equivalencias entre casos, ya que parte de la mejora patrimonial del Caso 3 puede entenderse como el resultado de operar, en promedio, con una liquidez más cercana a la de un Caso 1 con menos meses de fondo, aunque bajo una regla de gestión dinámica distinta.

3.2.4 CASO 4: FONDO DE EMERGENCIA FLEXIBLE CON LIMITACIÓN TEMPORAL DEL RIESGO

El Caso 4 es el que genera la mayor riqueza final, aunque su ventaja sobre el Caso 3 no responde solo a una mayor agresividad inicial, sino también a una gestión distinta del tiempo durante el que se mantiene una cobertura reducida.

En este escenario, el fondo de emergencia puede reducirse un 50%, pero se repone en su parte estructural al cabo de un año, aunque el mercado siga deprimido. El colchón adicional, en cambio, solo se reconstruye cuando el mercado recupera niveles altos.

Mientras el Caso 3 acepta una protección reducida durante un periodo potencialmente largo, el Caso 4 combina una reducción más intensa con una duración máxima acotada. En este sentido, no constituye simplemente una versión más agresiva del Caso 3, sino una estrategia distinta de gestión de riesgo. Con ello, es capaz de combinar una mayor capacidad de intervención con una regla de reconstrucción que evita que el déficit de liquidez se prolongue de forma indefinida.

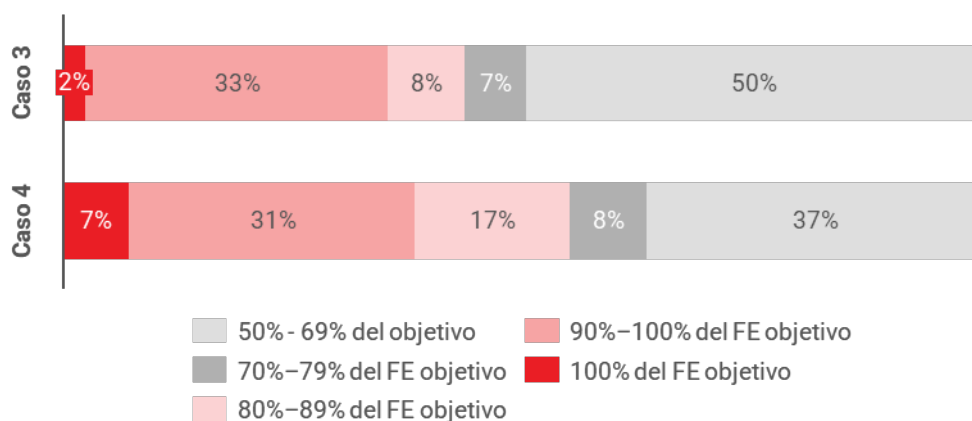


Ilustración 3: Distribución del tiempo transcurrido a distintos niveles del fondo de emergencia (%)

Como se puede observar en la Ilustración 3, el Caso 4 permite mantener el fondo de emergencia en niveles relativamente altos durante una proporción alta de tiempo. En

concreto, el inversor permanece un 55% del periodo por encima del 80% del fondo objetivo, frente al 43% del Caso 3. Esto sugiere que la reposición parcial introducida en el Caso 4 mejora el equilibrio entre rentabilidad y protección, ya que permite asumir una intervención más intensa en las caídas sin traducirse en una exposición prolongada a niveles bajos de liquidez.

3.3 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

3.3.1 IMPORTANCIA DEL TAMAÑO DEL FONDO DE EMERGENCIA

El análisis de sensibilidad confirma que la variable con mayor impacto sobre el resultado final es el tamaño del fondo de emergencia. A medida que aumentan los meses de cobertura exigidos, la riqueza final disminuye en todos los casos, ya que una proporción mayor del patrimonio permanece estructuralmente fuera del mercado. En este sentido, el fondo de emergencia actúa como la principal fuente de cash drag del modelo.

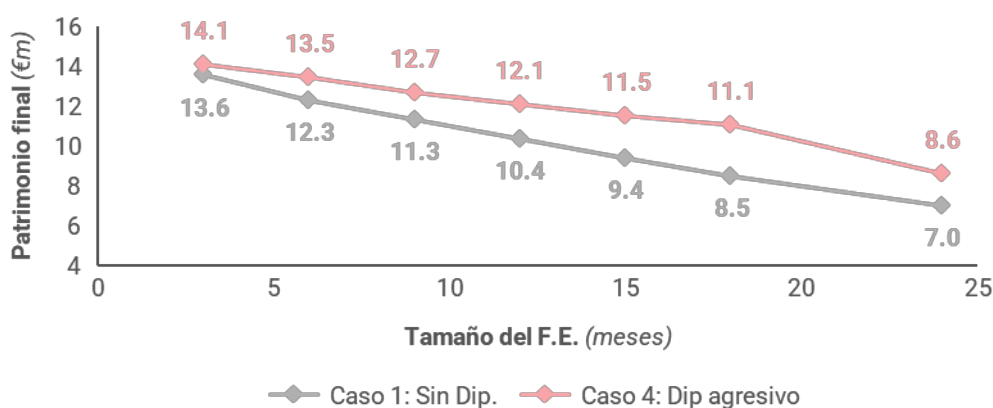


Ilustración 4: Patrimonio final (€m) en función del tamaño del fondo de emergencia

Sin embargo, el resultado más interesante no es solo esa caída general del patrimonio, sino el hecho de que la ventaja relativa de las estrategias con *dip buying* frente al Caso 1 aumenta cuando el fondo de emergencia es más alto. Cuanta más liquidez estructural se exige

mantener, mayor es también el coste de oportunidad asociado a no invertirla, y por tanto mayor es la ventaja relativa de las estrategias que introducen flexibilidad.

La lógica económica del resultado es clara. Cuando el fondo de emergencia es reducido, la diferencia entre una política rígida y otra flexible también tiende a ser limitada, porque el volumen de recursos inmovilizados es menor. En cambio, cuando la reserva exigida es amplia, la penalización de mantener esa caja aumenta y las estrategias que introducen flexibilidad en su uso generan una mejora más visible.

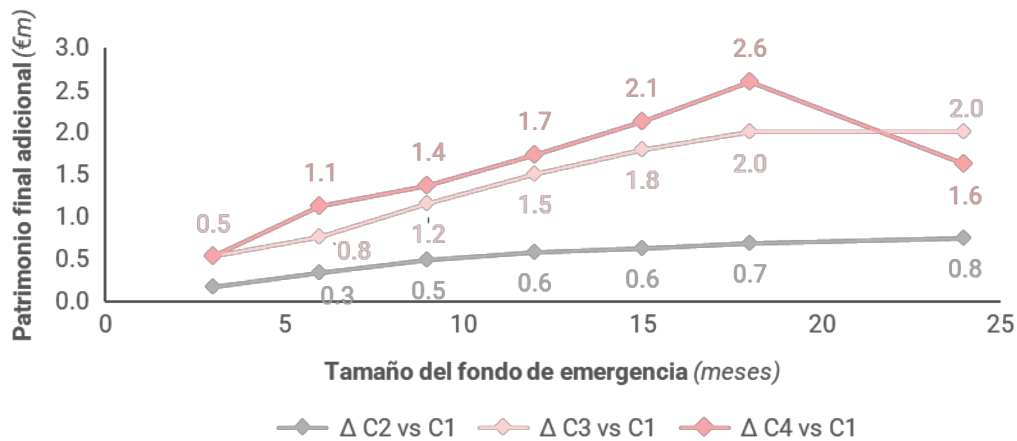


Ilustración 5: Incremento de patrimonio final en función del fondo de emergencia

Como se puede observar en la Ilustración 5, el tamaño del fondo de emergencia no solo altera el nivel absoluto de riqueza final, sino también la relevancia económica del *dip buying* como estrategia. Por ello, el valor de estas estrategias no puede evaluarse al margen de la dimensión del fondo de emergencia.

3.3.2 AUSENCIA DE UMBRAL ÓPTIMO UNIVERSAL DEL *TRIGGER* DE COMPRA

El análisis de sensibilidad muestra que el umbral de caída a partir del cual se activa el *dip buying* influye de forma relevante en el resultado final, aunque su efecto no es uniforme entre estrategias. No existe un *trigger* universalmente óptimo, ya que su conveniencia depende del tamaño del fondo de emergencia y del grado de flexibilidad.

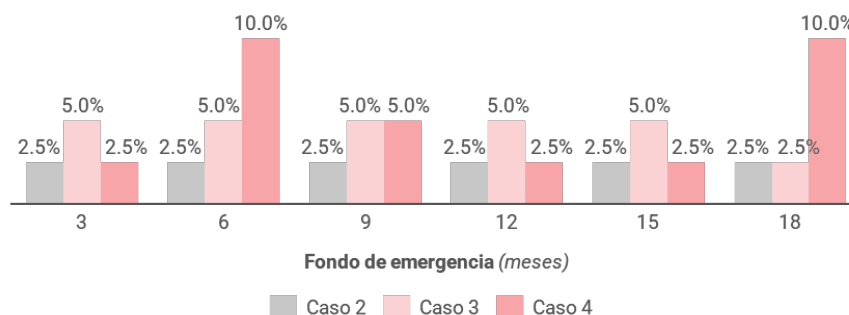


Ilustración 6: Trigger óptimo en función del tamaño del fondo de emergencia

Como se puede observar en la imagen superior, las estrategias menos agresivas muestran un comportamiento más estable. El Caso 2 presenta un *trigger* óptimo constante en todos los niveles de fondo de emergencia analizados, situado en el -2,5%. Ello sugiere que, cuando la capacidad de intervención es reducida, resulta preferible activar la compra con correcciones tempranas para no incurrir en un coste de oportunidad excesivo por mantener liquidez ociosa. El Caso 3 también muestra un *trigger* óptimo estable concentrado en torno a -5%. Se puede concluir que las estrategias de flexibilidad moderada no requieren una calibración especialmente fina del umbral para ofrecer buenos resultados.

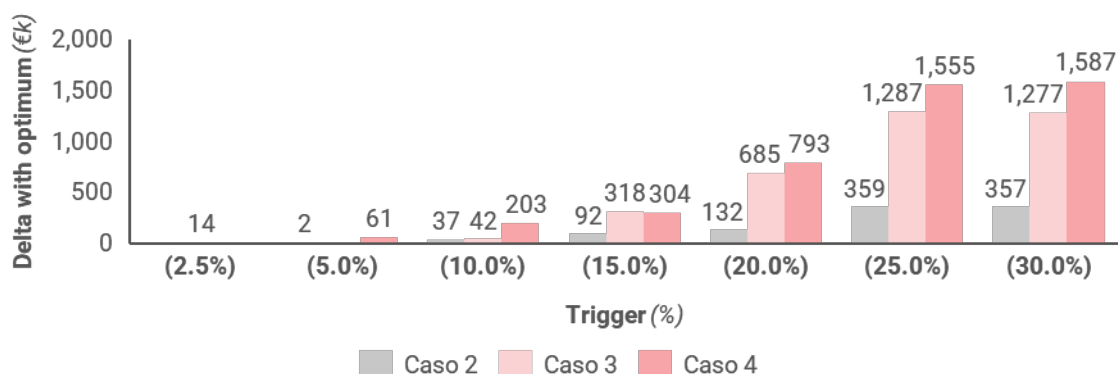


Ilustración 7: Delta respecto al caso de trigger óptimo

En el Caso 4 se puede observar que, aunque los umbrales óptimos son moderados, hay una mayor variación entre escenarios, incluso apareciendo el óptimo con un umbral del -10% para algunos fondos de emergencia. Esto sugiere que las estrategias más agresivas son

también las más sensibles a la elección del umbral de activación, tanto en el punto óptimo como en la diferencia de patrimonio final en los casos alejados de él. La mala elección del umbral penaliza más cuando la capacidad de movilizar liquidez es mayor.

Por otra parte, se puede observar que los *triggers* más profundos, especialmente a partir de -15%, tienden a deteriorar de forma clara el resultado final, ya que el coste de oportunidad de esperar a grandes caídas contrarresta las ganancias de las mismas.

En conjunto, el análisis sugiere que el *trigger* sí es una variable relevante, pero no la principal. Su impacto existe y puede ser importante, sobre todo en las estrategias más flexibles, aunque sigue subordinado al tamaño del fondo de emergencia y al modo en que este puede utilizarse. En este sentido, el umbral de activación debe entenderse como una variable de ajuste fino dentro de una arquitectura de liquidez más amplia, y no como el elemento central del modelo.

3.3.3 IMPACTO LIMITADO DEL COLCHÓN DE AHORRO

Frente al peso del fondo de emergencia y del *trigger*, el colchón reservado para *dip buying* desempeña un papel claramente secundario. En muchos de los óptimos observados, los mejores resultados aparecen con colchones bajos o incluso nulos. Solo en algunos escenarios concretos, normalmente asociados a fondos de emergencia reducidos, surgen colchones algo mayores en la combinación óptima.

Este patrón sugiere que el colchón adicional no constituye la principal fuente de mejora del modelo. Su utilidad existe, pero queda por debajo del efecto que generan una gestión flexible del fondo de emergencia y la elección del umbral de activación. En términos simples, reservar una pequeña caja táctica puede aportar algo, pero la diferencia relevante no se encuentra ahí.

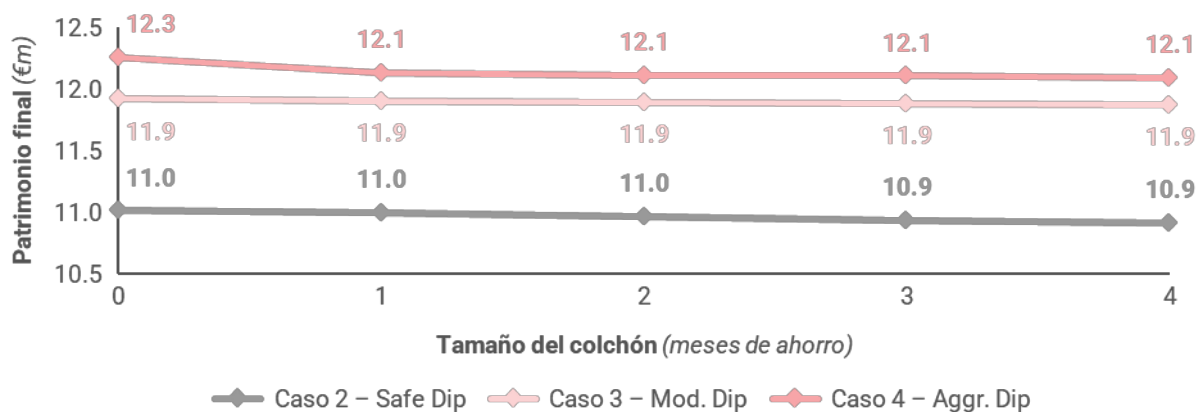


Ilustración 8: Sensibilidad del patrimonio final al tamaño del colchón de ahorro

Desde la perspectiva del análisis de sensibilidad, esta conclusión permite jerarquizar con claridad las variables del modelo. El colchón no actúa como la palanca principal de los resultados, sino como un elemento complementario cuyo efecto permanece subordinado al tamaño del fondo de emergencia y al modo en que este puede utilizarse.

3.4 ANÁLISIS DE EQUIVALENCIAS

El análisis de equivalencias permite reinterpretar el *dip buying* desde una perspectiva distinta. En lugar de comparar directamente la riqueza final, se pregunta hasta qué punto una mayor flexibilidad en la gestión de liquidez permite sostener un fondo de emergencia más elevado sin pérdida de rentabilidad. Para ello, se ha utilizado el Caso 1 como referencia y se han buscado configuraciones de los Casos 2, 3 y 4 que alcancen una riqueza final equivalente.

Los resultados muestran que esta capacidad no es igual en todos los casos. El Caso 2 apenas desplaza la equivalencia respecto al Caso 1, mientras que los Casos 3 y 4 sí permiten sostener niveles de liquidez estructural más altos sin pérdida material de riqueza final.

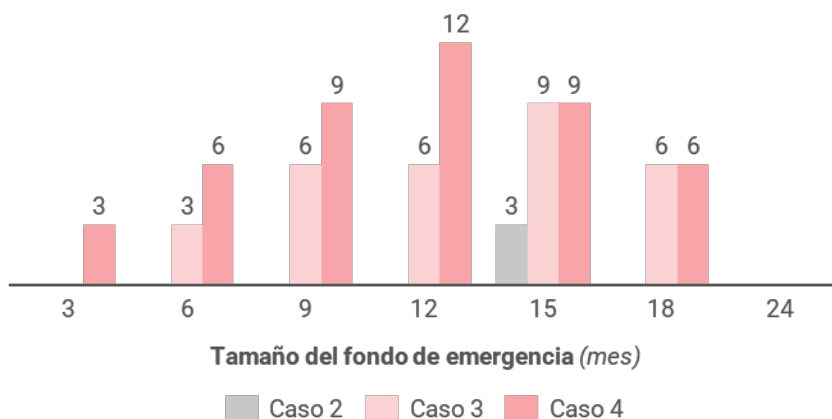


Ilustración 9: Meses de equivalencia de fondo de emergencia para distintos casos con el mismo patrimonio final

Como se puede observar en la gráfica, el impacto del Caso 2 es mínimo, mientras que los Casos 3 y 4 permiten ampliar de forma visible los meses de fondo de emergencia equivalentes respecto al Caso 1. El efecto es especialmente claro en los *benchmarks* intermedios, donde el Caso 4 llega a duplicar el fondo de emergencia sin pérdida material de riqueza final. Esto sugiere que una parte del valor del *dip buying* puede expresarse no en euros adicionales de patrimonio, sino en meses adicionales de cobertura que el inversor puede mantener sin sacrificar resultado.

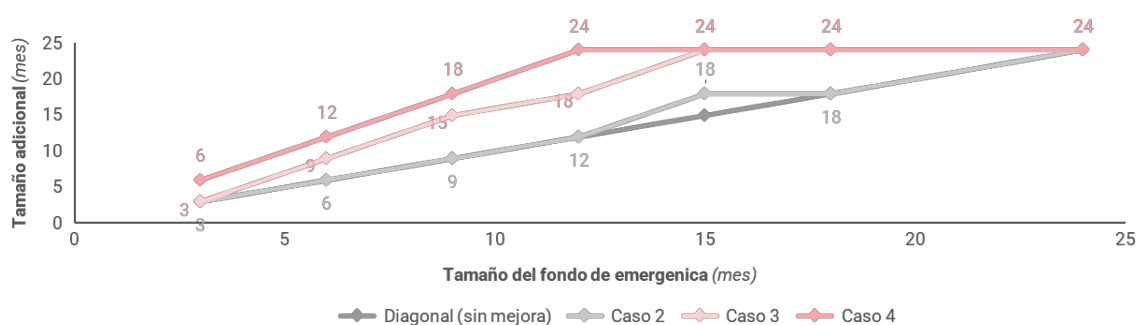


Ilustración 10: Fondo de emergencia máximo para distintos niveles de patrimonio final

La segunda figura ofrece una lectura más estructural del mismo resultado. La diagonal representa la ausencia de mejora, es decir, los casos en los que una estrategia alternativa solo

puede igualar al Caso 1 manteniendo el mismo nivel de fondo de emergencia. Cuanto más se sitúa una estrategia por encima de esa línea, mayor es su capacidad para sostener una política de liquidez más prudente sin pérdida material de riqueza final.

Esta representación permite ver con más claridad cómo cada estrategia desplaza la frontera de equivalencia. El Caso 2 permanece muy próximo a la diagonal, mientras que los Casos 3 y 4 se separan de ella de forma visible, especialmente en los *benchmarks* intermedios.

El patrón también muestra que esa capacidad de desplazamiento no es constante. Con fondos de emergencia muy pequeños, el efecto es limitado porque apenas existe liquidez estructural que pueda movilizarse. Con fondos muy elevados, en cambio, el coste de oportunidad de mantener tanta caja es tan alto que las estrategias flexibles solo lo compensan parcialmente. Por ello, el mayor desplazamiento de la frontera aparece en los niveles intermedios.

En conjunto, las gráficas muestran que las diferencias entre estrategias no se limitan al nivel de riqueza final, sino que afectan también al margen de prudencia que cada una permite sostener. Las estrategias más flexibles permiten mantener un fondo de emergencia mayor sin pérdida material de resultado, lo que indica que distintas reglas de gestión de la liquidez alteran no solo la rentabilidad final, sino también la frontera entre prudencia estructural y eficiencia patrimonial.

3.5 CONCLUSIÓN

El análisis desarrollado en este capítulo permite extraer tres conclusiones principales sobre la incorporación del *dip buying* a una estrategia de inversión sistemática.

En primer lugar, el *dip buying* puede mejorar de forma significativa el patrimonio final acumulado, pero su valor no reside principalmente en la compra puntual realizada durante la caída, sino en la gestión de la liquidez que la hace posible. Las estrategias que se limitan a reservar un pequeño colchón adicional (Caso 2) obtienen mejoras modestas, mientras que

las que permiten reducir temporalmente el fondo de emergencia (Casos 3 y 4) generan patrimonios notablemente superiores.

En segundo lugar, el análisis de sensibilidad establece una jerarquía clara entre las variables del modelo. El tamaño del fondo de emergencia es el parámetro con mayor impacto, cuanto mayor es la liquidez exigida, mayor es el coste de oportunidad y mayor es también la ventaja relativa de las estrategias flexibles. El umbral de activación influye, pero de forma subordinada y sin un óptimo universal, aunque los *triggers* moderados (-2,5% a -5%) funcionan bien en la mayoría de configuraciones. El colchón adicional desempeña un papel secundario y tiende a niveles bajos o nulos en las combinaciones óptimas.

En tercer lugar, el análisis de equivalencias muestra que el valor del *dip buying* no debe medirse solo en términos de rentabilidad adicional. Las estrategias más flexibles permiten sostener un fondo de emergencia más elevado sin pérdida material de patrimonio final, lo que amplía la frontera entre prudencia y eficiencia. Esta lectura complementaria refuerza que la gestión dinámica de la liquidez no solo mejora el resultado, sino que también permite al inversor mantener una posición de seguridad más holgada sin sacrificar patrimonio final.

En conjunto, los resultados sugieren que, dentro de una estrategia de acumulación a largo plazo, una política de liquidez flexible puede mejorar el resultado patrimonial frente a una política rígida. Asimismo, la mejora proviene menos de acertar el momento de compra que de reducir el coste de oportunidad asociado al fondo de emergencia, asumiendo temporalmente una menor cobertura cuando el mercado ofrece valoraciones más atractivas.

4. ACUMULACIÓN

En este capítulo se analizarán estrategias que ayuden a optimizar la fase de acumulación.

4.1 *GESTIÓN PASIVA VS GESTIÓN ACTIVA*

En este apartado se analiza si es rentable delegar la asignación del capital en un gestor profesional o replicar un índice de referencia mediante un vehículo de gestión pasiva. La respuesta a esta pregunta condiciona, a través de las comisiones y del retorno esperado, la velocidad con la que se construye el patrimonio.

El análisis se estructura en tres pasos. En primer lugar, se aísla el efecto de las comisiones asumiendo que todos los vehículos obtienen la misma rentabilidad bruta del mercado. A continuación, se estimará el exceso de rentabilidad bruta que debería entregar un gestor activo para compensar las comisiones e igualar a la gestión pasiva. Este valor se denomina alfa de empate. Finalmente, ese alfa de empate se contrasta con el alfa proporcionado históricamente por la gestión activa.

4.1.1 IMPACTO DE LAS COMISIONES

Para el caso base se asumirán unos ingresos brutos anuales de 60.000 €, una tasa de ahorro del 30 %, la rentabilidad real bruta del mercado del 5 % anual y la tasa segura de retiro del 4 %, lo que sitúa el patrimonio objetivo del Cruce en 1.050.000 €.

Sobre este caso se comparan tres escenarios diferenciados por el coste del vehículo. El primero corresponde a un fondo indexado típico con un TER del 0,25 %, el segundo a un fondo activo eficiente de clase institucional con un TER del 1,00 % y el tercero a un fondo activo minorista con un TER del 1,50 %, representativo del esquema retail estándar en España. Se asume que los tres vehículos obtienen la misma rentabilidad bruta del mercado, de modo que la única variable que cambia entre los escenarios es el coste del producto.

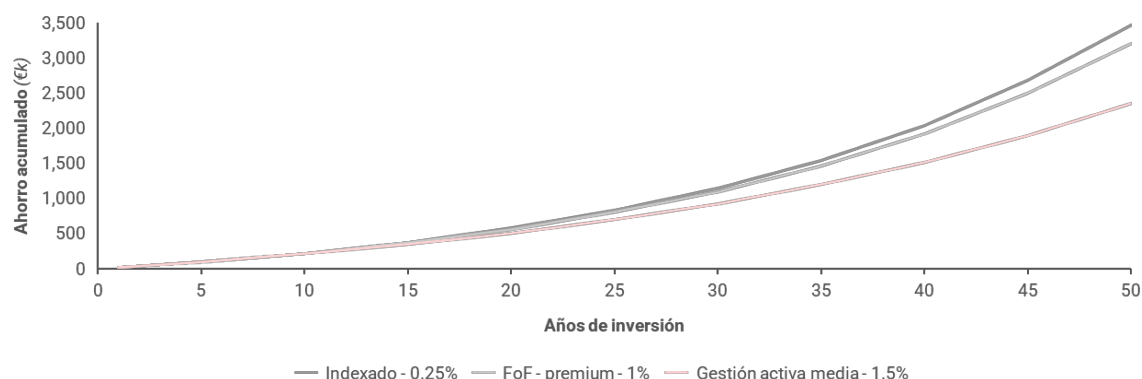


Ilustración 11: Impacto de las comisiones en el patrimonio

El coste del vehículo se traslada a la rentabilidad neta del inversor, restando el TER al rendimiento. Como se puede observar en la gráfica, el tiempo amplifica notablemente dicha diferencia. El inversor que compromete su capital en una estrategia de gestión pasiva alcanza el Cruce en aproximadamente 29 años, el que utiliza un fondo de gestión activa eficiente en 31 y el que utiliza los fondos de gestión activa accesibles a inversores minoristas en 33.

4.1.2 GENERACIÓN DE ALFA

La cuestión de las estrategias activas y pasivas se puede responder con la aritmética de la gestión activa, desarrollada por William F. Sharpe en 1991⁴. Dado que el mercado se define como la suma de todos los inversores y que el inversor pasivo obtiene la rentabilidad agregada del mismo, el conjunto de inversores activos debe obtener también esa misma rentabilidad antes de costes. Al añadir las comisiones, sistemáticamente más elevadas en la gestión activa que en la pasiva, el inversor activo medio queda por detrás del índice por un margen equivalente a esa diferencia de costes.

Se ha utilizado el *SPIVA Scorecard* de S&P Dow Jones Indices⁵ para evaluar el rendimiento relativo de los fondos de gestión activa respecto a sus índices de referencia y determinar qué

⁴ Sharpe, W. F. (1991). The arithmetic of active management. *Financial Analysts Journal*, 47(1), 7–9.

⁵ S&P Dow Jones Indices. (2024). *SPIVA U.S. Scorecard Year-End 2023*. S&P Dow Jones Indices LLC.

porcentaje de ellos generan alfa. El *SPIVA* compara la rentabilidad del fondo activo neta de comisiones con la rentabilidad del índice de referencia, que es bruta al no soportar los índices ningún TER.

Los resultados a quince años son consistentes. En renta variable estadounidense *large-cap*, cerca del 88 % de los fondos activos no bate a su índice tras comisiones, con un alfa neto mediano próximo al -1,5 % anual. Por otra parte, en renta variable europea y global los porcentajes se sitúan entre el 85 % y el 90 %, y en mercados emergentes descienden al 80%. También se puede observar que los gestores que baten al índice en un periodo determinado rara vez repiten en el siguiente. En particular, el *U.S. Persistence Scorecard* de cierre de 2022 muestra que, de los fondos *large-cap* situados en el primer cuartil en 2020, ninguno se mantuvo en el primer cuartil durante los dos años siguientes, y solo el 5 % de los fondos activos por encima de la mediana en 2020 logró permanecer por encima de ella en cada uno de los dos ejercicios posteriores⁶.

Dado que el alfa neto mediano se sitúa en torno al -1,5 % y que el TER medio es de c.1,5 %, el alfa bruto mediano antes de comisiones es aproximadamente cero. Dicho de otra manera, el gestor activo medio no destruye valor sino que consume en comisiones todo el excedente que podría aportar. Entre los gestores que sí generan alfa bruto positivo, solo una fracción reducida alcanza la magnitud suficiente para superar el umbral del diferencial de TER.

En definitiva, la gestión pasiva constituye la opción racional por defecto dados sus menores costes y mayor sencillez gracias a evitar la elección de un gestor capaz de batir al índice de forma recurrente.

⁶ S&P Dow Jones Indices. (2023). *U.S. Persistence Scorecard Year-End 2022*. S&P Dow Jones Indices LLC.

4.2 *IMPACTO DEL APALANCAMIENTO EN EL TIEMPO AL CRUCE*

Una vez definida la gestión pasiva como la estrategia de inversión por defecto, la siguiente cuestión consiste en elegir un activo sobre el que construir el portfolio y valorar en qué medida puede resultar conveniente introducir apalancamiento financiero para acelerar la llegada del cruce.

El universo de activos disponibles para el ahorrador minorista puede agruparse en tres grandes categorías: renta variable, renta fija y mercado inmobiliario. Partiendo de las estimaciones de retorno real a largo plazo recogidas en la literatura académica, la renta variable ofrece un retorno real esperado del 5% anual⁷, frente al 2% de la renta fija soberana y al 3% del inmobiliario residencial. No obstante, el mercado inmobiliario tiene un atractivo particular ya que permite acceder a apalancamiento en condiciones favorables gracias a la financiación hipotecaria y genera flujos de caja recurrentes con alta visibilidad. En cualquier caso, con independencia de que el inversor decida o no destinar parte de su patrimonio al inmobiliario, la renta variable constituye el núcleo natural de la fase de acumulación por su mayor retorno esperado y su liquidez. El presente apartado analiza si es posible trasladar el principio del apalancamiento al ámbito de la renta variable. En línea con los resultados del apartado anterior, el análisis se centra en vehículos de gestión pasiva.

Para evaluar el efecto del apalancamiento se van a analizar varias estrategias. Se utilizará la inversión pasiva sin apalancamiento sobre el S&P 500 con un TER del 0,25% como caso de referencia. En cuanto a las estrategias apalancadas, se analizarán los futuros, los préstamos lombardos y los ETFs apalancados.

Los futuros sobre índice, analizados a apalancamientos de 1,5x y 2,0x, permiten obtener una exposición superior al capital desembolsado, ya que el inversor no compra directamente el

⁷ Dimson, E., Marsh, P., & Staunton, M. (2002). *Triumph of the Optimists: 101 Years of Global Investment Returns*. Princeton University Press.

índice sino que mantiene contratos cuyo valor excede el capital propio aportado como garantía. Por ejemplo, una cartera de €100k con $L = 2x$ mantiene una exposición económica equivalente a €200k, depositando únicamente una parte de ese importe como margen. Como se verá más adelante, resulta eficiente desde el punto de vista de costes ya que el coste de financiación no aparece como un interés explícito, sino que queda incorporado en el precio del contrato, generalmente como el tipo libre de riesgo más un diferencial de aproximadamente 20 puntos básicos⁸.

Los préstamos lombardos son créditos financiados con la propia cartera como colateral. En este caso, el bróker financia al inversor con un tipo libre más un diferencial de 150 a 200 puntos básicos, según las condiciones habituales de plataformas como Interactive Brokers o Degiro. Si el valor de la cartera cae por debajo del margen de mantenimiento pactado, el bróker puede exigir aportaciones adicionales de capital o proceder a la liquidación parcial o total de la posición.

En tercer lugar, se valorarán los ETFs apalancados 2x diarios. Estos productos obtienen el doble retorno diario del índice de referencia mediante derivados como swaps y futuros. Pese a ser el instrumento más accesible, su funcionamiento diario introduce una diferencia importante respecto a mantener una exposición con el mismo apalancamiento constante a largo plazo. Al recalibrar la exposición cada día la rentabilidad acumulada depende en gran medida de la secuencia de retornos ya que las pérdidas y recuperaciones sucesivas erosionan la rentabilidad compuesta a largo plazo.

Para ilustrar este efecto, conocido como *volatility drag*, considérese el siguiente ejemplo. Si un índice sube un 10% un día y baja un 10% al siguiente, su valor acumulado no vuelve al origen, sino que registra una pérdida del 1%. Un ETF apalancado $2\times$ amplifica esta asimetría, con los mismos movimientos, la pérdida acumulada asciende al 4%. En horizontes largos

⁸ Hull, J. C. (2018). *Options, Futures, and Other Derivatives* (10.^a ed.). Pearson.

con volatilidad elevada, esta erosión se acumula de forma significativa y puede llegar a anular la ventaja del apalancamiento.

En el modelo se asume un coste adicional del 1,5% anual para capturar este efecto, coherente con las estimaciones empíricas de Cheng y Madhavan⁹ sobre el *tracking error* de ETFs apalancados en periodos de alta volatilidad.

En el modelo se utilizará como referencia el caso base del capítulo anterior, con 1.500 € de ahorro mensual y asumiendo 1.050.000 € como patrimonio objetivo en el cruce. El retorno real bruto del *equity* se fija en el 5 % anual, de acuerdo con el consenso académico sobre el *equity risk premium* a largo plazo documentado por Dimson, Marsh y Staunton¹⁰, quienes estiman un *equity risk premium* geométrico global del 4,4% al 5,0% sobre el tipo libre de riesgo para el periodo 1900-2000. Los costes de financiación de cada mecanismo son de un 2,0 % real para futuros, obtenido como el tipo libre implícito en el precio de los contratos más el *spread* de roll, un 3,5 % real para el préstamo lombardo, y 3,0 % más un drag estimado de 1,5 % para el ETF diario. El TER del vehículo indexado (0,25 %) se aplica uniformemente a todos los escenarios sobre el componente *equity*.

El análisis se estructura en cuatro bloques. En primer lugar, se construye un modelo determinista que traduce cada mecanismo de apalancamiento a un retorno neto esperado y a un número de años hasta el Cruce. A continuación, se contrasta ese resultado con la distribución histórica real mediante un análisis *rolling* sobre 27 ventanas de 25 años entre 1974 y 2024. El tercer bloque evalúa el riesgo de liquidación implícito en cada estrategia, comparando el umbral teórico de *margin call* con el *drawdown* histórico registrado. Por

⁹ Cheng, M., & Madhavan, A. (2009). The dynamics of leveraged and inverse exchange-traded funds. *Journal of Investment Management*, 7(4), 43–62.

¹⁰ Dimson, E., Marsh, P., & Staunton, M. (2002). *Triumph of the Optimists: 101 Years of Global Investment Returns*. Princeton University Press.

último, un análisis de sensibilidad y de *stress tests* evalúa la robustez de las conclusiones ante variaciones en el retorno esperado, la tasa de ahorro y shocks en el mercado.

4.2.1 MODELO DETERMINISTA

El objetivo de este análisis no es simular cómo evolucionaría realmente una cartera apalancada, sino aislar el impacto que tendría una mayor rentabilidad neta anual obtenida gracias al apalancamiento en el tiempo necesario para alcanzar el Cruce. Para ello, se calcula una rentabilidad real neta para cada estrategia y asume que se repite de forma constante todos los años. Esta simplificación permite comparar los escenarios de manera homogénea, pero no incorpora ciertos factores relevantes tales como la volatilidad, crisis bursátiles, secuencia de retornos, o el riesgo de liquidación. Por tanto, este primer ejercicio sirve para medir el potencial teórico del apalancamiento, no para concluir si la estrategia es prudente o viable.

Para ello, el modelo traduce los supuestos definidos para cada instrumento en una rentabilidad real neta anual comparable, mediante la siguiente relación:

$$r_{neta} = r_{equity} * L - c_{financiación} * (L - 1) - drag_{adicional} - TER$$

r_{neta} representa la rentabilidad real bruta esperada del mercado de renta variable, L el nivel de apalancamiento, $c_{financiación}$ el coste real del mecanismo de financiación utilizado, $drag_{adicional}$ las fricciones específicas de cada instrumento y TER el coste anual del vehículo de inversión.

Posteriormente se utiliza la siguiente relación para modelizar la acumulación patrimonial:

$$V_t = V_{t-1} * (1 + r_{neta}) + A$$

En ella, V_t representa el patrimonio acumulado al final del año, y A el ahorro anual destinado a la inversión. El modelo parte de un patrimonio inicial nulo, $V=0$, y calcula el número de años necesarios para alcanzar el patrimonio objetivo asociado al Cruce.

Producto	Futuros 1,5x	Margin 2x	ETF 2x diario
Rentabilidad neta	6.1%	6.3%	5.3%
Años hasta el cruce	25.7	25.3	27.4
Patrimonio a los 20 años (€k)	666	680	611
Patrimonio a los 30 años (€k)	1,436	1,487	1,712

Ilustración 12: Resultados del modelo determinista en productos apalancados

Más allá de la reducción general del plazo hasta el Cruce, el modelo determinista permite extraer tres conclusiones relevantes. La primera es que el apalancamiento presenta rendimientos marginales decrecientes. El primer aumento de exposición, de *Equity* 1× a Futuros 1,5×, aporta una mejora sustancial, mientras que el paso adicional de Futuros 1,5× a Futuros 2× reduce el plazo en menor medida. Esto sugiere que cada unidad adicional de apalancamiento aporta menos beneficio temporal que la anterior, incluso antes de incorporar volatilidad, *drawdowns* o riesgo de liquidación.

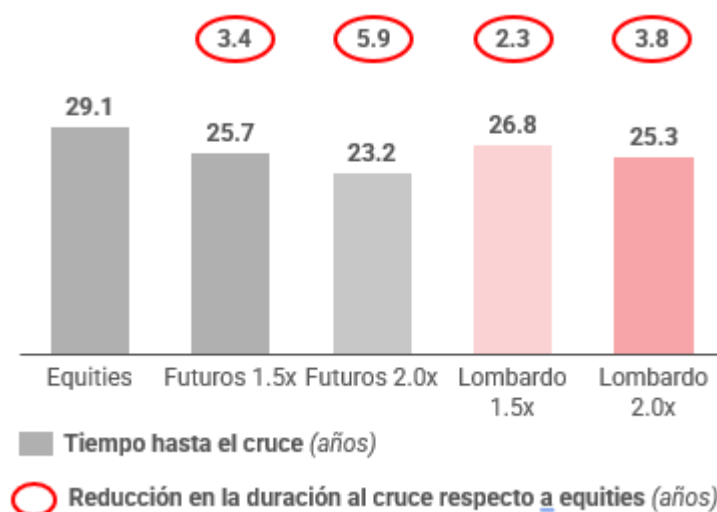


Ilustración 13: Impacto de estrategias apalancadas en el tiempo al cruce

En segundo lugar, la elección del vehículo es tan importante como el nivel de apalancamiento. Los escenarios con $L = 2\times$ no producen resultados homogéneos: las diferencias en coste de financiación, TER y *volatility drag* generan brechas relevantes en horizontes largos. En particular, el ETF 2× diario queda claramente penalizado frente a los

futuros, mientras que la hipoteca debe interpretarse únicamente como *benchmark* de financiación barata, no como instrumento directamente comparable. En consecuencia, el modelo muestra que la pregunta relevante no es solo cuánto apalancamiento asumir, sino también a través de qué mecanismo implementarlo.

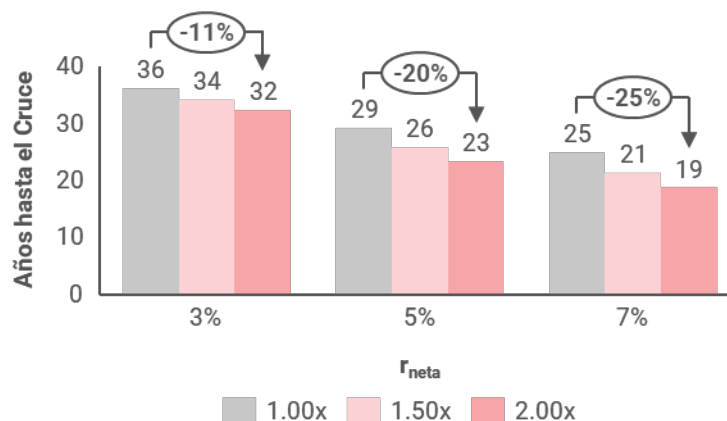


Ilustración 14: Rentabilidad de productos apalancados en función de la evolución del mercado

En tercer lugar, tal y como se puede observar en la Ilustración 14, el apalancamiento se comporta de forma asimétrica respecto a los retornos de mercado. La ventaja del apalancamiento no es robusta ante retornos de mercado bajos; se construye sobre la prima de riesgo del *equity*, y cuando esta se comprime, se comprime con ella.

4.2.2 VALIDACIÓN HISTÓRICA: ANÁLISIS *ROLLING* 1974 – 2024

Como se ha mencionado antes, el modelo determinista ofrece una trayectoria media y ordenada, pero no muestra la distribución de resultados posibles. Para evaluar esa dispersión se construye un análisis *rolling* sobre datos históricos reales para años de inicio entre 1974 y 2000 y se simula la acumulación patrimonial utilizando la secuencia histórica de retornos mensuales del S&P 500 deflactados por el IPC español para poder tratar únicamente con datos reales, no nominales.

Escenario	P50 (mediana)	P90 (prudente)	% de escenarios sin cruce	Drawdown hitórico máximo
Equity 1x	26	26	56%	(48%)
Futuros 1,5x	23	26	37%	(75%)
Futuros 2x	21	26	26%	(92%)
Margin 2x	22	26	33%	(93%)
ETF 2x diario	23	26	33%	(94%)

Ilustración 15: Resultados históricos de vehículos apalancados

La mediana histórica confirma que el apalancamiento acelera la llegada al Cruce en una magnitud similar a la anticipada por el modelo determinista. Sin embargo, el resultado más relevante es que el P90 permanece en 26 años para todas las estrategias.

Datos en años; %	Equities	Futuros 1,5x	Margin 2x	ETF 2x diario
1974 - 1982				
Años hasta el cruce	21	20	20	20.0
Alcanza el cruce	100%	100%	100%	100%
1983 - 1988				
Años hasta el cruce	-	15	14	14.4
Alcanza el cruce	-	100%	17%	17%
1989 - 1995				
Años hasta el cruce	-	-	-	-
Alcanza el cruce	-	-	-	-
1996 - 2000				
Años hasta el cruce	25	24	24	23.5
Alcanza el cruce	60%	100%	80%	80%

Ilustración 16: Distancia al cruce en distintas ventanas históricas

El detalle por cohortes confirma que la secuencia de retornos importa más que el nivel de apalancamiento. Las ventanas iniciadas entre 1974 y 1982 son las más favorables para todas las estrategias, mientras que las cohortes que arrancan entre 1983 y 1995 quedan penalizadas por sufrir el crash tecnológico de 2000-2002 o la crisis financiera global de 2008-2009 durante la fase central de acumulación. Esto implica que el momento en que el inversor comienza a acumular condiciona el resultado final tanto o más que la decisión de apalancarse.

Conviene mencionar que la serie histórica utilizada es especialmente exigente para un inversor español. Entre 1974 y 2024, el CAGR real del S&P 500 deflactado por IPC español es del 3,62 % anual, por debajo del 5 % asumido como retorno esperado en el modelo determinista. Esta diferencia se explica por la elevada inflación española del periodo, especialmente intensa entre 1974 y 1982. Por tanto, los resultados *rolling* no invalidan la hipótesis base del 5 %, pero sí muestran que, para un inversor cuya referencia de gasto está denominada en euros, la inflación local puede erosionar de forma significativa el retorno real efectivo.

4.2.3 EL RIESGO DE LIQUIDACIÓN

Los análisis determinista y *rolling* permiten comparar rentabilidades esperadas y distribuciones históricas, pero omiten un riesgo específico del apalancamiento, la liquidación forzosa. A diferencia de una estrategia pasiva sin deuda, las posiciones financiadas pueden verse obligadas a cerrar si el valor del portfolio cae por debajo del margen de mantenimiento exigido por el bróker o la cámara de compensación. En ese caso, el inversor no decide si mantiene la posición hasta la recuperación del mercado, sino que la liquidación puede producirse precisamente en el peor momento del ciclo.

Para aproximar este riesgo, el modelo calcula el umbral teórico de liquidación asumiendo un margen de mantenimiento del 20 %. Bajo esta hipótesis, una estrategia con $L=1,5\times$ podría absorber una caída aproximada del 53,3 %, mientras que una estrategia con $L=2\times$ alcanzaría el umbral con una caída del 40,0 %.

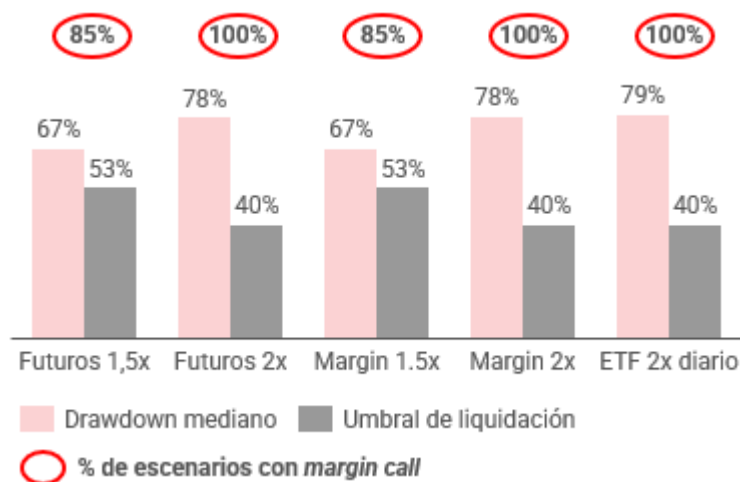


Ilustración 17: Tamaño de los drawdowns históricos y escenarios con margin call

Como se puede observar en la imagen, los resultados muestran que todos los escenarios con apalancamiento habrían superado su umbral de liquidación. No existe, por tanto, un nivel de L que combine su ventaja sobre la estrategia pasiva con la ausencia de riesgo de liquidación histórico. No obstante, esto no implica que dichas estrategias sean inviables en cualquier circunstancia, un inversor con liquidez externa suficiente podría cubrir requerimientos de margen y evitar el cierre de la posición. Por ello, el inversor apalancado deberá plantearse qué nivel de apalancamiento puede sobrevivir en condiciones de estrés antes de optar por dichas estrategias.

Para mitigar el riesgo de liquidación se ha analizado una estrategia de desapalancamiento progresivo, en la que el nivel de apalancamiento se reduce conforme el patrimonio se aproxima al objetivo. La idea es concentrar el apalancamiento en la fase temprana de la acumulación, cuando el patrimonio en juego es menor y una eventual liquidación tendría un impacto más manejable, y eliminarlo gradualmente a medida que el capital acumulado crece. El resultado de esta estrategia es similar al obtenido a un apalancamiento constante moderado, pero con un perfil de riesgo de liquidación más favorable.

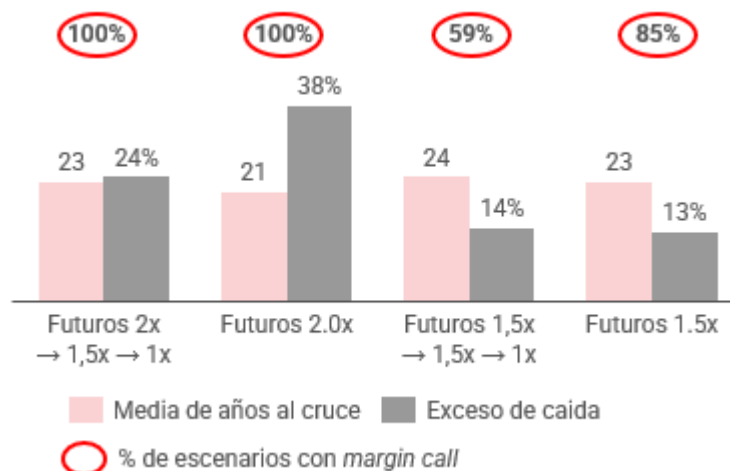


Ilustración 18: Impacto del margin call en escenarios con desapalancamiento

Como se observa en la gráfica, la estrategia de desapalancamiento progresivo sacrifica años hasta el Cruce a cambio de un menor riesgo de liquidación, aunque su eficacia depende del nivel de apalancamiento inicial.

Cuando el apalancamiento de partida es 2×, el *glide path* reduce de forma notable la mediana del *drawdown* máximo histórico respecto al escenario de apalancamiento constante, pero no consigue reducir la frecuencia de *margin calls*. Esto se debe a que los *drawdowns* más severos se producen antes de que el patrimonio alcance el umbral en el que se reduce el apalancamiento, por lo que la protección llega demasiado tarde. La estrategia mitiga la severidad de las caídas, pero no las evita.

Cuando el apalancamiento inicial es moderado (1,5×), el resultado es más favorable. El *glide path* reduce el porcentaje de ventanas con *margin call* al eliminar los eventos tardíos que ocurren cuando el patrimonio ya es elevado. No obstante, la mediana del exceso sobre el umbral de liquidación aumenta ligeramente, un resultado aparentemente contraintuitivo. Esto se debe a que al filtrar los *margin calls* que apenas superaban el umbral, la mediana se recalcula solo sobre los casos más severos.

4.2.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD Y *STRESS TESTS*

Para complementar el análisis se ha analizado el impacto de caídas del 30% en distintos años del horizonte para evaluar cómo responde cada estrategia ante perturbaciones severas y en qué medida la ventaja teórica del apalancamiento resiste condiciones de estrés.

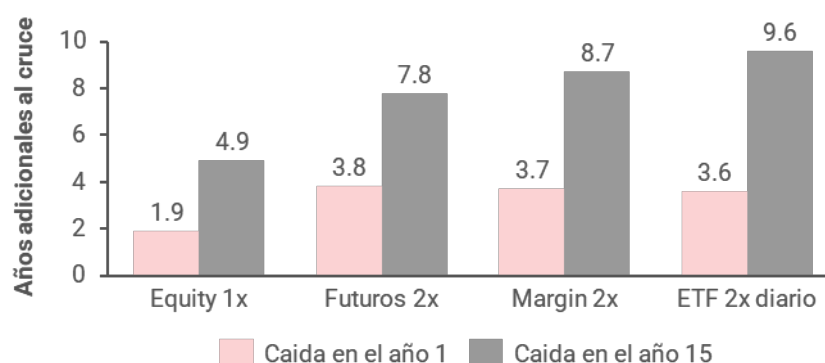


Ilustración 19: Impacto de una caída del 30% en el tiempo hasta el cruce

Los resultados muestran que el momento del shock es más determinante que su magnitud. Una caída del -30 % aplicada en el año 1 de acumulación apenas retrasa el Cruce entre 0,4 y 1,3 años, porque el patrimonio acumulado es todavía pequeño y la pérdida absoluta resulta irrelevante frente a las décadas de aportaciones futuras. Sin embargo, el mismo shock del -30 % aplicado en el año 15, cuando el portfolio ya representa entre el 36 % y el 45 % del objetivo, retrasa el Cruce entre 5 y 10 años. Esta asimetría ilustra el riesgo de secuencia temporal: el apalancamiento amplifica las caídas de mercado, y su impacto crece de forma no lineal con el patrimonio acumulado en el momento del shock.

Además de las caídas de mercado, los *stress tests* revelan dos fuentes de riesgo adicionales propias del apalancamiento. La primera es la subida persistente del coste de financiación. Como se puede observar en la siguiente imagen, un incremento de 200 puntos básicos en el tipo de referencia erosiona directamente el diferencial entre el retorno del activo y el coste de la deuda, reduciendo o eliminando la ventaja respecto a la estrategia pasiva.

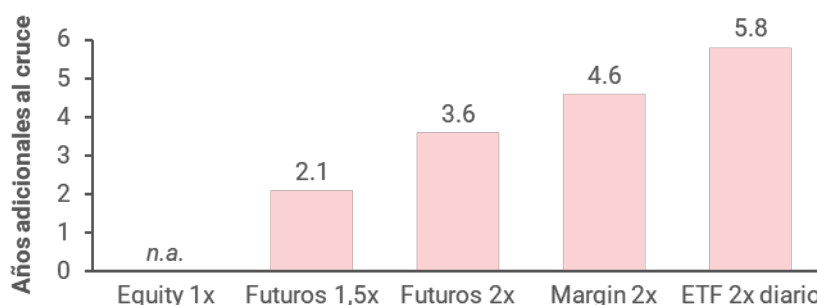


Ilustración 20: Impacto de un incremento de 200 puntos básicos en el coste de financiación sobre el tiempo al cruce

La segunda es la volatilidad del mercado, que penaliza severamente al ETF 2× diario debido al *volatility drag* incluso cuando el índice subyacente apenas varía en términos netos. Estos resultados confirman que una estrategia apalancada puede deteriorarse no solo por caídas bruscas, sino también por entornos prolongados de costes elevados o volatilidad. La siguiente imagen muestra el incremento en los años hasta el cruce para distintas variaciones del mercado durante los años centrales (años 15, 16 y 17).

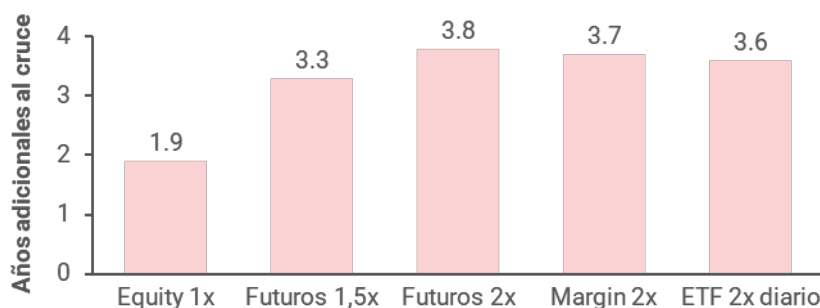


Ilustración 21: Impacto de la volatilidad de mercado en los años 15-17 sobre el tiempo al cruce

En conjunto, los *stress tests* refuerzan la lectura del análisis *rolling* y añaden un matiz importante, el momento del shock importa más que su magnitud. Una caída del -30 % en los primeros años apenas altera la trayectoria, mientras que el mismo shock aplicado cuando el patrimonio ya es elevado puede retrasar el Cruce entre 5 y 10 años. Además, la subida del coste de financiación y la volatilidad lateral erosionan la ventaja del apalancamiento incluso

sin caídas bruscas. En condiciones de estrés, la estrategia apalancada no solo tarda más en alcanzar el Cruce, sino que puede perder buena parte de la ventaja acumulada previamente.

4.2.5 CONCLUSIÓN

El análisis permite concluir que el apalancamiento mejora el escenario central de forma significativa, pero no ofrece protección alguna frente al peor caso. En las condiciones más favorables, las estrategias apalancadas reducen notablemente el tiempo hasta el Cruce. Sin embargo, en el decil más adverso de la historia analizada, ningún nivel de apalancamiento permite alcanzar el objetivo dentro del horizonte de planificación. El apalancamiento actúa como un acelerador del escenario medio, no como un seguro frente a entornos desfavorables.

Por otra parte, el análisis histórico muestra que todas las estrategias apalancadas habrían superado en algún momento su umbral de *margin call*. Por tanto, la decisión de apalancarse no depende únicamente de la tolerancia a ver caídas en el valor del portfolio, sino de la capacidad real de mantener la posición cuando el mercado cae.

En tercer lugar, la elección del vehículo de apalancamiento tiene un impacto comparable al del propio nivel de apalancamiento. A igual nivel de exposición nominal, los distintos mecanismos producen resultados muy diferentes debido a sus costes de financiación y fricciones estructurales. De los instrumentos analizados, los futuros sobre índice ofrecen la mejor relación entre coste y retorno esperado, aunque siguen sujetos a requerimientos de margen y riesgo de liquidación.

En definitiva, el apalancamiento ofrece una ventaja material en el escenario central, pero dicha ventaja es muy sensible al retorno de mercado, no protege frente al peor caso histórico y viene acompañada de un riesgo de liquidación que, según la evidencia analizada, se habría materializado incluso a niveles moderados de exposición.

Por ello, los resultados cuestionan el uso del apalancamiento en renta variable como exposición estructural mantenida durante largos periodos. Conviene subrayar que esta conclusión se refiere específicamente al apalancamiento sobre activos de renta variable, el

apalancamiento hipotecario sobre inmuebles presenta un perfil de riesgo fundamentalmente distinto, como se ha señalado anteriormente. No obstante, ello no implica que cualquier uso del apalancamiento en *equities* sea necesariamente descartable, sino que, de emplearse, tendría más sentido como herramienta táctica en un horizonte temporal acotado.

4.3 INVERSIÓN DE UN CAPITAL PUNTUAL

Es frecuente recibir cantidades puntuales que no forman parte del ahorro sistemático, tales como una herencia o un bonus. El presente apartado pretende encontrar la forma más eficiente de invertir dicho capital.

Con el fin de responder a esta cuestión, se ha construido un modelo que simula la inversión de un capital puntual bajo distintas estrategias, utilizando datos históricos mensuales del S&P 500 entre enero de 1974 y diciembre de 2024. Las rentabilidades se expresan en términos reales, deflactadas por el IPC español. El análisis emplea ventanas *rolling* de 10, 20 y 30 años, lo que permite observar cómo se comporta cada estrategia en distintos contextos de mercado.

El análisis se estructura en torno a cinco estrategias. Se parte del *Lump Sum*, que invierte todo el capital de golpe y sirve como referencia frente a la que se evalúan las alternativas de despliegue gradual. A continuación se estudia el *Dollar Cost Averaging* (DCA), que reparte la inversión en cuotas mensuales iguales, seguido de una estrategia híbrida que combina *Lump Sum* y DCA. En cuarto lugar se evalúa una estrategia de *market timing*, que retiene el capital en liquidez hasta una corrección de mercado predeterminada. Finalmente se analiza el *Value Averaging*, una variante del DCA que adapta la aportación mensual a la evolución del mercado. En todos los escenarios, el capital no invertido permanece en liquidez con una rentabilidad real del 0 % anual, asumiendo que la rentabilidad de los depósitos es equivalente a la inflación.

4.3.1 ANÁLISIS *LUMP SUM*

La estrategia *Lump Sum* consiste en invertir la totalidad del capital puntual en el momento en que se recibe. Es la opción más simple y la que maximiza el tiempo de exposición al mercado.

Los resultados muestran una CAGR real mediana del 5,5% a 10 años, 5,0% a 20 años y 5,2% a 30 años. La distribución de resultados se estrecha a medida que aumenta el horizonte temporal.

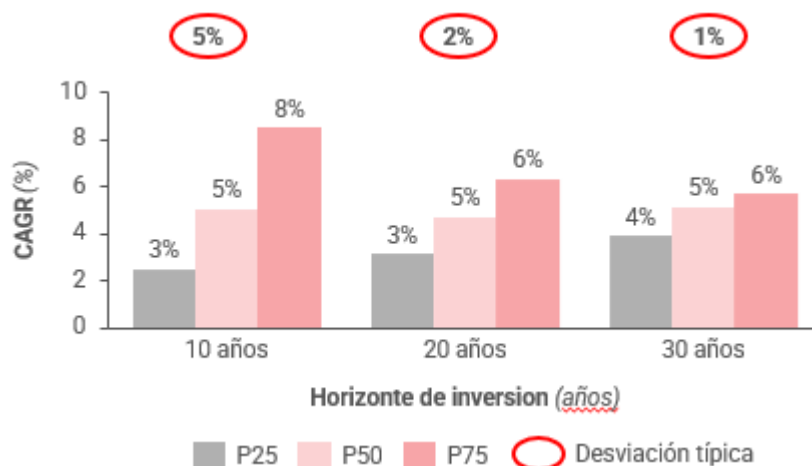


Ilustración 22: CAGR real del *Lump Sum* por horizonte de inversión (P25-P75)

La principal ventaja del *Lump Sum* es su sencillez y su eficiencia teórica basada en que: al invertir inmediatamente se maximiza el tiempo en el mercado. Dado que los mercados tienden a subir a largo plazo, cada mes que el capital permanece sin invertir representa un coste de oportunidad.

4.3.2 DOLLAR COST AVERAGING

El *Dollar Cost Averaging* (DCA) consiste en dividir el capital puntual en aportaciones mensuales iguales durante un periodo predeterminado. En el modelo se han analizado dos variantes, una primera a 6 meses y otra a 12 meses. La elección de estos periodos responde

a dos criterios. Por un lado, el análisis de *dip buying* del capítulo anterior sugiere que periodos más cortos son preferibles, al reducir el tiempo que el capital permanece sin exposición al mercado. El coste de oportunidad sacrificado para periodos superiores a 1 año superaría cualquier posible ganancia de rentabilidad. Por otro, un periodo de 3 meses sería demasiado similar al *Lump Sum* para aportar valor analítico.

Los resultados revelan que las diferencias entre *Lump Sum* y DCA son mínimas. La mediana del *Lump Sum* es equivalente a la del DCA.

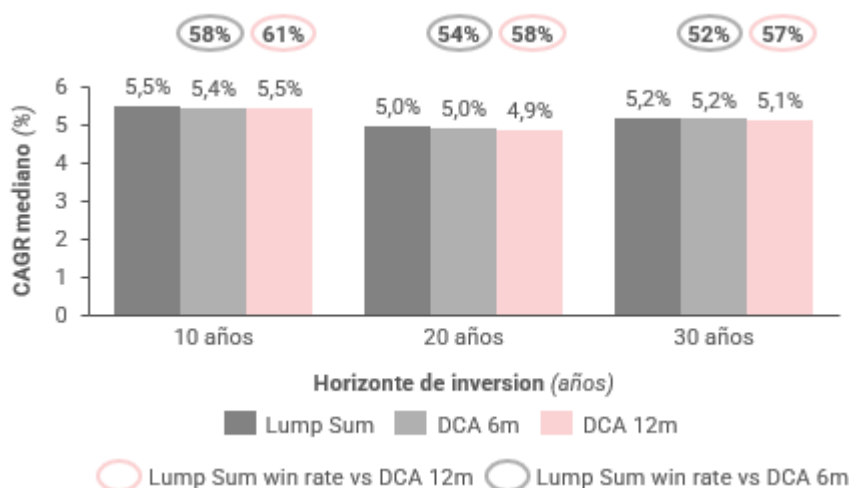


Ilustración 23: CAGR mediana y win rate del *Lump Sum* frente al DCA

El análisis de medianas, sin embargo, oculta un matiz importante, el *Lump Sum* gana en la mayoría de ventanas históricas, aunque la ventaja se reduce ligeramente con el aumento del periodo de inversión. El patrón es consistente con la literatura académica, que documenta *win rates* del *Lump Sum* frente al DCA en torno al 60-65%.

La razón de que el *Lump Sum* gane más veces pero con medianas tan cercanas reside en la asimetría de los resultados. Cuando la rentabilidad del *Lump Sum* es superior lo es por márgenes pequeños. No obstante, cuando el *Lump Sum* genera una rentabilidad inferior, que generalmente ocurre en las ventanas que arrancan justo antes de una caída severa, pierde por

márgenes mayores. Este patrón genera una distribución donde el *Lump Sum* gana con frecuencia pero sus peores resultados son más extremos que los del DCA.

El análisis por contexto de mercado matiza esta conclusión. En las ventanas que arrancan durante periodos de crisis (2000-2002), el DCA 12 meses supera al *Lump Sum* de forma consistente, con una CAGR media del 4,62% frente al 4,16% del *Lump Sum*. En cambio, en mercados alcistas (1995-1998), el *Lump Sum* aventaja al DCA por un margen similar. El resultado neto, a largo plazo, favorece ligeramente al *Lump Sum* gracias a que los mercados suben más de lo que bajan.

En cuanto al riesgo, el DCA aporta poco. El *drawdown* mediano es idéntico al del *Lump Sum* en todos los horizontes, porque la caída más severa suele producirse mucho después de completar el despliegue. Solo en las ventanas donde el crash coincide con los primeros meses de inversión, el DCA amortigua parcialmente el impacto.

En definitiva, el DCA es un seguro barato contra el riesgo de timing. Su coste en rentabilidad es prácticamente nulo y reduce la presión de tomar una decisión binaria con un capital significativo. Sin embargo, no protege frente a caídas severas del mercado, que es el riesgo que realmente preocupa al inversor.

4.3.3 ESTRATEGIA HÍBRIDA

La estrategia híbrida busca un equilibrio entre el *lump sum* y el DCA, invirtiendo una parte del capital puntual de golpe y repartiendo el resto mediante DCA a 6 meses. Se analizan dos escenarios, el primero de ellos con un 50% de *lump sum* y el segundo con un 75%.

Los resultados son muy similares a los obtenidos en el *Lump Sum*. Tanto la CAGR mediana como el *drawdown* convergen con los del *Lump Sum* puro, y lo hacen con mayor proximidad cuanto mayor es la proporción invertida de golpe.

La estrategia añade complejidad operativa sin ganancia material. La diferencia de rentabilidad con el *Lump Sum* es tan pequeña que no justifica la gestión de dos tramos de

inversión. El *drawdown* tampoco se reduce de forma significativa respecto al *Lump Sum* puro. En la práctica, el híbrido puede entenderse como un *Lump Sum* con un pequeño retraso en la última porción del capital, lo que confirma, una vez más, que el factor determinante es el tiempo de exposición al mercado, no la forma en que se fracciona la entrada.

4.3.4 ESTRATEGIA DE *MARKET TIMING*

La última estrategia analizada pretende esperar a una corrección de mercado antes de invertir. Conviene distinguirla del *dip buying* analizado en el capítulo anterior. En aquel caso, la cartera ya estaba invertida y el *dip buying* movilizaba liquidez adicional ante una corrección, añadiendo una capa táctica marginal. El *market timing* que se evalúa aquí es estructuralmente distinto, el inversor dispone de capital y elige no invertirlo hasta que el mercado caiga, inmovilizando recursos en lugar de movilizarlos. Para evaluar esta idea, se define una regla mecánica en la que el inversor mantiene el capital en liquidez hasta que el mercado registre una caída predeterminada desde su máximo reciente. Si la corrección no llega en 24 meses, invierte igualmente. La simulación se ha realizado con umbrales de inversión al -5%, -10% y -20%.

En la siguiente imagen se puede observar la asimetría inherente a esta estrategia. Las correcciones moderadas se producen con regularidad pero apenas mejoran el precio de entrada, mientras que las caídas profundas son tan poco frecuentes que el inversor sacrifica meses de rentabilidad a la espera de un evento que, en la mayoría de ventanas históricas, no llega a materializarse dentro del plazo establecido.

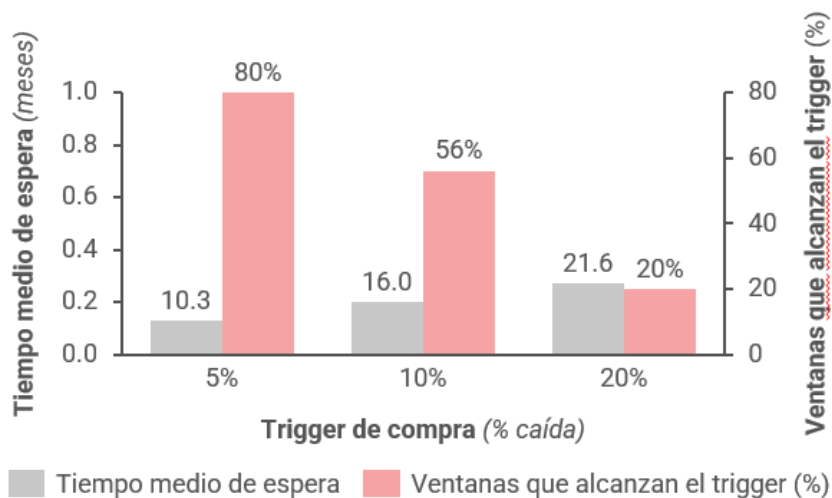


Ilustración 24: Tiempo de espera y frecuencia de activación del market timing según el umbral de corrección

El *Lump Sum* supera a las tres variantes de *market timing* en todos los horizontes y en la amplia mayoría de ventanas.

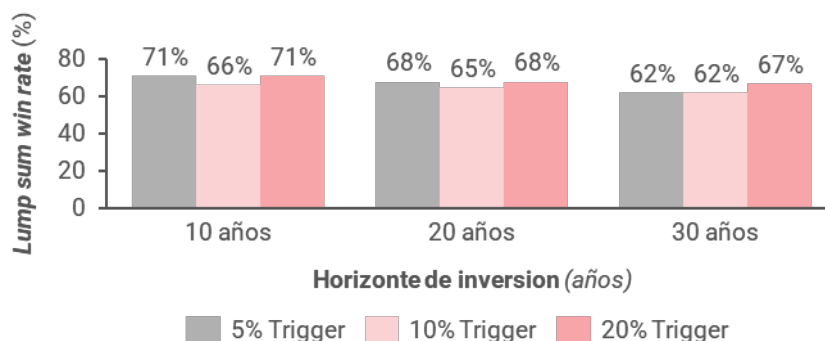


Ilustración 25: Tasa de acierto del Lump Sum frente al market timing

El coste de oportunidad es asimétrico: la espera siempre tiene un coste cierto, porque cada mes sin invertir es un mes sin exposición al mercado. El beneficio de entrar más barato, en cambio, es incierto y, cuando se materializa, rara vez compensa el tiempo perdido.

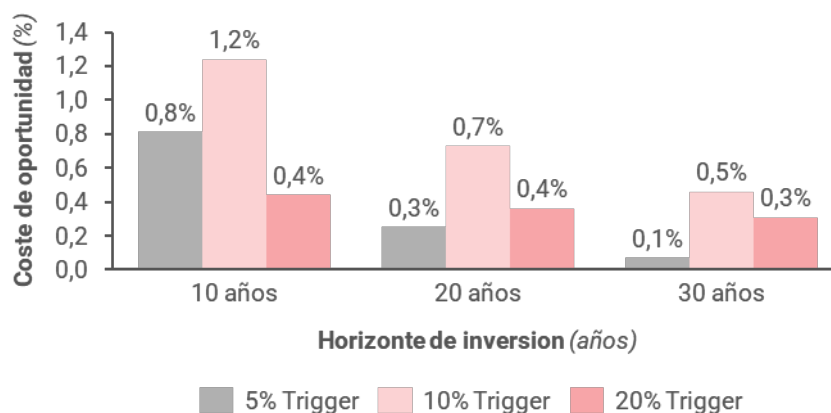


Ilustración 26: Coste de oportunidad del market timing

En las pocas ventanas donde la corrección ocurre rápidamente, durante los primeros meses, el *market timing* puede superar al *Lump Sum*. Esto sucede, por ejemplo, en ventanas que comienzan justo antes de una crisis severa. Sin embargo, estos escenarios son minoritarios y, por definición, imposibles de identificar a priori.

En conjunto, los resultados refuerzan que el tiempo en el mercado importa más que el momento de entrada. Las alternativas de fraccionamiento ofrecen una protección marginal a un coste mínimo, pero esperar activamente una corrección destruye valor de forma consistente.

4.3.5 VALUE AVERAGING

Las estrategias anteriores comparten una característica, la cantidad invertida cada mes es fija e independiente de la evolución del mercado. El *Value Averaging*, propuesto por Michael Edleson en 1991¹¹, invierte esa lógica. En lugar de fijar la aportación, fija el objetivo. Se define una senda de valor que el patrimonio invertido debe seguir y, cada mes se invierte

¹¹ Edleson, M. E. (1991). *Value Averaging: The Safe and Easy Strategy for Higher Investment Returns*. John Wiley & Sons.

únicamente la cantidad necesaria para que la cartera alcance ese objetivo. Si el mercado ha caído, el inversor aporta más de lo habitual; si ha subido, aporta menos o incluso nada.

En el modelo se ha definido una curva lineal sobre 12 meses. El valor objetivo al final del mes t es $t \times (\text{Cantidad inicial} / 12)$, de modo que al completar el duodécimo mes el objetivo acumulado es el total del capital puntual. En cada periodo, se calcula la diferencia entre el objetivo y el valor actual de la cartera tras aplicar la rentabilidad del mes. Si la cartera está por debajo del objetivo, invierte el déficit con cargo al efectivo disponible. Si la cartera ya supera el objetivo, no aporta nada ese mes, pero tampoco vende, una restricción realista para un inversor particular que no desea generar hechos imponibles innecesarios. Cualquier efectivo remanente al final del mes 12 se invierte íntegramente, de forma coherente con el tiempo límite aplicado al *market timing*.

La diferencia fundamental con el DCA es sutil pero importante. En un DCA a 12 meses, el inversor aporta 833€ cada mes independientemente de lo que ocurra. En el *Value Averaging*, la aportación se adapta al mercado, si el S&P 500 cae un 10% en un mes, el inversor aporta más para “rellenar” la caída. Por otra parte, si sube con fuerza, aporta menos porque la revalorización ya ha acercado la cartera al objetivo. El resultado es una concentración automática de las compras en momentos de precios bajos, algo que intuitivamente debería mejorar el precio medio de entrada.

Los resultados muestran que esta ventaja teórica apenas se traduce en una mejora medible. La CAGR mediana del *Value Averaging* es prácticamente idéntica a la del DCA 12 meses y ligeramente inferior a la del *Lump Sum* en todos los horizontes.

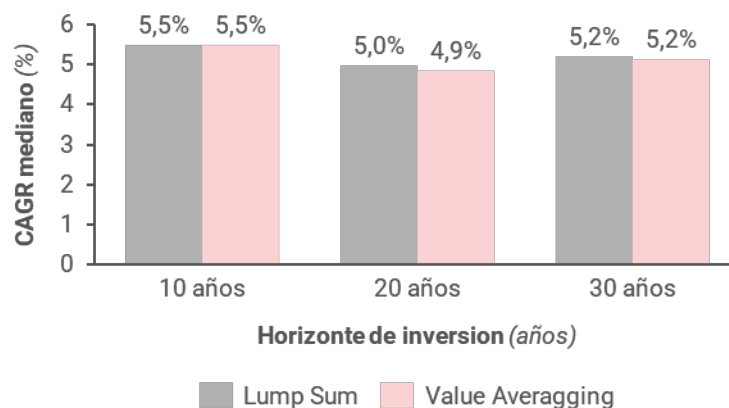


Ilustración 27: CAGR mediana del Lump Sum frente al Value Averaging

El análisis por contexto de mercado confirma la convergencia. Tanto en ventanas de crisis como en mercados alcistas, la diferencia entre *Value Averaging* y DCA es estadísticamente irrelevante. La razón es que, con una senda lineal de 12 meses, el *Value Averaging* despliega casi la totalidad del capital durante el periodo de aportaciones, dejando muy poco margen para que el ajuste automático marque una diferencia real.

En cuanto al *drawdown*, el *Value Averaging* tampoco ofrece ventaja frente al DCA. Las cifras son idénticas, lo cual es coherente con el hecho de que ambas estrategias alcanzan la plena inversión en 12 meses y, a partir de ahí, se comportan exactamente igual que un *Lump Sum*.

4.3.6 CONCLUSIÓN

En primer lugar, el tiempo en el mercado es más relevante que el momento de entrada. El *Lump Sum*, la estrategia que maximiza la exposición desde el primer día, supera a todas las alternativas en la mayoría de ventanas históricas y obtiene el mayor CAGR mediano en todos los horizontes.

En segundo lugar, el coste de no invertir inmediatamente es asimétrico. Esperar una corrección tiene un coste cierto (cada mes fuera del mercado es un mes sin rentabilidad)

frente a un beneficio incierto (la corrección puede no llegar, o llegar demasiado tarde). Esto explica por qué el *market timing* es, con diferencia, la peor estrategia del análisis.

En tercer lugar, las estrategias de despliegue gradual (DCA, híbrido, *Value Averaging*) funcionan como un seguro parcial contra el riesgo de timing. Reducen ligeramente el *drawdown* medio a cambio de una pérdida de CAGR mínima, pero su beneficio se concentra exclusivamente en las ventanas donde el crash coincide con los primeros meses de inversión.

En conjunto, los resultados sugieren una recomendación práctica clara para el inversor minorista que recibe un capital puntual: invertir de inmediato siempre que el horizonte temporal y la tolerancia psicológica al riesgo lo permitan. Cuando esta tolerancia es limitada, un DCA a 6 o 12 meses ofrece una mitigación razonable del riesgo emocional a un coste de rentabilidad esperada prácticamente nulo. Las estrategias más sofisticadas (híbrida, *Value Averaging*) añaden complejidad operativa sin aportar ventaja material, mientras que esperar activamente una corrección destruye valor de forma sistemática.

5. REPARTO. ALTERNATIVAS ANTE CAÍDAS SEVERAS

DEL PORTFOLIO EN EL CRUCE

Como se ha observado en los capítulos anteriores, la secuencia de retornos es uno de los elementos con mayor impacto a la hora de construir el patrimonio. Asimismo, constituye la mayor amenaza para un inversor que alcanza su objetivo de patrimonio y comienza la fase de retiro. Una caída severa del mercado justo al inicio de la descapitalización puede agotar el patrimonio mucho antes de lo previsto, incluso cuando la rentabilidad media a largo plazo es satisfactoria.

Con el fin de cuantificar este riesgo y evaluar alternativas de protección, se ha construido un modelo que simula la fase de retiro de la familia Martínez partiendo del patrimonio objetivo de 1.050.000€, aplicando un shock instantáneo del -40% al inicio del retiro y dejando que la secuencia histórica de retornos reales del S&P 500 (deflactados por el IPC español) determine el resultado durante 25 años. Las ventanas de análisis se inician mensualmente entre 1974 y 2000.

El apartado se estructura en seis bloques. En primer lugar se describe la metodología y se justifican las decisiones de modelización. A continuación se presentan los cuatro casos analizados: el caso base sin protección, el *glide path* con asignación 60/40, la estrategia de bucket con dos años de gastos en liquidez, y el *glide path* creciente. En tercer lugar se comparan los resultados agregados. En cuarto lugar se introduce un análisis condicional al régimen de mercado, examinando si las condiciones observables en el momento del cruce permiten anticipar qué estrategia será más adecuada. En quinto lugar se analiza el coste de oportunidad de cada estrategia mediante el cálculo del retiro máximo sostenible con información perfecta. Finalmente, el análisis de sensibilidad evalúa la robustez de las conclusiones.

5.1 METODOLOGÍA

El modelo parte del supuesto de que el inversor alcanza el cruce con un patrimonio de 1.050.000€ y en ese instante el mercado sufre una caída del 40%. No se simula la fase de acumulación sino que se asume que el shock ocurre inmediatamente después. A partir de ese momento, el patrimonio evoluciona mes a mes según los retornos históricos reales, descontando costes (TER del 0,25% anual para renta variable, 0,15% para renta fija) y el gasto mensual correspondiente.

La tasa de retiro es del 4% anual sobre el patrimonio inicial, lo que equivale a 42.000€ anuales o 3.500€ mensuales en términos reales constantes. El horizonte de retiro es de 25 años (300 meses).

Conviene destacar que el modelo es deliberadamente conservador. El shock del -40% es exógeno e instantáneo, y se superpone a la secuencia histórica de retornos. Esto significa que una ventana que arranca en 2005, por ejemplo, sufre primero el shock artificial del -40% y posteriormente la crisis financiera de 2007-2009 contenida en la propia secuencia histórica.

5.2 ESTRATEGIAS ANALIZADAS

5.2.1 CASO BASE

El caso base mantiene el 100% del patrimonio en renta variable tras el shock y aplica un retiro fijo constante en términos reales. Es la referencia contra la que se miden las demás estrategias. Tras el shock, el patrimonio se reduce a 630.000 €, y el inversor retira 3.500 € mensuales independientemente de la evolución del mercado.

5.2.2 GLIDE PATH

En el segundo caso se asume que la cartera en el momento del cruce está compuesta en un 60% por renta variable y en un 40% en renta fija. El shock del -40% afecta únicamente a la parte de renta variable, lo que reduce el impacto efectivo a un -24% sobre el patrimonio total.

Inmediatamente después del shock, la familia rebalancea la cartera al objetivo 60/40, vendiendo parte de la renta fija para comprar renta variable a precios deprimidos. A partir de ese momento, el rebalanceo se realiza de forma mensual, manteniendo siempre una proporción 60% / 40% entre renta variable y renta fija. La renta fija, modelada como un activo con rentabilidad real constante del 2% anual, no se ve afectada por este tipo de evento.

Dado que la renta fija genera un retorno real del 2% anual con un TER del 0,15%, esta estrategia sacrifica rentabilidad esperada a cambio de reducir la volatilidad y el impacto del shock inicial.

5.2.3 ESTRATEGIA CON FONDO DE EMERGENCIA A 2 AÑOS

En la tercera estrategia se asume que el inversor tiene un fondo monetario de dos años de gastos en liquidez al 0% real antes de aplicar el shock. El shock afecta únicamente al patrimonio invertido en renta variable, no al fondo de emergencia. La retirada de patrimonio se ha estructurado de tal forma que cuando la cartera de renta variable está en *drawdown* superior al 10% desde su máximo histórico, los retiros se extraen del bucket. Por otra parte, si la cartera recupera su máximo histórico absoluto, los gastos mensuales se extraen desde la cartera de renta variable. De este modo se evita vender renta variable cuando la cartera está en pérdidas.

5.2.4 GLIDE PATH CRECIENTE

En el cuarto caso se adopta una estrategia que en primera instancia puede parecer contraintuitiva ya que, en lugar de reducir la exposición a renta variable durante el retiro, se aumenta de forma progresiva. Esta estrategia recibe el nombre de *rising equity glide path* y fue propuesta por Pfau y Kitces (2014)¹², quienes demostraron que una asignación creciente

¹² Pfau, W. D., & Kitces, M. E. (2014). Reducing retirement risk with a rising equity glide-path. *Journal of Financial Planning*, 27(1), 38–45.

en renta variable durante el retiro puede mejorar la sostenibilidad del patrimonio frente al riesgo de secuencia.

En este supuesto la familia comienza el retiro con una asignación conservadora del 40% en renta variable y 60% en renta fija, por lo que el shock inicial del -40% afecta únicamente al 40% invertido en renta variable, reduciendo el patrimonio total en un 16%. Inmediatamente después del shock, se rebalancea la cartera a la distribución 40/60 de partida. A partir de ese momento, la asignación a renta variable aumenta linealmente cada mes hasta alcanzar el 80% en el año 10. Desde el año 10 hasta el final del horizonte de 25 años, la cartera se mantiene en una proporción 80/20 entre renta variable y renta fija.

5.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Conviene precisar el marco de comparación antes de presentar los resultados. El *benchmark* de una cartera no es único, depende de la alternativa contra la que se contraste.

Como se puede observar en la siguiente imagen, en el horizonte temporal analizado la tasa de supervivencia a 25 años varía notablemente entre las estrategias, siendo la superior la del *rising glide*.

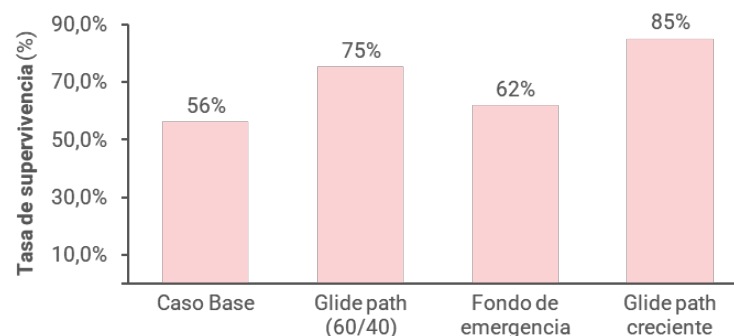


Ilustración 28: Tasa de supervivencia por estrategia

La distribución del patrimonio final a 25 años confirma el patrón anterior. En el caso base y en la estrategia de *bucket* el percentil 25 es cero: en más de una cuarta parte de las ventanas

el patrimonio se agota. El *glide path* eleva la mediana a 355.713 € pero su percentil 25 sigue cercano a cero. El *rising glide path* presenta el mejor perfil, con una mediana de 515.975 € y un percentil 25 superior a 290.000 €. Las estrategias con renta fija arrancan con más capital tras el shock y el rebalanceo mensual fuerza la compra de renta variable a precios deprimidos, lo que explica su ventaja tanto en supervivencia como en patrimonio final.

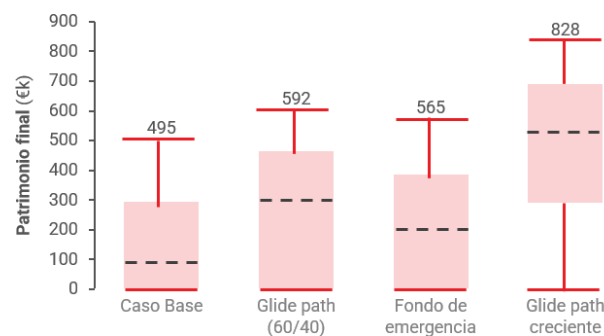


Ilustración 29: Cajas y patillas del patrimonio final para cada estrategia

Puede resultar contraintuitivo que el *rising glide path* no solo supere al caso base en tasa de supervivencia, sino también en patrimonio final absoluto, su mediana es casi cinco veces la del caso base y en la mayoría de las ventanas genera un patrimonio final superior. La explicación reside en el capital inicial tras el shock. El caso base, con el 100% en renta variable, sufre el impacto íntegro, mientras que el *rising glide path*, con solo el 40% en renta variable, absorbe un impacto efectivo del -16%. Esta ventaja inicial compensa la menor exposición a renta variable de los primeros años. A partir del año 10, cuando la asignación alcanza el 80%, el *rising glide path* captura la prima de riesgo sobre una base patrimonial sustancialmente mayor que la del caso base, que en muchas ventanas ya ha sufrido la espiral de retiros sobre un capital menguante.

La lógica del *glide path* creciente nace en la asimetría temporal del riesgo de secuencia. Las retiradas fijas representan un porcentaje creciente de un capital mermado por las caídas. Tras el shock del -40%, la retirada mensual de 3.500 € supone el 0,56% del patrimonio, pero si el mercado cae un 20% adicional durante el primer año pasa a representar el 0,76%. Este

mecanismo se retroalimenta, ya que cuanto más cae el patrimonio, mayor porcentaje representa cada retiro, lo que acelera el consumo del capital. Además, las participaciones vendidas a precios bajos para financiar los retiros nunca participan de la recuperación posterior. En cambio, una caída en el año quince tiene un impacto mucho menor porque el horizonte restante es más corto y el patrimonio ha tenido tiempo de consolidarse.

La primera ventaja es que la estrategia mitiga la caída inicial, ya que su proporción de renta fija en la cartera y el rebalanceo hacen que se evite por completo esta espiral destructiva. La segunda ventaja es la protección estructural frente a caídas posteriores mediante el rebalanceo. Si el mercado sufre caídas adicionales durante los primeros años, la proporción elevada de renta fija permite financiar los retiros sin vender renta variable a precios deprimidos, mientras que el rebalanceo mensual fuerza la compra de renta variable cuando está barata, posicionando la cartera para beneficiarse de la recuperación. Si, por el contrario, las caídas se producen en la segunda mitad del retiro, el patrimonio ha tenido tiempo de crecer sobre una base sólida, el rebalanceo sigue comprando barato con el 20% de renta fija disponible, y el horizonte restante es suficientemente corto para que el impacto sea manejable.

La tasa de retiro equivalente, que hace referencia al máximo retiro real constante que garantiza la supervivencia del patrimonio en la totalidad de las ventanas, refuerza estas conclusiones. Ninguna estrategia alcanza el 4% utilizado como referencia, lo que confirma la severidad de un shock del -40% al inicio del retiro.

En conjunto, los resultados muestran que el *glide path* y el *rising glide path* ofrecen la mayor protección, aunque por mecanismos distintos. El *glide path* protege manteniendo una asignación estática conservadora del 60/40 durante todo el retiro, lo que amortigua el shock inicial y estabiliza la cartera. El *rising glide path* concentra la protección en los primeros años (40% *equity* al inicio) y va recuperando rentabilidad esperada a medida que el riesgo de secuencia se diluye, alcanzando un 80% en renta variable a los diez años. La estrategia

de bucket ofrece una mejora limitada sobre el caso base, dado el reducido tamaño proporcional del colchón de liquidez.

Como se puede observar en la siguiente tabla, reducir la renta variable inicial mejora notablemente la tasa de supervivencia al reducir la caída inicial provocada por el *shock*. Por otra parte, se puede observar que alargar el periodo de transición eleva la supervivencia, pero reduce el patrimonio mediano, ya que el capital permanece más tiempo en activos de menor rentabilidad. El inversor debe calibrar ambas palancas en función de su tolerancia al riesgo y sus necesidades de patrimonio final.

Renta variable inicial	Renta variable final	Duración de la transición (años)	Tasa de supervivencia	Patrimonio mediano (€k)
30	90	10	96%	599
40	80	10	85%	509
40	80	15	93%	492
50	70	10	78%	435

Ilustración 30: Glide path para distintas combinaciones de renta fija y variable

5.4 IMPACTO DE LAS CONDICIONES DE MERCADO EN EL MOMENTO DEL CRUCE

Para complementar el análisis anterior se va a analizar si existe una relación entre las condiciones en el momento previo a alcanzar el cruce y el plan de acción más adecuado ante una caída del 40%.

Para ello, se han clasificado las ventanas en terciles según tres métricas observables en el momento de la decisión. La primera es el ratio CAPE de Shiller (*Cyclically Adjusted Price-to-Earnings*), que divide el precio del índice entre la media de beneficios reales de los últimos diez años. Este índice sirve como indicador de valoración del mercado ya que valores altos sugieren un mercado caro con menores retornos esperados. La segunda es el momentum acumulado de los tres años previos, calculado como la rentabilidad total del S&P 500 en los 36 meses anteriores al cruce, que captura la tendencia reciente del mercado. La

tercera es la volatilidad realizada de los doce meses anteriores, medida como la desviación típica anualizada de los retornos mensuales, que refleja la inestabilidad reciente del mercado.

El CAPE es la métrica más discriminante. Un CAPE bajo (7-10) indica un mercado barato con retornos futuros esperados elevados, mientras que un CAPE alto (20-30) señala un mercado caro con retornos futuros más modestos. Paradójicamente, el caso base obtiene su peor supervivencia en el tercil de CAPE bajo (46%), porque un mercado ya deprimido amplifica el impacto del shock exógeno: el capital post-shock queda tan reducido que las retiradas fijas lo agotan antes de que los buenos retornos futuros se materialicen. En CAPE medio la supervivencia sube al 68% y en CAPE alto al 54%. El *rising glide path*, en cambio, mantiene una supervivencia entre el 83% y el 89% en los tres terciles, lo que confirma que su protección es robusta independientemente del régimen de valoración. En la práctica, un inversor que alcanza el cruce con un CAPE por debajo de 15 puede mantener una posición más agresiva, pero si el CAPE supera 25, la implementación de una estrategia de protección es necesaria para preservar la sostenibilidad del plan.

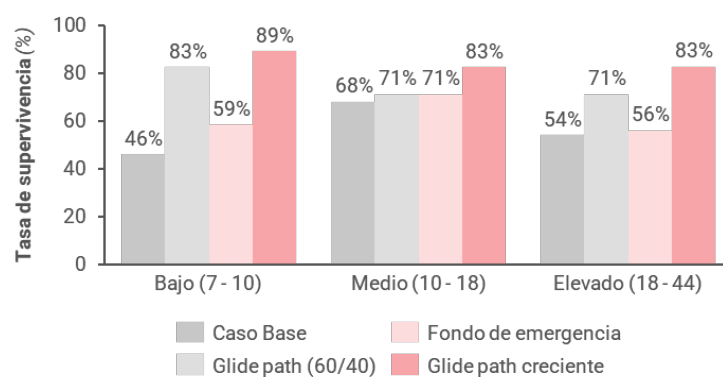


Ilustración 31: Tasa de supervivencia en función del CAPE

El *momentum* de tres años muestra un patrón diferente. En el tercil medio, donde el mercado ha tenido un comportamiento moderado en los años previos, todas las estrategias rozan el 100% de supervivencia. Un entorno de retornos moderados previos reduce la probabilidad de correcciones severas, lo que facilita la recuperación del patrimonio tras el shock. En los extremos el resultado es distinto. En *momentum* bajo el caso base cae al 47%, poniendo en

evidencia que cuando el mercado se está deteriorando la probabilidad de que los retornos futuros sigan siendo débiles es mayor. En *momentum* alto el caso base cae al 45% porque tres años de fuertes subidas aumentan la probabilidad de reversión a la media. La protección con renta fija tiene un impacto aún mayor en entornos en los que el *momentum* es elevado.

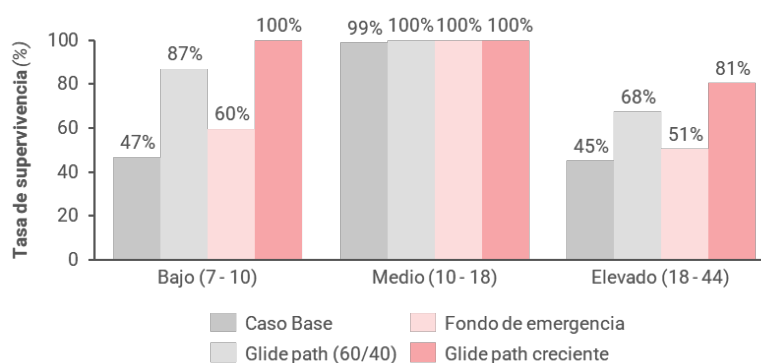


Ilustración 32: Tasa de supervivencia en función del momentum

La volatilidad reciente de los doce meses previos al cruce ofrece información complementaria. En el tercil de volatilidad baja (5,2%-12,2% anualizada), la supervivencia del caso base es del 69,0%, frente al 51,5% en el tercil de volatilidad alta (15,7%-29,5%). Esta diferencia de casi 18 puntos porcentuales no es despreciable y confirma que un entorno de alta volatilidad al llegar al cruce deteriora las perspectivas de supervivencia. La explicación es que periodos de alta volatilidad suelen coincidir con mercados inestables donde las caídas posteriores al shock son más probables. Con todo, el *rising glide path* mantiene una supervivencia del 100% en volatilidad baja y del 74,3% en volatilidad alta, confirmando su capacidad de protección incluso en los entornos más desfavorables.

5.5 COSTE DE OPORTUNIDAD. RETIRO MÁXIMO CON INFORMACIÓN PERFECTA

Para evaluar el coste real de cada estrategia es necesario introducir el concepto de tasa de retiro segura, o SWR (*Safe Withdrawal Rate*). La SWR es el porcentaje máximo del

patrimonio inicial que un inversor puede retirar cada año, en términos reales constantes, sin agotar su capital durante todo el horizonte de retiro.

Por otra parte, para el caso base se ha calculado el retiro máximo que habría sido posible en cada ventana si el inversor hubiese conocido de antemano la secuencia completa de retornos futuros, es decir, la tasa que agota exactamente el patrimonio en el año 25.

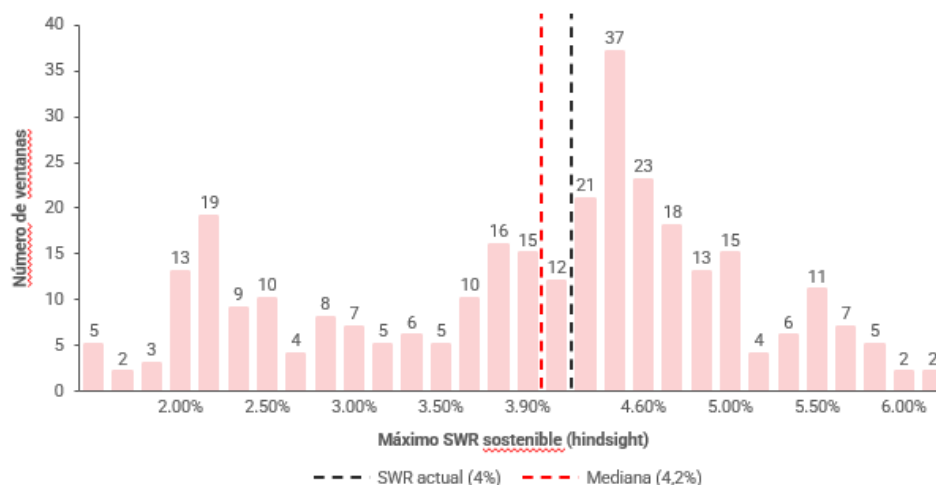


Ilustración 33: Distribución del SWR máximo con información perfecta

El análisis del coste de oportunidad distingue dos tipos de ventanas. En las ventanas seguras (aquellas donde el hindsight SWR supera el 5%, $n=48$), las estrategias de protección generan un patrimonio final superior al del caso base. El *rising glide path* supera al caso base en las 48 ventanas seguras, con una mediana de 774.402 € frente a 515.296 €. La explicación es la misma que sustenta el resultado global, el mayor capital inicial tras el shock compensa con creces la menor exposición a renta variable, y el rebalanceo mensual amplifica esta ventaja a lo largo de 25 años.

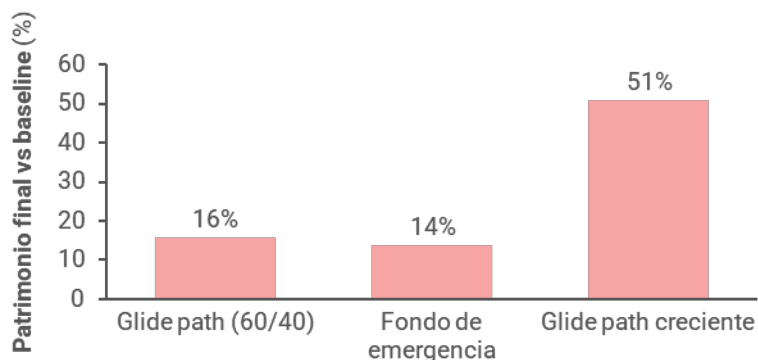


Ilustración 34: Coste de protección en ventanas alcistas

En las ventanas peligrosas (hindsight SWR inferior al 4%, $n=137$), el efecto es opuesto. La supervivencia del caso base es nula mientras que el *glide path* alcanza el 43% y el *glide path* creciente el 66%. El valor de la protección se concentra exactamente donde más se necesita.

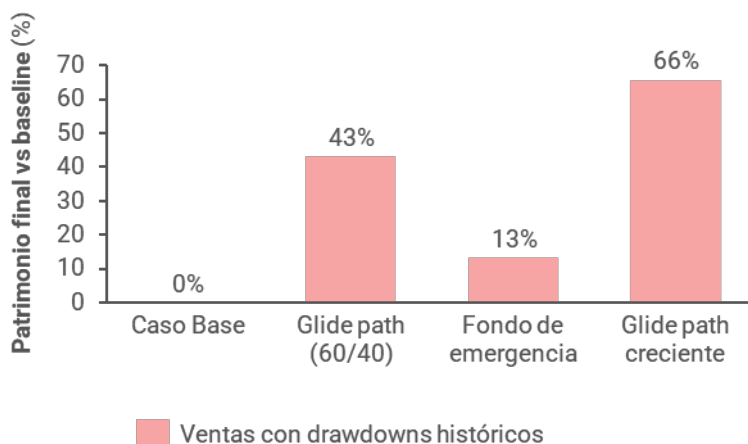


Ilustración 35: Tasa de supervivencia en ventanas con drawdowns históricos

Este resultado contradice la intuición habitual de que la protección implica necesariamente un sacrificio de rentabilidad. En el contexto de este modelo, donde el shock del -40% es inevitable, las estrategias con componente de renta fija dominan al caso base tanto en supervivencia como en patrimonio final, porque el capital adicional preservado al inicio compensa la menor exposición a renta variable.

El gráfico de dispersión del CAPE frente al patrimonio final sintetiza visualmente la interacción entre valoración de mercado y estrategia de protección. Para valores de CAPE inferiores a 15, ambas estrategias (caso base y *rising glide path*) generan patrimonios finales consistentemente elevados, con la diferencia de que el *rising glide path* produce patrimonios superiores gracias a su estructura de rebalanceo progresivo. A medida que el CAPE supera 20, la nube de puntos del caso base se dispersa marcadamente hacia cero: aparecen ventanas donde el patrimonio se agota por completo, intercaladas con otras donde la recuperación es suficiente. El *rising glide path*, por el contrario, mantiene una banda de resultados más estrecha y con menos observaciones en cero, incluso en los niveles de CAPE más elevados. Esta dispersión asimétrica ilustra que el CAPE no determina con certeza el resultado, pero sí condiciona la probabilidad de fracaso. La combinación de un CAPE alto con el shock del -40% reduce el margen de recuperación del patrimonio, y en ese contexto la protección del *rising glide path* marca la diferencia entre la viabilidad y el agotamiento del plan de retiro.

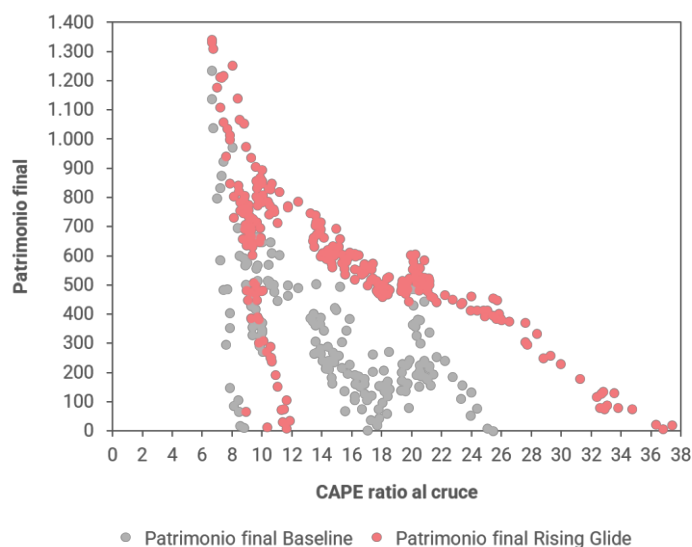


Ilustración 36: Patrimonio final vs CAPE al cruce

5.6 IMPACTO DE LA RENTA FIJA EN LA LLEGADA AL CRUCE

Como se ha observado, las estrategias con diversificación en renta fija tienen resultados notablemente superiores ante caídas del 40% en el momento del cruce. No obstante, conviene mencionar que la incorporación de renta fija a la cartera tiene un impacto directo sobre el tiempo necesario para alcanzar el cruce. Por ello, el inversor debe encontrar la distribución entre renta fija y variable que se adapte a su perfil de riesgo.

Para estimar el impacto de la renta fija en la fase de acumulación se ha empleado un modelo determinista simplificado. Se asume una aportación mensual constante de 1.500 € y un retorno real neto de comisiones del 4,75% anual para la renta variable y del 1,85% para la renta fija, valores coherentes con los supuestos del modelo de retiro. El cálculo no incorpora ni variabilidad en los retornos ni inflación diferencial, pero resulta suficiente para cuantificar el orden de magnitud del coste de oportunidad. Se ha establecido como objetivo la distribución de partida del *rising equity glide path*, es decir, un 60% de renta fija y un 40% de renta variable.

Si el inversor acumulase con una asignación constante del 40% en renta variable y 60% en renta fija desde el inicio, el tiempo hasta alcanzar el cruce se incrementaría de 28,3 años a 33,9 años, es decir, 5,7 años. Este escenario, sin embargo, no es realista, ya que carece de sentido mantener un 60% en renta fija durante décadas de acumulación cuando el horizonte es suficientemente largo para absorber caídas temporales.

La alternativa natural es una transición gradual vinculada al patrimonio acumulado. En el esquema propuesto, el inversor mantiene el 100% en renta variable hasta alcanzar el 75% del objetivo. A partir de ese momento, reduce linealmente su exposición a renta variable desde el 100% hasta el 40% conforme el patrimonio avanza del 75% al 100% del objetivo. Con esta transición, el tiempo hasta el cruce es de 28,9 años, apenas 0,6 años superior al escenario con un 100% de renta variable.

El modelo determinista asume retornos constantes, lo que garantiza una progresión lineal del patrimonio. En la práctica, la volatilidad puede hacer que el patrimonio retroceda durante la transición. Sin embargo, esto no es un problema para el esquema propuesto ya que si una caída reduce el patrimonio por debajo del 75% del objetivo, la asignación vuelve automáticamente al 100% en renta variable y las aportaciones posteriores se invierten en renta variable con precios deprimidos. La transición solo se reanuda cuando el patrimonio recupera el umbral.

5.7 MITIGANTES EN ESTRATEGIAS CON UN 100% DE EXPOSICIÓN A RENTA VARIABLE

Los casos analizados hasta ahora protegen el patrimonio mediante su distribución en diferentes activos. Sin embargo, en la práctica, tras alcanzar el cruce y ante una caída severa de mercado, se puede reducir temporalmente el gasto. Esta medida no requiere ningún cambio en la estructura de la cartera y puede combinarse con cualquiera de las estrategias anteriores. Además, la reducción de gastos puede apoyarse en el arbitraje geográfico, que permite alcanzar ahorros relevantes sin una pérdida equivalente de calidad de vida.

En último lugar se va a analizar si es posible mantener una cartera compuesta únicamente por renta variable. El objetivo es evitar el coste en tiempo que supone incorporar renta fija durante la fase de acumulación, recurriendo en su lugar a dos mecanismos de respuesta ante caídas de mercado. En primer lugar, el inversor dispone de un fondo de emergencia del que hace uso tras una caída bursátil, evitando así vender renta variable a precios deprimidos. En segundo lugar, la estrategia contempla una reducción temporal de los gastos mensuales. Esta reducción se activa tras el shock inicial y se reactiva cada vez que la renta variable acumula una caída superior al 20% desde su máximo histórico, manteniéndose durante cinco años en cada activación. Se han simulado tres escenarios con reducciones del 10%, 20% y 30% sobre la retirada mensual base.

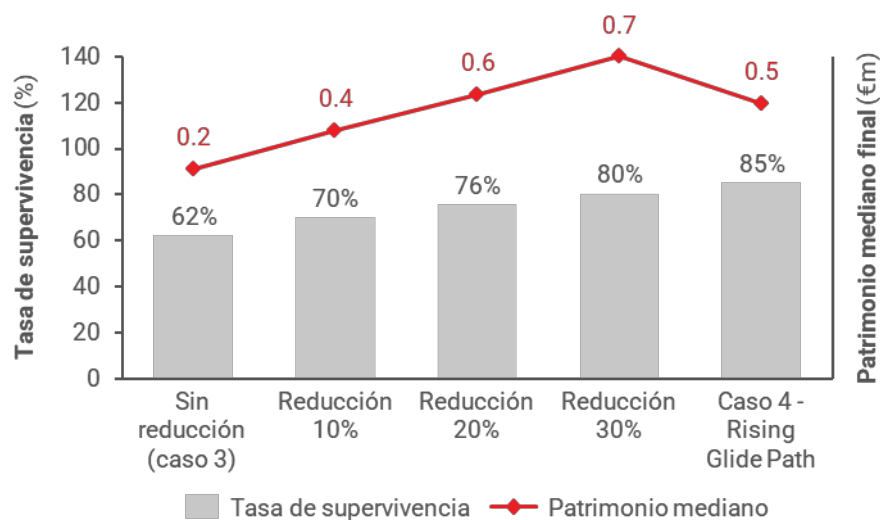


Ilustración 37: Impacto de la reducción de costes en la tasa de supervivencia

Como se puede observar en la imagen, la reducción de gastos en periodos de crisis mejora notablemente tanto la tasa de supervivencia como el patrimonio mediano final. La mejora en patrimonio es mayor que la mejora en supervivencia porque la estrategia mantiene toda la cartera en renta variable, capturando íntegramente las recuperaciones posteriores a cada caída. Además, al combinar el fondo de emergencia con la reducción de gastos, las retiradas que se realizan tras una caída representan un porcentaje mucho menor del patrimonio total, lo que limita el daño en los momentos de mayor vulnerabilidad y permite que el efecto de la capitalización compuesta actúe con más fuerza durante la recuperación.

En conjunto, el análisis de esta fase muestra que el riesgo de secuencia es gestionable sin renunciar a la renta variable como motor del patrimonio. El *rising equity glide path* se consolida como la estrategia más robusta ante una caída severa en el momento del Cruce, la incorporación gradual de renta fija al final de la acumulación ofrece protección a un coste muy reducido en tiempo hasta el Cruce, y la combinación de fondo de emergencia y reducción temporal del gasto permite mitigar gran parte del riesgo incluso manteniendo una exposición del 100% a renta variable.

6. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA CRUCE A UN PARQUE EÓLICO

6.1 INTRODUCCIÓN

Los capítulos anteriores han analizado la metodología Cruce en el ámbito de las finanzas personales, donde un inversor individual gestiona su patrimonio con libertad para decidir cuánto apalancar, cuándo invertir la liquidez ociosa y cómo adaptar la estructura de su cartera a lo largo del tiempo. El objetivo de este capítulo es evaluar si los principios que sustentan esa metodología son transferibles al *project finance*.

Ambos contextos comparten características estructurales ya que tienen flujos de caja recurrentes a largo plazo, recurren al apalancamiento para potenciar la rentabilidad y son sensibles al momento en que se producen los retornos. No obstante, también existen diferencias relevantes. En finanzas personales, el inversor decide libremente y adapta sus decisiones en el tiempo, puede modificar su nivel de apalancamiento, reasignar liquidez entre activos y ajustar su estrategia ante cambios de mercado. Por otra parte, en *project finance*, las condiciones se fijan contractualmente al cierre financiero y no se modifican durante la vida del proyecto. El SPV opera bajo un marco rígido definido por los *covenants* de los prestamistas. El objetivo de este análisis es identificar qué principios de la metodología Cruce son trasladables a este tipo de estructuras.

En el capítulo se evalúan dos principios concretos. En primer lugar, el apalancamiento óptimo y los rendimientos marginales decrecientes de la deuda. En segundo lugar, el *cash drag* y la gestión de liquidez, analizando el efecto del *trapped cash* en la rentabilidad del accionista. Para ello se ha construido un modelo financiero de un parque eólico *onshore* de 50 MW ubicado en Aragón con un inicio de operaciones previsto para 2026.

6.2 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

Antes de comenzar con la descripción del modelo conviene hacer una breve nota sobre la situación del mercado eléctrico.

El sistema eléctrico español se encuentra en una fase de transformación estructural impulsada por la descarbonización y la electrificación de la demanda. La reducción de la dependencia de combustibles fósiles, motivada tanto por compromisos climáticos como por la necesidad de independencia energética, ha acelerado la incorporación de capacidad renovable. España instaló más de 9 GW de nueva capacidad fotovoltaica y consolidó la eólica como primera fuente de generación eléctrica en 2025, situándose entre los mercados europeos con mayor penetración renovable.¹³

Esta penetración tiene consecuencias directas sobre los precios del mercado mayorista. El mercado eléctrico español opera bajo un sistema marginalista de casación, en el que el precio de cada hora lo fija la última unidad de generación necesaria para cubrir la demanda. A medida que las renovables, con costes variables cercanos a cero, desplazan a las centrales de gas del orden de mérito, el precio mayorista tiende a comprimirse en las horas de mayor producción renovable. Este fenómeno, conocido como canibalización, reduce progresivamente el precio medio que capturan los generadores eólicos y fotovoltaicos respecto al precio medio del mercado, y constituye uno de los principales riesgos de ingresos a largo plazo para los proyectos de energías renovables.

En paralelo, la industria eólica ha experimentado una reducción sostenida de costes a lo largo de la última década, impulsada por la optimización de los aerogeneradores, el aumento de los factores de capacidad y las mejoras en la cadena logística y de construcción. Esta evolución ha permitido que los nuevos parques eólicos *onshore* alcancen LCOEs competitivos con las tecnologías convencionales, aunque la compresión de los precios

¹³ Red Eléctrica de España (REE). (2025). Asociación Empresarial Eólica (AEE). (2025).

mayoristas exige estructuras financieras cada vez más eficientes para garantizar la viabilidad de los proyectos.

El modelo se construye sobre un parque eólico terrestre de 50 MW, ubicado en Aragón, con un periodo de construcción de un año y una vida útil operativa de 25 años. De acuerdo con el estándar de mercado, se asume que el parque eólico es el activo único de un SPV (*Special Purpose Vehicle*) que canaliza toda la generación de caja.

6.2.1 PRODUCCIÓN ENERGÉTICA

La producción anual de un parque eólico se obtiene como el producto de la potencia instalada, las horas del año y el factor de capacidad neto. El factor de capacidad bruto mide la proporción del tiempo en que el parque podría generar a máxima potencia si no existieran limitaciones técnicas y operativas. El factor de capacidad neto descuenta las pérdidas operativas del parque, entre las que destacan las pérdidas por efecto estela, en cables y transformadores, por *curtailments* en la red, entre otras. De acuerdo con las fuentes consultadas, se ha estimado un factor de capacidad del 35,9% con una tasa de degradación del 0,5% anual para reflejar el desgaste de los aerogeneradores.

De acuerdo con el estándar de mercado, se han modelado distintos escenarios de probabilidad de generación. El escenario P50 indica que existe un 50% de probabilidad de que la producción real iguale o supere dicho valor. Del mismo modo, los escenarios P75 y P90 se refieren a situaciones en las que la producción real es superada respectivamente en el 75% y el 90% de las ocasiones. Conviene mencionar que el cálculo de la deuda bancaria se realiza con el escenario P90.

6.2.2 ESTRUCTURA DE INGRESOS

Los ingresos del parque se estructuran en dos fases diferenciadas. Durante los primeros 10 años de operación el 75% de la producción se vende bajo un *Power Purchase Agreement* (PPA) a precio fijo de 48 €/MWh y el 25% restante a precio *merchant*. A partir del año 10 el 100% de la energía se vende a precio *merchant*.

La visibilidad que proporciona el PPA a los ingresos a largo plazo es determinante a la hora de solicitar financiación bancaria, ya que el ratio de cobertura exigido para calcular la deuda máxima es notablemente inferior al empleado en casos con estructuras *merchant*.

A partir del año 11, una vez expirado el PPA, la totalidad de la producción se vende a precio *merchant*, es decir, al precio de mercado mayorista vigente en cada hora de producción. Para reflejar el efecto de canibalización, se aplica una tasa de captura del 90% del precio *merchant* estimado para cada periodo, ya que la producción eólica se concentra en horas de viento que tienden a coincidir con mayor oferta renovable y, por tanto, precios más bajos.

Para estimar los precios *merchant* se han utilizado los precios de los contratos de futuros anuales *baseload* (FWB - Future Wholesale Base) publicados por OMIP para el mercado eléctrico ibérico hasta 2036. A partir de este punto, se asume una indexación del 2% nominal anual, reflejando la expectativa de inflación sin asumir subidas reales del precio de la electricidad.

6.2.3 INVERSIÓN INICIAL Y FINANCIACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

El CAPEX unitario se fija en 1,2 M€/MW, consistente con el rango de referencia publicado por IRENA y WindEurope para eólico *onshore* en Europa. Este coste recoge el suministro e instalación de los aerogeneradores, la obra civil, la infraestructura eléctrica de evacuación y los costes de desarrollo del proyecto. Sobre esta base se aplica una contingencia del 5%, habitual en modelos de *project finance* para absorber posibles desviaciones durante la fase de construcción, elevando el CAPEX total a 63 €MM.

En estructuras de *project finance*, la deuda bancaria se dimensiona con los flujos de caja del activo. Sin embargo, durante la fase de construcción el proyecto carece de ingresos y su valor de liquidación es reducido. Estas diferencias implican que el riesgo del acreedor no es comparable, por lo que los financiadores a largo plazo no desembolsan la deuda hasta el inicio de la operación comercial. Para cubrir esta necesidad de financiación temporal se recurre a un *bridge to construction*, una línea de crédito a corto plazo destinada a financiar

el CAPEX de obra, que se cancela al alcanzar la COD y formalizar la estructura de capital a largo plazo.

La inyección del *equity* puede realizarse de dos formas. En la primera, denominada *back-ended*, el *bridge* cubre la totalidad del CAPEX durante la construcción y el accionista difiere su desembolso hasta que el parque entra en operación. En la segunda, el accionista aporta capital en paralelo a las disposiciones del *bridge*, lo que reduce el tamaño de la línea y su coste financiero, pero exige inmovilizar recursos antes de que el activo genere ingresos. El modelo adopta la estructura *back-ended*.¹⁴

Los intereses devengados durante la construcción no se abonan como gasto del ejercicio sino que se capitalizan, incorporándose al CAPEX total sobre el que posteriormente se dimensiona la deuda bancaria. Las condiciones financieras del *bridge* asumidas en el modelo contemplan un tipo de interés de Euríbor + 2,50% sobre el capital dispuesto, una comisión de estructuración del 1,5% y una comisión de disponibilidad del 30% del margen aplicada sobre el importe comprometido pero no dispuesto. Puesto que los desembolsos de construcción se producen de forma progresiva a lo largo del año, el cálculo de intereses se ajusta con un factor del 50%, asumiendo que el saldo medio dispuesto equivale a la mitad del compromiso total.

6.2.4 INVERSIONES DE MANTENIMIENTO Y COSTES OPERATIVOS

Por otra parte, se ha estimado un *capex* de mantenimiento anual para reflejar las reparaciones y sustituciones de componentes necesarias para mantener la operatividad del parque. Este coste se fija en 5.000 €/MW durante los primeros 10 años de operación y en 15.000 €/MW a partir del año 11, reflejando el aumento del coste de mantenimiento a medida que los aerogeneradores superan los años iniciales de vida útil.

¹⁴ Bodmer, E. (2023). Yescombe, E. R., & Farquharson, E. (2018). *Public-Private Partnerships for Infrastructure: Principles of Policy and Finance* (2.^a ed.). Butterworth-Heinemann.

Los costes operativos anuales del parque ascienden a c.28.000 €/MW, distribuidos en cinco partidas. La de mayor peso es la operación y mantenimiento fijo, que cubre el contrato de servicio integral con el fabricante de los aerogeneradores o con un proveedor de O&M independiente, incluyendo inspecciones programadas, mano de obra técnica y disponibilidad de repuestos. El resto de las partidas incluyen el arrendamiento, las pólizas de seguros y los gastos generales y de administración, así como un componente variable de 1,5 €/MWh que incluye reparaciones menores y consumibles. Las partidas se han indexado anualmente a la inflación, asumida en el 2% en línea con el objetivo del BCE.

6.2.5 ESTRUCTURA DE CAPITAL

La deuda senior es el pilar de la estructura de financiación del proyecto. En *project finance*, su dimensionamiento no parte de un importe predefinido, sino que se define la vida del préstamo y se calcula el principal a partir del ratio de cobertura del servicio de la deuda (DSCR) y el ratio de deuda sobre *capex* (*loan to capex*).

El DSCR mide la capacidad del proyecto para cubrir el servicio de su deuda con los flujos de caja operativos de cada periodo. Se calcula como el cociente entre el CFADS (*Cash Flow Available for Debt Service*) y el servicio de deuda total del periodo, entendido como la suma de amortización de principal e intereses. El prestamista exige que el DSCR se mantenga por encima de un umbral mínimo durante toda la vida del préstamo. En el modelo se fija un DSCR objetivo de 1,3x, consistente con la práctica habitual del mercado para proyectos eólicos con una proporción significativa de ingresos contratados bajo PPA.¹⁵

Conviene señalar que el banco no dimensiona la deuda sobre la producción esperada (P50), sino sobre el escenario P90. Con esta exigencia, el financiador garantiza que incluso en años de recurso eólico desfavorable el servicio de la deuda quedará cubierto con el margen requerido.

¹⁵ GreenBridge Infrastructure. (2024). Renewables Valuation Institute. (2024).

De acuerdo con el estándar de mercado, la deuda senior y su calendario de amortización se calculan utilizando el proceso de *debt sculpting*, según el cual, para cada periodo, se calcula la deuda máxima que mantiene el DSCR en el mínimo definido por el banco.

Para ello se obtiene el CFADS como EBITDA menos *capex* e impuesto de sociedades neto del escudo fiscal de los intereses de la deuda. Posteriormente se divide el CFADS de cada año por el DSCR objetivo (1,3x), obteniendo el capital total a destinar a la amortización y pago de intereses de la deuda. A partir de este importe se despejan los intereses y perfil de amortización de cada periodo. En paralelo se limita el LTC de la operación al 60% del *capex* del proyecto. El importe de la deuda será el menor de los obtenidos con estas dos limitaciones. El tenor de la deuda se ha fijado en 15 años y el precio en Euribor + 2,00% con una comisión de estructuración del 1,50%.

El *mezzanine* es un instrumento de deuda subordinada cuyo orden de prelación se sitúa entre la deuda senior y el *equity*. Su servicio solo se atiende una vez que la deuda senior ha sido íntegramente servida en cada periodo. Pese a su mayor coste, permite elevar el apalancamiento por encima del límite impuesto por la deuda senior, reduciendo así la necesidad de *equity*.

Dado su mayor coste, el tramo *mezzanine* solo se incluye cuando se ha dispuesto la máxima deuda senior permitida. El tramo devenga unos intereses del Euribor + 7,50%, de los cuales el 50% se paga en efectivo y el resto se capitaliza (*Payment In Kind*), incrementando el saldo vivo del préstamo. Esta mecánica, habitual en tramos subordinados, reduce las salidas de caja durante la fase operativa pero eleva progresivamente la exposición total. La comisión de estructuración es del 1,5% y el vencimiento es *bullet* a 15 años, coincidiendo con el del TLA.

6.2.6 COSTE DE CAPITAL

De acuerdo con el estándar de mercado, el coste medio ponderado de capital (WACC) se estima siguiendo la metodología CAPM (*Capital Asset Pricing Model*). El WACC pondera el coste del *equity* (K_e) y el coste de la deuda después de impuestos (K_d) en función del peso relativo de cada fuente de financiación sobre el capital total invertido.

El coste del *equity* se construye a partir de la tasa libre de riesgo, referenciada al rendimiento del Bono del Estado español a 10 años al cierre financiero del proyecto, la prima de riesgo de mercado, obtenida de la base de datos de Damodaran (Country Default Spreads and Risk Premiums) y la beta desapalancada del sector Green & Renewable Energy, extraída igualmente de Damodaran. Sobre esta beta se aplica la fórmula de Hamada para reapalancarla en función de la estructura de capital de cada escenario, lo que hace que el K_e aumente de forma no lineal con el apalancamiento. Adicionalmente se incorpora una prima específica de proyecto del 1%, que recoge los riesgos de iliquidez y concentración inherentes a un SPV de activo único frente a las empresas cotizadas diversificadas sobre las que se calibra la beta sectorial. Esta prima se sitúa por debajo del rango del 2 - 4% que Damodaran documenta para empresas privadas, dado que la existencia del PPA reduce significativamente la volatilidad de los flujos del proyecto.

El coste de la deuda se calcula como la media ponderada del coste de los instrumentos de deuda que componen la estructura de capital. Se excluye el *bridge to construction* por tratarse de financiación transitoria que se cancela al alcanzar la COD. Sobre el coste ponderado resultante se aplica el escudo fiscal del Impuesto de Sociedades. Conviene mencionar que dado que la fórmula de Hamada reapalanca la beta con la estructura de capital de cada escenario, tanto el K_e como el WACC varían entre los niveles de apalancamiento analizados. A mayor proporción de deuda, mayor es el riesgo financiero del accionista, y por tanto mayor el K_e exigido.

Key financing assumptions		Key operating assumptions	
Cost of capital		Main assumptions	
Risk-free rate (Rf)	3.3%	COD (year)	2026
Equity Risk Premium (ERP)	5.8%	Installed capacity (MW)	48
Beta unlevered	0.6x	Tax rate (%)	25%
Project risk premium	1.0%	Inflation (%)	2%
Euribor 12M (%)	2.5%	Capacity factor (%)	36%
Bridge to construction		Revenue	
Interest rate (%)	2.3%	PPA tenor (years)	10.00
Upfront fee	1.5%	PPA price (€/MW)	50.00
Tenor (years)	1	Merchant curve	Backwardation
Senior financing		Opex	
Interest rate (%)	2.1%	Fixed O&M (€/MW)	18,000
Tenor (years)	15	Land lease & insurance (€/MW)	7,500
DSCR target	1.3x	G&A / management (€/MW)	2,500
Maximum loan to capex	60%	Variable OPEX rate (€/MW)	150%
Mezzanine		Capex	
Interest rate (%)	7.5%	Expansion capex (€/MW)	1.20
o.w. PIK	50.0%	Maintenance capex y. 1-10 (€/MW)	5.00
Upfront fee	1.5%	Maintenance capex y. 11-25 (€/MW)	15.00
Tenor (years)	15	D&A period (years)	20

Ilustración 38: Supuestos base

6.2.7 MÉTRICAS DE RETORNO

Se han empleado cuatro métricas para evaluar la viabilidad y rentabilidad del proyecto. La TIR del proyecto mide la rentabilidad del activo con independencia de la estructura de capital. Se corresponde con la tasa de descuento que iguala a cero el valor actual neto de los flujos de caja libres desapalancados. Para ello se toma el *all-in capex* como desembolso y el resultado neto, sin incorporar el escudo fiscal de la deuda y restando el CAPEX de mantenimiento. La referencia natural es el WACC ya que si la TIR del proyecto es superior, el proyecto genera valor por encima del coste de oportunidad del capital total invertido.

Por otra parte, la TIR del accionista incorpora el efecto de la estructura de capital, tomando como desembolso el *equity* inyectado y como entradas los dividendos. Su referencia es el K_e , y la comparación con la TIR del proyecto permite cuantificar el impacto del apalancamiento. Cuando el coste de la deuda es inferior a la TIR del proyecto, el

apalancamiento amplifica la rentabilidad para el accionista mientras que cuando es superior, la destruye.

El LCOE (*Levelized Cost of Energy*) representa el coste unitario de generación. Se obtiene dividiendo el valor presente de todos los costes (*capex all-in*, *opex* y *capex* de mantenimiento) entre el valor presente de la energía generada en MWh, descontados ambos al WACC. Esta métrica, que representa el precio mínimo al que debería venderse la energía para que el proyecto alcance un VAN nulo, permite comparar distintas tecnologías con perfiles de inversión y producción distintos. El LCOE se calcula sobre producción P50, ya que mide el coste esperado de generación en condiciones medias.

6.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL CASO BASE

El caso base del modelo se construye sobre el escenario de producción P50 con un apalancamiento del 60% del CAPEX total.

Como se puede observar en la siguiente imagen, durante los primeros diez años los ingresos se mantienen relativamente estables en torno a 7,9 M€ anuales, sostenidos por el PPA indexado al IPC. En el año 11, con la expiración del contrato, los ingresos caen un 16% al pasar a venta *merchant*.

Esta caída se debe a que la curva forward de OMIP cotiza por debajo de 48 €/MWh en ese horizonte, y a que el *capture rate* del 90% reduce adicionalmente el precio efectivo. A partir de la transición *merchant*, los ingresos retoman una senda creciente al 2% nominal, aunque no recuperan el nivel del PPA hasta los últimos años del proyecto.

Data in €m	FY 25E	FY 26E	FY 27E	FY 28E	FY 29E	FY 30E	FY 31E	FY 32E	FY 33E	FY 34E	FY 35E	FY 40E	FY 45E	FY 50E
Revenue	-	7.9	7.9	7.9	8.0	8.0	8.1	8.1	8.1	8.2	8.2	7.2	7.8	8.4
Fixed opex	-	(1.4)	(1.4)	(1.5)	(1.5)	(1.5)	(1.5)	(1.6)	(1.6)	(1.6)	(1.7)	(1.8)	(2.0)	(2.3)
Variable opex	-	(0.2)	(0.2)	(0.2)	(0.2)	(0.3)	(0.3)	(0.3)	(0.3)	(0.3)	(0.3)	(0.3)	(0.3)	(0.3)
EBITDA	-	6.2	6.2	6.2	6.2	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	5.1	5.5	5.8
EBITDA margin	-	79.2%	78.9%	78.6%	78.3%	78.0%	77.7%	77.3%	77.0%	76.7%	76.4%	70.5%	69.9%	69.2%
(-) D&A	(3.2)	(3.2)	(3.2)	(3.2)	(3.2)	(3.2)	(3.2)	(3.2)	(3.3)	(3.3)	(3.3)	(3.5)	(0.6)	(0.9)
EBIT	(3.2)	3.1	3.1	3.1	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	1.6	4.8	4.9
(-) Interest expense	-	(1.7)	(1.8)	(1.6)	(1.5)	(1.4)	(1.3)	(1.2)	(1.1)	(1.0)	(0.9)	(0.4)	(0.0)	-
EBT	(3.2)	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	1.2	4.8	4.9
(-) Tax	-	(0.3)	(0.3)	(0.4)	(0.4)	(0.4)	(0.4)	(0.5)	(0.5)	(0.5)	(0.5)	(0.3)	(1.2)	(1.2)
Net Income	(3.2)	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	0.9	3.6	3.7

Ilustración 39: P&L del caso base sin cash sweep

El activo tiene un apalancamiento operativo elevado, ya que los costes fijos representan aproximadamente un 85% de la base de costes. Como se puede observar, este fenómeno amplifica el impacto de una reducción de ingresos, una caída del 10% se traduce en una compresión de margen de 900 puntos básicos.

Data in €m	FY 25E	FY 26E	FY 27E	FY 28E	FY 29E	FY 30E	FY 31E	FY 32E	FY 33E	FY 34E	FY 35E	FY 40E	FY 45E	FY 50E
EBITDA	-	6.2	6.2	6.2	6.2	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	5.1	5.5	5.8
(-) Taxes paid	-	(0.3)	(0.3)	(0.4)	(0.4)	(0.4)	(0.4)	(0.5)	(0.5)	(0.5)	(0.5)	(0.3)	(1.2)	(1.2)
(-) Capex	(65.9)	(0.3)	(0.3)	(0.3)	(0.3)	(0.3)	(0.3)	(0.3)	(0.3)	(0.3)	(0.3)	(1.0)	(1.1)	(1.2)
FCF	(65.9)	5.6	5.7	5.6	5.6	5.6	5.6	5.5	5.5	5.5	5.4	3.8	3.2	3.4
FCF conversion - %	-	90.6%	90.7%	90.2%	89.7%	89.2%	88.8%	88.3%	87.8%	87.3%	86.8%	74.9%	58.1%	58.0%
(+/-) Bridge to construction	65.9	(65.9)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(-) Interest payments	-	(1.7)	(1.7)	(1.6)	(1.5)	(1.3)	(1.2)	(1.1)	(1.0)	(0.9)	(0.8)	(0.3)	(0.0)	-
(+/-) Changes in debt	-	37.3	(2.3)	(2.4)	(2.5)	(2.6)	(2.7)	(2.8)	(2.9)	(3.0)	(3.1)	(2.4)	(0.5)	-
(+/-) Changes in equity	-	25.1	-	-	(1.0)	(2.2)	(3.5)	(2.1)	(1.6)	(1.6)	(1.6)	(2.3)	(2.6)	(3.4)
Net CF	-	0.5	1.7	1.7	0.7	(0.6)	(1.8)	(0.4)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(1.2)	0.0	(0.0)
Cash BoP	-	-	0.5	2.2	3.9	4.5	4.0	2.1	1.7	1.7	1.7	1.7	0.5	0.5
Cash EoP	-	0.5	2.2	3.9	4.5	4.0	2.1	1.7	1.7	1.7	1.7	0.5	0.5	0.5
BoP debt	-	65.9	37.3	35.1	32.8	30.4	27.9	25.4	22.7	19.9	17.1	5.3	0.9	-
EoP debt	65.9	37.3	35.1	32.8	30.4	27.9	25.4	22.7	19.9	17.1	14.1	3.0	0.4	-
DSCR - senior financing	-	1.4x	1.4x	1.5x	1.5x	1.5x	1.5x	1.5x	1.5x	1.5x	1.5x	1.5x	1.5x	1.5x

Ilustración 40: Cash Flow en el escenario base

Como se puede observar en la ilustración superior, el activo comienza con una conversión de caja elevada. No obstante, esta decrece con el tiempo debido al mayor coste del *capex* de mantenimiento. La financiación se estructura con un vencimiento a 15 años para mantener un servicio de la deuda contenido. De este modo, una caída temporal de ingresos en periodos de baja conversión de caja no compromete la capacidad de repago. Por otra parte, el ratio de cobertura de la deuda se mantiene por encima del *covenant* de 1,3x, ya que esta ha sido dimensionada en el escenario P90.

LCOE	53.0
Project IRR	4.6%
Equity IRR	5.3%
Equity investment	25.1
Dividends	51.4
MoIC	2.04x
WACC	6.6%
Cost of debt	3.6%
Cost of equity	11.1%
Total debt	39.5
Senior debt	38.0
Mezanine	1.5

Ilustración 41: Resultados del caso base

La TIR del proyecto se sitúa en el 4,6%, 200 puntos básicos por debajo del WACC. Este *spread* negativo confirma que, bajo las condiciones de mercado actuales, el activo no genera valor económico a nivel de proyecto. El resultado es coherente con la situación del sector eólico *onshore* en España, donde la compresión de precios mayoristas por canibalización renovable ha estrechado los márgenes hasta situar la rentabilidad de los nuevos proyectos en el límite de la viabilidad.

Por otra parte, el LCOE asciende a 53,0 €/MWh, 5 €/MWh por encima del PPA contratado. Esto implica que durante los diez primeros años de operación el proyecto no cubre su coste de generación. La viabilidad depende, por tanto, del tramo *merchant* posterior al PPA, en el que el precio medio capturado debe compensar el déficit acumulado durante el contrato. Esta dependencia es estructuralmente problemática porque condiciona la viabilidad a la fase con mayor incertidumbre en los precios de la energía.

La diferencia positiva entre la TIR del proyecto y el coste de la deuda senior permite al apalancamiento crear valor marginal para el accionista, que obtiene una TIR del 5,3% y un MoIC de 2,04x. No obstante, ambas métricas quedan notablemente por debajo del coste del

equity estimado en el 11,1%, confirmando que el proyecto no remunera de forma adecuada el riesgo asumido por el accionista.

En definitiva, el proyecto presenta un perfil de viabilidad asimétrico. Por un lado, resulta atractivo para el prestamista, cuyo servicio de deuda queda cubierto con holgura a lo largo de la vida del préstamo. Sin embargo, no lo es para el accionista, cuya rentabilidad esperada no compensa el riesgo asumido y cuyo retorno está condicionado por un tramo *merchant* sujeto a una elevada incertidumbre.

6.3.1 ESCENARIO BASE CON CURVAS PRICECAST

Como se puede observar en la siguiente ilustración, la curva *forward* de OMIP se encuentra en *backwardation*. Los futuros cotizan en torno a 60 €/MWh en 2027 y descienden de forma sostenida hasta 51 €/MWh en 2036. El mercado descuenta, por tanto, una compresión progresiva de los precios mayoristas, coherente con el efecto de canibalización renovable descrito anteriormente.

No obstante, esta curva representa el escenario más conservador. Prueba de ello es que en España se siguen desarrollando parques eólicos, lo que implica que parte de los inversores confía en una evolución de los precios más favorable que la implícita en OMIP. Para reflejar esta visión alternativa, se repite el análisis sustituyendo la curva *forward* de OMIP por las proyecciones de Pricecast, que anticipan una senda creciente desde 63 €/MWh en 2027 hasta 75 €/MWh en 2036.

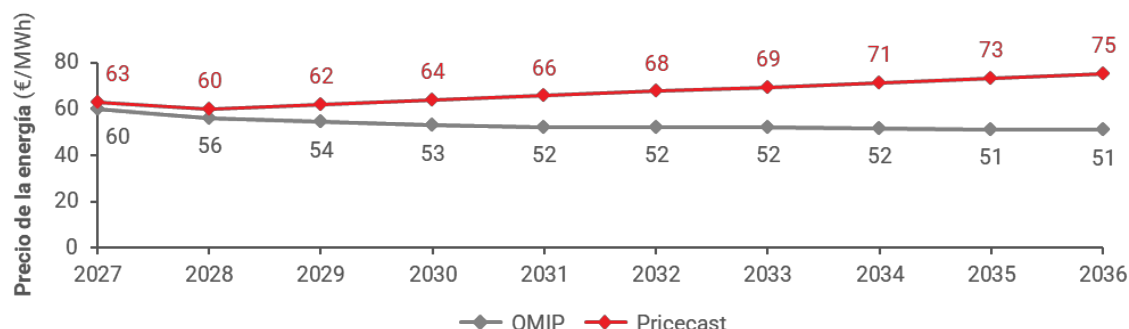


Ilustración 42: Curvas merchant de OMIP y Pricecast

Con las curvas de Pricecast, la TIR del proyecto asciende al 6,6%, 200 puntos básicos por encima del caso base con curvas OMIP y ligeramente por encima del WACC del 6,5%. Bajo este escenario de precios, el proyecto pasa a generar valor económico a nivel de proyecto, invirtiendo la conclusión obtenida con la curva de OMIP.

LCOE	53
Project IRR	6.6%
Equity IRR	8.8%
Equity investment	23.6
Dividends	51.4
MoIC	2.18x
WACC	6.5%
Cost of debt	3.6%
Cost of equity	11.4%
Total debt	41.1
Senior debt	39.5
Mezanine	1.5

Ilustración 43: Resultado del caso base con curva Pricecast

La mejora se traslada también al accionista, que obtiene una TIR del 8,8% y un MoIC de 2,18x, frente al 5,3% y el 2,04x del caso base. No obstante, ambas métricas se mantienen por debajo del coste del *equity*, estimado en el 11,4%, por lo que ni siquiera bajo el escenario de precios más favorable el proyecto remunera de forma adecuada el riesgo asumido por el accionista.

Por su parte, el LCOE se mantiene en 53 €/MWh, ya que depende exclusivamente de la estructura de costes y de la producción del activo, y no de los precios de venta. En definitiva, la comparación entre ambos escenarios pone de manifiesto la elevada sensibilidad del proyecto a la curva de precios *merchant*: la elección de la fuente de precios determina por sí sola si el activo crea o destruye valor a nivel de proyecto, confirmando la dependencia estructural del tramo *merchant* señalada en el caso base.

6.4 APALANCAMIENTO ÓPTIMO

El primer principio de la metodología Cruce que se analiza en el contexto del *project finance* es el de los rendimientos marginales decrecientes del apalancamiento. En los capítulos anteriores se ha demostrado que, en el ámbito de las finanzas personales, el apalancamiento es una herramienta eficaz de creación de valor siempre que exista un *spread* positivo entre el retorno del activo y el coste de la financiación.

Sin embargo, en los capítulos anteriores también se ha demostrado que este efecto tiene límites. A medida que el nivel de apalancamiento aumenta, el coste marginal de cada tramo adicional de deuda se incrementa y el beneficio para el accionista se comprime progresivamente. Llegado un punto, si el coste de la financiación iguala o supera el retorno del activo, el apalancamiento deja de crear valor y comienza a destruirlo.

Para ello se construyen seis escenarios con niveles de apalancamiento crecientes, del 0% (financiación con *equity*), 20%, 40%, 60%, 80% y 90% del *capex* total. En cada escenario, la deuda se asigna siguiendo la secuencia habitual, primero se dispone el tramo senior hasta agotar el límite y la diferencia hasta el apalancamiento objetivo se cubre con *mezzanine* a un coste superior. Esta lógica de asignación secuencial refleja la práctica estándar, en la que el inversor recurre a la fuente de financiación más barata antes de acudir a instrumentos subordinados de mayor coste.

6.4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como se puede observar en la siguiente imagen, la TIR del accionista no mejora de forma sostenida con el apalancamiento. En los escenarios en los que la totalidad de la deuda se canaliza a través del tramo senior (0% a 60%), la TIR del accionista se mantiene en un rango estrecho, entre el 5,0% y el 5,3%, con incrementos marginales cada vez menores en los tramos superiores. A partir del 60%, cuando la estructura requiere incorporar *mezzanine* para cubrir el exceso sobre el tope del senior, la TIR del accionista se desploma. Este comportamiento es el opuesto al observado en el ámbito de las finanzas personales, donde el diferencial positivo entre retorno esperado y coste de financiación permite que un mayor apalancamiento amplifique la rentabilidad del accionista.

Apalancamiento	-	20%	40%	60%	80%	90%
LCOE	55.7	54.7	53.7	53.0	54.1	54.8
Project IRR	4.6%	4.6%	4.6%	4.6%	4.5%	4.3%
Equity IRR	5.00%	5.08%	5.23%	5.28%	1.6%	(10.8%)
Invested equity	61.2	49.2	37.3	25.1	12.0	15.8
Total dividends	101.2	85.7	69.7	51.4	17.1	5.6
Cash on cash	1.7x	1.7x	1.9x	2.0x	1.4x	0.4x
WACC	7.5%	7.1%	6.8%	6.6%	7.0%	7.2%
Cost of debt	-	3.4%	3.4%	3.6%	4.4%	4.8%
Cost of equity	7.5%	8.1%	9.1%	11.1%	17.0%	28.9%
Total debt	-	13.2	26.4	38.0	39.5	39.5
TLA	-	13.2	26.4	38.0	39.5	39.5
Mezzanine	-	-	-	1.5	13.2	19.8

Ilustración 44: Impacto del apalancamiento en los retornos del project finance

La causa de este fenómeno reside en el *spread* entre el retorno del activo y el coste de la financiación. La TIR del proyecto se sitúa en torno al 4,6%, mientras que el coste *all-in* de la deuda senior alcanza aproximadamente el 4,45% y el del *mezzanine* supera el 9%. En estas condiciones, el *mezzanine* no transfiere valor del prestamista al accionista, sino que lo extrae del accionista hacia el prestamista. Este resultado contrasta con el modelo de finanzas personales, donde la renta variable ofrece un retorno real esperado del orden del 5% anual

frente a costes de financiación reales del 2–3,5%, generando un *spread* positivo que permite amplificar la rentabilidad.

No obstante, se confirma el principio de rendimientos marginales decrecientes. Incluso dentro del tramo senior, donde el *spread* es ligeramente positivo, la contribución de cada tramo sucesivo de deuda a la *Equity* IRR se reduce con el incremento del apalancamiento. Esto se debe a dos motivos. En primer lugar, el coste del *equity* aumenta de forma no lineal con el apalancamiento a través de la beta reapalancada. En segundo lugar, la base de *equity* se reduce, amplificando tanto las ganancias como las pérdidas marginales.

La diferencia principal radica en el mecanismo de control del riesgo asociado al apalancamiento. En finanzas personales, ese riesgo se materializa a través del *margin call*, cuya probabilidad puede ser gestionada por el inversor mediante la elección del apalancamiento. En *project finance*, los *covenants* de DSCR cumplen una función análoga pero con una naturaleza distinta. Actúan como una restricción impuesta por el banco que impide al accionista asumir un nivel de deuda incompatible con la capacidad de generación de caja del proyecto. El prestamista, en la práctica, evita que el accionista alcance el equivalente del *margin call*, pero a cambio restringe su capacidad para optimizar la estructura de capital más allá de lo que los flujos permiten.

6.5 GESTIÓN ACTIVA DE LIQUIDEZ

El segundo principio de la metodología Cruce analizado en el contexto del *project finance* es la gestión activa de liquidez. En los capítulos anteriores se ha demostrado que, en el ámbito de las finanzas personales, mantener un fondo de emergencia conlleva un coste de oportunidad ya que el capital inmovilizado no participa de la rentabilidad del mercado. Por ello, las estrategias que movilizan temporalmente esa liquidez generan rentabilidades superiores a las que mantienen una reserva completamente estática.

En el *project finance*, este fenómeno tiene un equivalente directo en caja que no se puede distribuir a los accionistas (*trapped cash*). La distribución de dividendos se realiza con cargo a reservas disponibles, lo que implica que la existencia de caja no es condición suficiente para distribuir dividendo. Si el proyecto no ha acumulado reservas suficientes en su balance, el dividendo no puede repartirse, aunque exista liquidez para hacerlo. En los primeros años de operación, el peso de la amortización y los gastos financieros genera resultados negativos que retrasan la constitución de reservas distribuibles. Adicionalmente, el modelo impone un saldo mínimo de caja en las cuentas del SPV equivalente al pago de intereses de un año de la deuda viva y, en los momentos sin deuda, un mínimo de 0,5 €MM. La combinación de ambas restricciones provoca que, durante los primeros años, parte de la caja generada permanezca inmovilizada en el SPV. Este *trapped cash* es análogo al fondo de emergencia de las finanzas personales ya que, desde la perspectiva del accionista, constituye capital improductivo cuyo coste de oportunidad erosiona la rentabilidad.

En la siguiente imagen se pueden observar las reservas indisponibles para distintos niveles de apalancamiento. El escenario sin deuda es el que acumula el mayor volumen de *trapped cash*, dado que al no haber servicio de deuda la totalidad del flujo de caja operativo se retiene en el SPV hasta alcanzar el umbral de reservas distribuibles. A medida que el apalancamiento aumenta, el servicio de la deuda absorbe una proporción creciente del CFADS y reduce la caja atrapada.

Data in €m	FY 26E	FY 27E	FY 28E	FY 29E	FY 30E	Total
All equity	0.5	5.7	7.2	6.4	3.3	23.2
20% debt	-	3.9	1.5	-	-	5.4
40% debt	-	2.1	1.5	-	-	3.7
60% debt	-	0.5	1.7	0.7	-	2.8

Ilustración 45: Reserva indisponible para distintos escenarios de apalancamiento

La duración del periodo de *trapped cash* es, sin embargo, similar en los cuatro escenarios, situándose en torno a cuatro años operativos. Esto indica que la velocidad a la que se constituyen las reservas es proporcional al flujo de caja generado. Los escenarios con menos

deuda generan más caja pero también acumulan más *trapped cash*, mientras que los más apalancados generan menos caja y acumulan menos.

6.5.1 ALTERNATIVAS PARA GESTIONAR EL *TRAPPED CASH*

Ante la existencia de caja inmovilizada en el SPV, el modelo plantea tres alternativas de gestión cuya lógica es análoga a las estrategias de liquidez analizadas en el ámbito personal.

En el escenario base la caja permanece en la cuenta corriente del SPV sin generar remuneración alguna. Esta situación es equivalente al fondo de emergencia rígido analizado en el capítulo del *dip buying*.

En segundo lugar se ha diseñado un *cash sweep* que destina la caja excedente a la amortización anticipada de la deuda senior, reduciendo el saldo vivo, los intereses futuros y la vida efectiva del préstamo. Esta alternativa es conceptualmente equivalente al *dip buying*, ya que transforma liquidez ociosa en un retorno concreto, el ahorro de intereses derivado de la reducción del saldo de deuda.

En tercer lugar, se ha analizado la posibilidad de reinvertir la caja en el activo, en concreto en baterías que favorezcan el *capture rate* del parque.

6.5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como se puede observar en la siguiente imagen, el *cash sweep* mejora el MoIC. Al amortizar deuda anticipadamente el proyecto paga menos intereses a lo largo de su vida, lo que incrementa la caja total distribuida al accionista. La mejora es mayor cuanto mayor es el apalancamiento, dado que el ahorro absoluto de intereses crece con el saldo de deuda prepago.

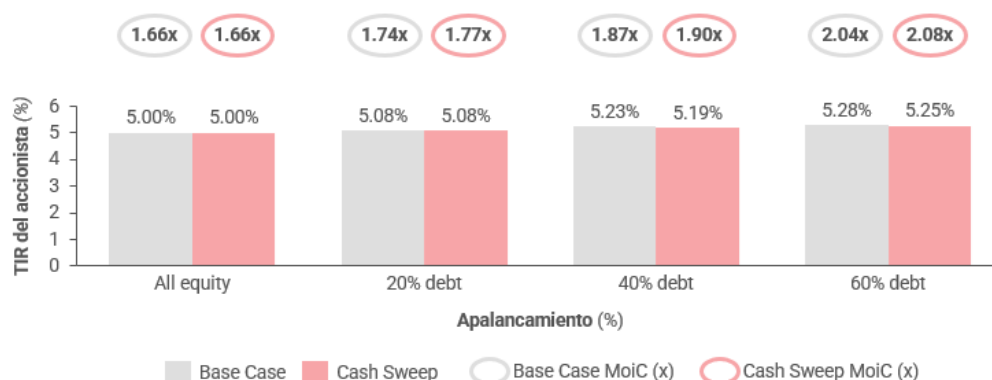


Ilustración 46: Impacto del cash sweep en la rentabilidad para el accionista

Por otra parte, la TIR del accionista disminuye ligeramente. Esto se debe a que la TIR asume que los flujos distribuidos al accionista se reinvierten a la propia tasa interna de retorno, en este caso en torno al 5,2%. Cuando el *cash sweep* desvía caja hacia amortización anticipada, esa caja genera un retorno equivalente al coste *all-in* de la deuda senior, aproximadamente un 3,5%. Por ello, el accionista está, en la práctica, renunciando a un flujo que la TIR valora al 5,2% para obtener un ahorro financiero del 3,4–3,6%.

En definitiva, la utilidad del *cash sweep* depende de la métrica que el accionista priorice. Por ejemplo, un promotor con un pipeline de proyectos en los que reciclar *equity* preferirá maximizar la TIR y distribuir cuanto antes. Por otra parte, un inversor sin alternativas inmediatas preferirá maximizar el MoIC.

Conviene mencionar que la incorporación de *mezzanine* a la estructura y su posterior refinanciación con el *cash sweep*, pese a reducir el *equity* inicial, no crea valor para el accionista. Esto se debe a que el coste *all-in* del *mezzanine* es superior a la TIR del proyecto, por lo que su uso destruye valor en todas las situaciones.

En tercer lugar se ha analizado la inversión del *trapped cash* en almacenamiento con baterías para mejorar el *capture rate* del parque, desplazando la venta de energía desde horas de bajo precio hacia franjas de mayor cotización. Dada la caja disponible, se estima que podría instalarse una batería del orden de 5 MW de potencia y 20 MWh de capacidad, con un *capex*

aproximado de 3,6 €MM basado en los costes de referencia de baterías utility-scale en Europa, que se sitúan entre 180 y 260 €/kWh instalado según Ember y BloombergNEF.¹⁶

La incorporación de esta batería elevaría el *capture rate* del parque del 90% al 93%. Sin embargo, dado que los ingresos del proyecto están contratados bajo un PPA a precio fijo durante los primeros 10 años, el mayor *capture rate* solo genera ingresos incrementales a partir del año 11, cuando la producción pasa a venderse a precio *merchant*. La TIR incremental de la batería, calculada sobre los flujos adicionales netos que genera frente a su CAPEX, se sitúa en el -0,6%, lo que indica que con la estructura de precios actual la inversión no permite recuperar el capital invertido.

En conjunto, el caso del parque eólico confirma que los principios de la metodología Cruce son trasladables al project finance solo de forma parcial. La lógica del apalancamiento óptimo se mantiene, pero el estrecho diferencial entre la rentabilidad del activo y el coste de la financiación hace que los tramos de deuda más caros destruyan valor para el accionista. La gestión activa de la liquidez, por su parte, reproduce el papel del fondo de emergencia, ya que el cash sweep mejora el múltiplo sobre el capital invertido a costa de una ligera reducción de la TIR, mientras que la reinversión del trapped cash en baterías no resulta rentable con la estructura de precios y contratos considerada.

¹⁶ Ember. (2025). BloombergNEF. (2025).

7. CONCLUSIÓN

El presente trabajo tiene un doble objetivo. En primer lugar, profundizar en la metodología Cruce dentro del ámbito de las finanzas personales. En segundo lugar, comprobar si algún principio de la metodología es trasladable a la estructuración de un proyecto de infraestructura, en concreto un parque eólico.

7.1 DIP BUYING

Los resultados muestran que el valor del *dip buying* no reside en la compra puntual durante la caída, sino en la gestión flexible de liquidez. Las estrategias que se limitan a acumular un colchón adicional aportan mejoras marginales. Sin embargo, las estrategias que utilizan el fondo de emergencia de forma flexible para invertir durante correcciones generan patrimonios finales notablemente superiores.

El análisis de sensibilidad establece una jerarquía clara entre las variables del modelo. El tamaño del fondo de emergencia es la variable con mayor impacto, ya que su coste de oportunidad crece con el nivel exigido y penaliza especialmente a las estrategias rígidas. El umbral de activación de la compra influye de forma subordinada y sin óptimo universal, aunque los *triggers* moderados (entre 2,5% y 5% de caída) tienen un impacto positivo en la mayoría de las configuraciones. El colchón adicional desempeña un papel secundario, ya que en la práctica se comporta de la misma forma que un incremento del fondo de emergencia.

La ventaja del *dip buying* no reside en anticipar la caída sino en flexibilizar el fondo de emergencia después de que ocurra. Por ello, el *dip buying* deja de ser un ejercicio de *timing* y pasa a ser un mecanismo de gestión activa de la liquidez, que permite mantener un fondo de emergencia más amplio sin una reducción relevante del patrimonio final.

7.2 GESTIÓN PASIVA VS GESTIÓN ACTIVA

Los resultados avalan la gestión pasiva como opción por defecto del inversor minorista. La diferencia de coste entre un fondo indexado y un fondo activo minorista se traduce en varios años adicionales hasta el cruce, atribuibles exclusivamente al TER del vehículo.

El 88% de los fondos de gestión activa de renta variable no baten a su índice de referencia a quince años, y su alfa bruto mediano antes de comisiones es prácticamente nulo. El gestor activo medio no destruye valor con sus decisiones, sino que consume en comisiones todo el excedente que podría aportar.

Por otra parte, los pocos gestores que superan al índice en un ejercicio determinado rara vez repiten en los siguientes, de modo que el inversor minorista no dispone de un criterio fiable para seleccionarlos con antelación.

7.3 IMPACTO DE INVERTIR EN VEHÍCULOS DE RENTA VARIABLE APALANCADOS

El análisis, aplicado específicamente al apalancamiento sobre renta variable, muestra que el apalancamiento amplifica el escenario central pero no protege frente al peor caso. En las condiciones más favorables reduce notablemente el tiempo hasta el cruce. No obstante, en el decil más adverso de la serie histórica ningún nivel de apalancamiento permite alcanzar el objetivo dentro del horizonte de planificación.

La restricción operativa relevante es la capacidad del inversor de mantener la posición cuando el mercado se desploma. El análisis histórico muestra que todas las estrategias apalancadas habrían superado su umbral de *margin call*. Por tanto, el riesgo de liquidación forzada no es una posibilidad teórica sino una eventualidad que se habría materializado en la práctica.

Por otra parte, la elección del vehículo es tan relevante como el nivel de apalancamiento. A igual exposición nominal, los distintos mecanismos producen resultados muy dispares. Los futuros son el vehículo más eficiente entre los analizados, mientras que los ETFs apalancados diarios sufren un *volatility drag* que erosiona la rentabilidad compuesta a largo plazo.

En definitiva, el apalancamiento sobre renta variable, más que como exposición estructural a largo plazo, tiene sentido como herramienta táctica en horizontes acotados y con un dimensionamiento que garantice la supervivencia de la posición ante caídas severas.

Conviene subrayar que estas conclusiones aplican al apalancamiento sobre renta variable. El apalancamiento hipotecario sobre inmuebles presenta un perfil de riesgo distinto, con financiación más barata, mayor plazo, ausencia de margin calls comparables y flujos de caja recurrentes procedentes del alquiler.

7.4 INVERSIÓN DE UN CAPITAL PUNTUAL

El análisis *rolling* pone de manifiesto que invertir el capital de forma inmediata supera a las alternativas de inversión gradual en la mayoría de las ventanas históricas. La ventaja procede íntegramente de un mayor tiempo de exposición al mercado y su magnitud se acumula de forma no lineal con el horizonte de inversión.

Las estrategias intermedias como el *dollar cost averaging* actúan como un seguro parcial contra el riesgo de una caída del mercado en los primeros meses del despliegue del capital. Reducen ligeramente el *drawdown* medio a cambio de una pérdida de CAGR reducida, pero su beneficio se concentra únicamente en las ventanas en que la corrección coincide con el inicio de la inversión.

La recomendación práctica es invertir el capital de inmediato cuando el horizonte y la tolerancia al riesgo lo permitan. Cuando esa tolerancia es limitada, un *Dollar Cost Averaging* a 6 o 12 meses es una alternativa razonable ya que su coste en rentabilidad esperada frente

al *Lump Sum* es prácticamente nulo y aporta una protección relevante en el escenario en que el capital se despliega justo antes de una corrección significativa del mercado. El resto de estrategias intermedias añade complejidad sin aportar ventaja material sobre este esquema.

7.5 CAÍDA DEL 40% DE LA RENTA VARIABLE AL CRUCE

Los análisis anteriores se han centrado en acelerar la llegada al cruce mediante la elección del vehículo, el uso del apalancamiento o el momento del despliegue del capital. Este apartado aborda la fase posterior, en la que el patrimonio comienza a sostener el gasto del inversor y queda más expuesto al riesgo de secuencia de retornos.

La caída simulada del 40% al inicio del retiro es el escenario más punitivo analizado en el trabajo. Bajo ese shock, la cartera con una exposición del 100% a renta variable en la mayoría de las ventanas históricas no logra sostener el gasto durante el horizonte completo. La estrategia más robusta ante este escenario es el *rising glide path*, que parte con una asignación defensiva y aumenta progresivamente la exposición a renta variable conforme el patrimonio se recupera.

Los resultados matizan la idea habitual de que la protección exige sacrificar rentabilidad. El *rising glide path* no solo tiene una tasa de supervivencia notablemente superior (85% vs 56% en el caso base) sino que en las ventanas históricas favorables genera un patrimonio final superior al del caso base. La protección procede de dos mecanismos complementarios.

El primero es la asignación inicial, en la que la renta variable representa una fracción reducida del total de la cartera y amortigua directamente el impacto del shock. El segundo es el comportamiento de la cartera ante caídas posteriores al shock inicial. En caso de una segunda caída durante los primeros años del retiro, el gasto se cubre desde la renta fija sin necesidad de vender renta variable a precios deprimidos, y el rebalanceo automático hacia el peso objetivo permite recomprar renta variable barata. Si la caída aparece en los años

finales, el horizonte restante es corto y el patrimonio ya acumulado durante los años previos ofrece un colchón suficiente para absorberla.

La contrapartida aparece en la fase de acumulación. Adoptar una asignación diversificada del 60% renta fija y 40% renta variable desde el inicio para blindar el patrimonio frente a este escenario retrasa la llegada al cruce en 5,7 años. Este coste temporal hace inviable la estrategia como planteamiento único, por lo que conviene articular la protección con alternativas menos onerosas en tiempo al cruce.

La primera alternativa consiste en mantener el 100% en renta variable durante toda la acumulación y activar dos palancas tras la caída. El fondo de emergencia permite cubrir el gasto sin vender renta variable a precios deprimidos y la reducción temporal del gasto durante los cinco años posteriores a cada caída superior al 20% reduce las retiradas cuando mayor es su impacto en el patrimonio. Estas palancas consiguen aumentar la tasa de supervivencia al 80%, ligeramente por debajo de la obtenida con el *rising glide path*. Ambos mecanismos combinados mejoran sustancialmente la supervivencia y el patrimonio final sin exigir ningún cambio estructural en la cartera.

La segunda alternativa consiste en incorporar renta fija de forma gradual y vinculada al progreso patrimonial. Se mantiene el 100% en renta variable hasta alcanzar el 75% del objetivo y a partir de ese punto se reduce linealmente la exposición hasta un 40% de renta variable en el último tramo. Este esquema retrasa la llegada al cruce en apenas 0,6 años y ofrece una protección comparable frente al shock del 40% al cruce.

7.6 APLICACIÓN AL PARQUE EÓLICO

Por último, se han aplicado los principios analizados a un modelo de financiación de un parque eólico de 50 MW.

La actividad del parque se enmarca en un mercado eléctrico caracterizado por una compresión de los precios mayoristas por la canibalización. A medida que aumenta la

penetración de renovables, se desplaza a la generación convencional del orden de mérito. En este entorno, el modelo muestra que el proyecto resulta rentable desde la perspectiva del prestamista. No obstante, no es así para el accionista, cuya baja rentabilidad depende de un periodo incierto de ingresos bajo una curva *merchant* y cuyo riesgo asumido no se corresponde con los retornos esperados.

El apalancamiento actúa sobre este equilibrio de forma opuesta a como lo hace en finanzas personales. En el ámbito personal, el retorno esperado de la renta variable es superior al coste de financiación y ampliar la exposición añade valor al accionista. En el proyecto eólico, la rentabilidad operativa se sitúa en torno al 4,6%, mientras que el coste total de la deuda senior se aproxima al 4,45% y el del *mezzanine* supera el 9%. Por ello, cada tramo adicional de deuda transfiere valor del accionista al prestamista en lugar de crearlo.

El resultado no invalida el uso del apalancamiento sino que pone en evidencia la condición que determina si aporta valor o lo consume. La rentabilidad esperada del activo debe superar el coste del pasivo.

En cuanto a la gestión activa de la liquidez, el *trapped cash* del SPV es el equivalente estructural del fondo de emergencia en finanzas personales. Ambos representan capital inmovilizado con coste de oportunidad y ambos se benefician de una gestión activa. El *cash sweep* hacia amortización anticipada de la deuda senior mejora el MoIC del proyecto al reducir el coste total de intereses. En contrapartida, reduce ligeramente la TIR ya que reasigna un flujo que se descontaba al 5,2% hacia un ahorro financiero del 3,5%. La utilidad del *cash sweep* depende por tanto de la métrica que el accionista priorice.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Trebolle, D. (2022). *Finanzas para ti: La metodología Cruce y la construcción de libertad financiera*.
2. Brealey, R. A., Myers, S. C., & Allen, F. (2020). *Principles of Corporate Finance*. McGraw-Hill Education.
3. Cheng, M., & Madhavan, A. (2009). The dynamics of leveraged and inverse exchange-traded funds. *Journal of Investment Management*, 7(4), 43–62.
4. Damodaran, A. (2014). *Applied Corporate Finance*. John Wiley & Sons.
5. Dimson, E., Marsh, P., & Staunton, M. (2002). *Triumph of the Optimists: 101 Years of Global Investment Returns*. Princeton University Press.
6. Edleson, M. E. (1991). *Value Averaging: The Safe and Easy Strategy for Higher Investment Returns*. John Wiley & Sons.
7. Ember. (2025).
8. Esty, B. C. (2004). *Modern project finance: A casebook*. John Wiley & Sons.
9. Gatti, S. (2018). *Project Finance in Theory and Practice*. Academic Press.
10. Graham, B. (2006). *The Intelligent Investor*. Harper Business.
11. GreenBridge Infrastructure. (2024).
12. Hull, J. C. (2018). *Options, Futures, and Other Derivatives* (10.^a ed.). Pearson.
13. Jensen, M. C., & Meckling, W. H. (1976). Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure. *Journal of Financial Economics*, 3(4), 305–360.
14. Lowenstein, R. (1995). *Buffett: The Making of an American Capitalist*. Random House.
15. Modigliani, F., & Miller, M. H. (1958). The cost of capital, corporation finance and the theory of investment. *American Economic Review*, 48(3), 261–297.
16. Myers, S. C. (1984). The capital structure puzzle. *The Journal of Finance*, 39(3), 575–592.

17. Pfau, W. D., & Kitces, M. E. (2014). Reducing retirement risk with a rising equity glide-path. *Journal of Financial Planning*, 27(1), 38–45.
18. Red Eléctrica de España (REE). (2025).
19. Renewables Valuation Institute. (2024).
20. S&P Dow Jones Indices. (2023). *U.S. Persistence Scorecard Year-End 2022*. S&P Dow Jones Indices LLC.
21. S&P Dow Jones Indices. (2024). *SPIVA U.S. Scorecard Year-End 2023*. S&P Dow Jones Indices LLC.
22. Schroeder, A. (2008). *The Snowball: Warren Buffett and the Business of Life*. Bantam Books.
23. Sharpe, W. F. (1991). The arithmetic of active management. *Financial Analysts Journal*, 47(1), 7–9.
24. Yescombe, E. R., & Farquharson, E. (2018). *Public-Private Partnerships for Infrastructure: Principles of Policy and Finance* (2.^a ed.). Butterworth-Heinemann.
25. Asociación Empresarial Eólica (AEE). (2025).
26. BloombergNEF. (2025).
27. Bodmer, E. (2023).