



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

ICADE

**CRECIMIENTO Y SOLVENCIA EN EL  
SECTOR ASEGURADOR EN EL  
MARCO DE SOLVENCIA II: UN  
MODELO DE OPTIMIZACIÓN  
BASADO EN EL CRITERIO DE KELLY  
Y EL VALUE AT RISK**

Autor: Alejandra Catalán Sánchez

Director: Óscar Díez Alonso

MADRID | MARZO 2026

## **ABSTRACT**

This paper analyzes the application of quantitative models in risk management within the Solvency II regulatory framework, with the aim of evaluating their contribution to capital optimization and the financial stability of insurance companies. The study focuses on the relationship between risk management and sustainable profitability, emphasizing the need to balance return, risk, and regulatory capital.

To address this objective, a conceptual model is proposed that integrates the Kelly criterion, which aims to maximize long-term capital growth, with a Value at Risk (VaR) constraint reflecting regulatory solvency requirements. This approach allows for a joint analysis of profitability and risk, providing a framework for more efficient capital allocation.

The findings suggest that compliance with solvency constraints does not necessarily imply a reduction in growth potential, but rather encourages more efficient combinations of risk and return. Furthermore, the model highlights the importance of incorporating optimization criteria into decision-making processes, particularly within risk appetite frameworks and internal risk approval mechanisms.

Overall, the paper contributes to a better understanding of how quantitative models can support strategic decision-making in the insurance sector, achieving a more efficient and sustainable balance between profitability and solvency.

**KEYWORDS:** Solvency II, Risk Management, Value at Risk (VaR), Kelly Criterion, Capital Optimization, Insurance Sector

## **RESUMEN**

El presente trabajo analiza la aplicación de modelos cuantitativos en la gestión del riesgo dentro del marco regulatorio de Solvencia II, con el objetivo de evaluar su contribución a la optimización del capital y a la estabilidad financiera de las entidades aseguradoras. El estudio se centra en la relación entre la gestión del riesgo y la rentabilidad sostenible, poniendo de manifiesto la necesidad de equilibrar beneficio, riesgo y capital regulatorio.

Para ello, se propone un modelo conceptual que integra el criterio de Kelly, orientado a maximizar el crecimiento del capital a largo plazo, con una restricción basada en el Value at Risk (VaR), representativa de los requisitos de solvencia. Este enfoque permite analizar de forma conjunta la rentabilidad y el riesgo, proporcionando un marco para una asignación más eficiente del capital.

Los resultados sugieren que el cumplimiento de las restricciones de solvencia no implica necesariamente una reducción del potencial de crecimiento, sino que favorece combinaciones más eficientes entre rentabilidad y riesgo. Asimismo, el modelo pone de relieve la importancia de incorporar criterios de optimización en los procesos de toma de decisiones, especialmente en el ámbito del Risk Appetite y de los procesos internos de aprobación de riesgos.

En conjunto, el trabajo contribuye a una mejor comprensión del papel de los modelos cuantitativos en la toma de decisiones estratégicas en el sector asegurador, favoreciendo un equilibrio más eficiente y sostenible entre rentabilidad y solvencia.

**PALABRAS CLAVE:** Solvencia II, gestión del riesgo, Value at Risk (VaR), criterio de Kelly, optimización del capital, sector asegurador

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	6
2.	MARCO TEÓRICO	8
2.1.	SOLVENCIA II	8
2.2.	FUNCIONAMIENTO DEL NEGOCIO ASEGURADOR	10
2.3.	GESTIÓN DEL RIESGO Y RISK APPETITE	12
2.4.	MEDICIÓN DEL RIESGO: VALUE AT RISK	13
2.5.	CRITERIO DE KELLY	16
3.	PROPUESTA DE MODELO	18
3.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: EQUILIBRIO ENTRE CRECIMIENTO DEL CAPITAL Y SOLVENCIA	18
3.2	ADAPTACIÓN DEL CRITERIO DE KELLY AL CONTEXTO ASEGURADOR	20
3.3	INTEGRACIÓN DEL MODELO CON EL VALUE AT RISK	22
3.4	INTERPRETACIÓN ECONÓMICA DEL MODELO PROPUESTO	23
4.	APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MODELO	28
4.1	APLICACIÓN DEL MODELO AL RISK APPETITE EN ENTIDADES ASEGURADORAS	28
4.2	PROCESOS DE APROBACIÓN DE RIESGOS Y TOMA DE DECISIONES	29
4.3	APLICACIÓN DEL MODELO A LA TOMA DE DECISIONES ESTRATÉGICAS	31
5.	CONCLUSIONES	33
6.	BIBLIOGRAFÍA	35

7. ANEXOS	37
8. DECLARACIÓN DE USO DE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA EN TRABAJOS FIN DE GRADO	39

## 1. INTRODUCCIÓN

El sector asegurador desempeña un papel fundamental en la estabilidad del sistema financiero, al asumir, gestionar y redistribuir riesgos tanto individuales como colectivos (Cummins y Weiss, 2014). A diferencia de otras entidades financieras, las aseguradoras operan bajo un modelo en el que la asunción de riesgo constituye el núcleo de su actividad, lo que exige una adecuada gestión del equilibrio entre rentabilidad y solvencia. En este contexto, las entidades aseguradoras, a diferencia de las mutuas, persiguen la rentabilidad económica al tiempo que deben garantizar su solvencia, lo que implica la necesidad de mantener un equilibrio constante entre beneficio, riesgo y capital regulatorio. En este contexto, el sector asegurador opera en un entorno caracterizado por una creciente complejidad y exposición a riesgos de diversa naturaleza (PwC, 2023). Asimismo, el sector se enfrenta a la aparición de riesgos emergentes y a un entorno cada vez más incierto, lo que refuerza la necesidad de adoptar enfoques más avanzados en la gestión del riesgo (PwC & CSFI, 2025).

El marco regulatorio de Solvencia II, vigente en la Unión Europea desde 2016, establece un sistema de supervisión basado en riesgos que obliga a las entidades aseguradoras a mantener niveles de capital suficientes para hacer frente a escenarios adversos (European Commission, 2009). Este sistema introduce métricas cuantitativas como el Capital de Solvencia Requerido (SCR), calculado a partir de metodologías como el Value at Risk (VaR) (EIOPA, 2014), así como elementos cualitativos relacionados con la gobernanza y la gestión del riesgo. En este sentido, la regulación no solo condiciona la estabilidad financiera de las aseguradoras, sino que también influye directamente en sus decisiones estratégicas.

Dentro de este contexto, surge la necesidad de analizar cómo las herramientas cuantitativas pueden contribuir a una gestión más eficiente del riesgo, especialmente en lo relativo a la asignación de capital y a la toma de decisiones bajo incertidumbre. Tradicionalmente, modelos como el Value at Risk han sido ampliamente utilizados en el ámbito financiero y asegurador para medir la exposición al riesgo (Jorion, 2007). Sin embargo, existen otros enfoques, como el criterio de Kelly (Kelly, 1956), que, aunque han sido aplicados en ámbitos como las finanzas o las apuestas, presentan un potencial interesante para su adaptación al sector asegurador.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la aplicación de modelos cuantitativos en la gestión del riesgo dentro del marco regulatorio de Solvencia II, evaluando su contribución a la optimización del capital y a la estabilidad financiera de las entidades aseguradoras, con el fin de identificar cómo pueden apoyar una gestión más eficiente del equilibrio entre rentabilidad y solvencia.

Para ello, se llevará a cabo una revisión del marco teórico y regulatorio, así como una propuesta conceptual que integra el uso del Value at Risk con una adaptación del criterio de Kelly, orientada a ilustrar posibles sinergias entre la gestión del riesgo y la toma de decisiones estratégicas.

Desde el punto de vista metodológico, el trabajo se basa en una revisión de la literatura académica y normativa, complementada con el análisis conceptual de modelos cuantitativos aplicados a la gestión del riesgo. Asimismo, se incorporará una aproximación práctica basada en el funcionamiento real del sector asegurador, incluyendo elementos como el marco de apetito de riesgo (risk appetite) y los procesos internos de aprobación de riesgos, con el objetivo de conectar la teoría con su aplicación en la práctica empresarial.

Este trabajo pretende aportar una visión integrada de la gestión del riesgo en el sector asegurador, combinando el enfoque regulatorio de Solvencia II con herramientas cuantitativas que permitan mejorar la toma de decisiones en un entorno caracterizado por la incertidumbre y la necesidad de equilibrio entre crecimiento y solvencia.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. SOLVENCIA II**

Solvencia II constituye el marco regulatorio que rige la actividad de las entidades aseguradoras y reaseguradoras en la Unión Europea desde su entrada en vigor en el año 2016 (European Commission, 2009). Este sistema normativo surge como respuesta a la necesidad de reforzar la estabilidad del sector asegurador tras la crisis financiera global, introduciendo un enfoque más sofisticado y realista basado en la medición y gestión del riesgo.

A diferencia de modelos regulatorios anteriores, Solvencia II se fundamenta en un enfoque basado en riesgos (risk-based approach), lo que implica que los requerimientos de capital de cada entidad no son uniformes, sino que dependen directamente de su perfil de riesgo específico. De este modo, se busca que las aseguradoras mantengan niveles de capital suficientes para hacer frente a posibles pérdidas derivadas de escenarios adversos, alineando así la regulación con la realidad económica de cada entidad. En este sentido, Solvencia II se configura como un marco integral basado en riesgos que condiciona de manera directa tanto la medición del riesgo como la asignación de capital en las entidades aseguradoras (EIOPA, 2020).

El objetivo principal de Solvencia II es garantizar la protección de los asegurados, asegurando que las entidades sean capaces de cumplir sus obligaciones en todo momento. Asimismo, el marco persigue mejorar la transparencia del sector, fomentar una gestión más eficiente del riesgo y fortalecer la estabilidad del sistema financiero en su conjunto.

Desde el punto de vista estructural, Solvencia II se articula en torno a tres pilares fundamentales que abarcan tanto aspectos cuantitativos como cualitativos de la actividad aseguradora.

El Pilar I se centra en los requisitos cuantitativos, estableciendo las bases para la valoración de activos y pasivos, así como el cálculo del capital regulatorio necesario. Dentro de este pilar destacan dos conceptos clave: el Capital de Solvencia Requerido (Solvency Capital Requirement, SCR) y el Capital Mínimo Requerido (Minimum Capital Requirement, MCR). El SCR representa el nivel de capital necesario para limitar la probabilidad de ruina de la entidad a un 0,5% en un horizonte temporal de un año, lo

que equivale conceptualmente a un Value at Risk (VaR) con un nivel de confianza del 99,5% (EIOPA, 2014). Por su parte, el MCR constituye un umbral mínimo por debajo del cual la intervención del supervisor es inmediata.

El Pilar II aborda los aspectos cualitativos relacionados con la gobernanza y la gestión del riesgo. En este ámbito, se exige a las entidades disponer de sistemas adecuados de control interno, funciones clave (como gestión de riesgos, cumplimiento normativo o auditoría interna) y procesos como el ORSA (Own Risk and Solvency Assessment), mediante el cual las aseguradoras evalúan de forma interna su perfil de riesgo y su suficiencia de capital en relación con su estrategia.

El Pilar III, por su parte, se orienta a la transparencia y la disciplina de mercado, estableciendo obligaciones de información tanto hacia los supervisores como hacia el público. Este pilar busca mejorar la comparabilidad entre entidades y fomentar una mayor confianza en el sistema asegurador.

Uno de los elementos más relevantes de Solvencia II es la estrecha relación que establece entre la gestión del riesgo y la asignación de capital. En este sentido, el capital regulatorio deja de ser un requisito meramente estático para convertirse en una variable dinámica, estrechamente vinculada a las decisiones estratégicas de la entidad. Así, las aseguradoras deben considerar el impacto de sus decisiones de negocio, como la suscripción de riesgos, la política de inversiones o el uso del reaseguro, sobre su nivel de capital y su posición de solvencia.

Tras varios años desde su entrada en vigor, el marco de Solvencia II ha permitido consolidar un enfoque más integrado de la gestión del riesgo en el sector asegurador, reflejando una mayor vinculación entre el perfil de riesgo de las entidades y sus requerimientos de capital (UNESPA, 2022).

En consecuencia, Solvencia II no solo actúa como un marco regulador, sino también como un elemento que condiciona y guía la gestión empresarial de las entidades aseguradoras. Este enfoque refuerza la importancia de contar con herramientas cuantitativas adecuadas que permitan medir y optimizar el riesgo, facilitando la toma de decisiones en un entorno en el que la rentabilidad debe mantenerse en equilibrio con los requisitos de solvencia.

## **2.2. FUNCIONAMIENTO DEL NEGOCIO ASEGURADOR**

El sector asegurador se caracteriza por un modelo de negocio particular en el que la gestión del riesgo constituye el núcleo de su actividad. A diferencia de otras entidades financieras, las aseguradoras no solo intermedian capital, sino que asumen directamente riesgos a cambio de una contraprestación económica, conocida como prima (Cummins & Weiss, 2014). Este modelo implica que la rentabilidad de las entidades depende tanto de la adecuada tarificación del riesgo como de la gestión eficiente de los activos en los que se invierten los recursos obtenidos.

Desde un punto de vista económico, la actividad aseguradora se basa en el principio de mutualización del riesgo, mediante el cual un conjunto amplio de asegurados transfiere sus riesgos individuales a la entidad aseguradora. A cambio, los tomadores de seguros abonan una prima que refleja, al menos teóricamente, la probabilidad de ocurrencia del siniestro y su impacto económico esperado. Este mecanismo permite transformar riesgos individuales inciertos en resultados más predecibles a nivel agregado.

La rentabilidad del negocio asegurador no depende exclusivamente de la diferencia entre primas y siniestros. Una parte significativa de los beneficios proviene de la gestión de las inversiones realizadas con las primas cobradas. Dado que existe un desfase temporal entre el cobro de las primas y el pago de las prestaciones, las aseguradoras disponen de un volumen considerable de recursos que pueden ser invertidos en distintos activos financieros, como renta fija, renta variable o activos alternativos. Esta doble fuente de ingresos, técnica y financiera convierte la gestión de activos en un elemento clave dentro del modelo de negocio.

La estructura del balance de una entidad aseguradora adquiere especial relevancia en este marco. Por un lado, los activos están compuestos principalmente por inversiones financieras, cuyo objetivo es generar rentabilidad y garantizar la liquidez necesaria para hacer frente a las obligaciones futuras. Por otro lado, los pasivos incluyen las provisiones técnicas, que representan el valor actual de los compromisos adquiridos con los asegurados. La diferencia entre ambos constituye los fondos propios de la entidad, que actúan como colchón frente a posibles desviaciones adversas.

El negocio asegurador presenta, además, diferencias significativas en función del tipo de seguro. En los seguros de vida, los compromisos suelen extenderse a largo plazo y

están estrechamente vinculados a variables financieras como los tipos de interés, lo que otorga un mayor peso al riesgo de mercado. En los seguros de no vida, los horizontes temporales son más reducidos y el riesgo técnico, asociado a la frecuencia y severidad de los siniestros, adquiere mayor relevancia.

Otro aspecto fundamental del modelo asegurador es la incertidumbre inherente a la estimación de siniestros futuros. A pesar del uso de técnicas actuariales y modelos estadísticos, existe siempre el riesgo de que las pérdidas reales difieran de las esperadas. Este riesgo de desviación puede afectar tanto a la suficiencia de las primas como a la adecuación de las provisiones técnicas, generando potenciales impactos sobre la solvencia de la entidad.

La gestión del negocio asegurador requiere, por tanto, un equilibrio constante entre la asunción de riesgos y la generación de rentabilidad. Una política de suscripción demasiado conservadora puede limitar el crecimiento y la rentabilidad de la entidad; una asunción excesiva de riesgos puede comprometer su estabilidad financiera y su cumplimiento de los requisitos regulatorios. Este trade-off entre riesgo y rentabilidad se sitúa en el centro de la toma de decisiones empresariales en el sector asegurador.

La gestión integrada de activos y pasivos (Asset-Liability Management, ALM) se convierte en una herramienta clave para garantizar la coherencia entre las inversiones realizadas y las obligaciones asumidas (Cummins & Weiss, 2014). A través del ALM, las aseguradoras buscan minimizar los desajustes entre los flujos de entrada y salida de efectivo, así como mitigar la exposición a riesgos financieros como las variaciones en los tipos de interés o en los mercados de capitales.

El funcionamiento del negocio asegurador se basa, así, en la interacción entre la asunción de riesgos, la gestión de inversiones y el cumplimiento de requisitos regulatorios. Esta complejidad pone de manifiesto la necesidad de contar con herramientas cuantitativas que permitan optimizar la relación entre rentabilidad y riesgo, facilitando la toma de decisiones en un entorno caracterizado por la incertidumbre y la regulación. La integración de modelos de medición del riesgo y de asignación óptima del capital adquiere una relevancia creciente dentro del sector, y resulta especialmente relevante analizar cómo estas herramientas pueden contribuir a mejorar el equilibrio entre rentabilidad y cumplimiento de los requisitos de solvencia.

### **2.3. GESTIÓN DEL RIESGO Y RISK APPETITE**

La gestión del riesgo constituye uno de los pilares fundamentales del funcionamiento de las entidades aseguradoras, especialmente en el contexto del marco regulatorio de Solvencia II (European Commission, 2009). Dado que la actividad aseguradora implica la asunción de riesgos de diversa naturaleza, técnicos, financieros, de crédito u operacionales, resulta imprescindible contar con sistemas estructurados que permitan su identificación, medición, control y seguimiento continuo.

En este sentido, Solvencia II no solo establece requerimientos cuantitativos de capital, sino que también introduce un enfoque integral de gestión del riesgo que afecta a la gobernanza y a la toma de decisiones estratégicas de las entidades. Este enfoque se materializa principalmente a través del Pilar II, que exige a las aseguradoras disponer de un sistema de gobierno sólido, así como de funciones clave independientes, entre las que destacan la gestión de riesgos, el cumplimiento normativo, la auditoría interna y la función actuarial (EIOPA, 2015).

Dentro de este marco, uno de los conceptos más relevantes es el denominado Risk Appetite o apetito de riesgo. Este concepto hace referencia al nivel y tipo de riesgo que una entidad está dispuesta a asumir en el desarrollo de su actividad con el objetivo de alcanzar sus metas estratégicas. En otras palabras, el Risk Appetite define los límites dentro de los cuales la aseguradora puede operar, equilibrando la búsqueda de rentabilidad con el mantenimiento de una posición de solvencia adecuada.

El establecimiento del apetito de riesgo implica la definición de umbrales cuantitativos y cualitativos que sirven como referencia para la toma de decisiones. Estos límites pueden expresarse, por ejemplo, en términos de ratio de solvencia, volatilidad de resultados, exposición a determinados activos o concentración de riesgos. Cuando estos umbrales son superados, se activan mecanismos de control que obligan a la entidad a revisar su estrategia o adoptar medidas correctoras.

Un elemento clave en este proceso es el ORSA (Own Risk and Solvency Assessment), que constituye una autoevaluación interna mediante la cual la entidad analiza su perfil de riesgo y su suficiencia de capital en distintos escenarios, incluidos aquellos que no están contemplados en la fórmula estándar del SCR. El ORSA permite incorporar una visión prospectiva del riesgo, alineando la estrategia empresarial con la capacidad real de absorción de pérdidas (EIOPA, 2015).

Además, la gestión del riesgo en las aseguradoras no se limita al cumplimiento regulatorio, sino que se integra en la operativa diaria de la entidad. Las decisiones relacionadas con la suscripción de pólizas, la política de inversiones o el uso del reaseguro están directamente condicionadas por el impacto que tienen sobre el perfil de riesgo y sobre el capital requerido. En este contexto, el riesgo deja de ser un elemento pasivo para convertirse en una variable activa en la toma de decisiones.

Asimismo, es importante destacar que existen riesgos que, aun siendo relevantes para la entidad, no se reflejan directamente en el cálculo del capital regulatorio bajo el Pilar I. Entre ellos se encuentran el riesgo de liquidez, el riesgo reputacional o el riesgo estratégico. Estos riesgos son, sin embargo, considerados dentro del marco de Risk Appetite y del ORSA, lo que refuerza la idea de que la gestión del riesgo va más allá de los modelos cuantitativos.

Desde una perspectiva empresarial, el Risk Appetite actúa como un puente entre la regulación y la estrategia. Permite traducir los requisitos regulatorios en directrices operativas concretas, facilitando la toma de decisiones coherentes con los objetivos de la entidad. En este sentido, el establecimiento de un apetito de riesgo adecuado resulta esencial para evitar tanto una asunción excesiva de riesgos, que podría comprometer la solvencia, como una postura excesivamente conservadora, que limitaría la rentabilidad y el crecimiento.

En definitiva, la gestión del riesgo y el concepto de Risk Appetite desempeñan un papel central en el modelo de negocio asegurador, condicionando tanto la planificación estratégica como la operativa diaria de las entidades. Este enfoque integrado pone de manifiesto la necesidad de contar con herramientas que permitan cuantificar y optimizar la exposición al riesgo, facilitando el equilibrio entre rentabilidad y solvencia en un entorno regulado y altamente competitivo.

En este sentido, la definición del apetito de riesgo pone de manifiesto la necesidad de contar con herramientas que permitan no solo limitar la exposición al riesgo, sino también optimizarla en función de los objetivos de rentabilidad de la entidad.

#### **2.4. MEDICIÓN DEL RIESGO: VALUE AT RISK**

La medición del riesgo constituye un elemento esencial en la gestión de las entidades aseguradoras, especialmente en un entorno regulado como el de Solvencia II, donde la

cuantificación del riesgo tiene un impacto directo sobre los requerimientos de capital y, en consecuencia, sobre la rentabilidad del negocio. En este contexto, el Value at Risk (VaR) se ha consolidado como una de las herramientas más utilizadas para estimar la exposición al riesgo financiero (Jorion, 2007).

El Value at Risk puede definirse como una medida estadística que estima la pérdida máxima esperada de una cartera o inversión en un horizonte temporal determinado y para un nivel de confianza específico. En otras palabras, el VaR responde a la pregunta de cuánto puede perder una entidad en condiciones normales de mercado con una determinada probabilidad. Por ejemplo, un VaR del 99% a un año de un millón de euros implica que existe un 1% de probabilidad de que las pérdidas superen dicha cantidad en ese periodo.

Esta medida resulta especialmente relevante en el ámbito asegurador, ya que permite traducir la incertidumbre asociada a los riesgos en una magnitud cuantificable, facilitando la toma de decisiones y la asignación de capital. De hecho, el propio marco de Solvencia II utiliza un enfoque equivalente al VaR para el cálculo del Capital de Solvencia Requerido (SCR), estableciendo un nivel de confianza del 99,5% a un horizonte de un año (UNESPA, 2015). Esto pone de manifiesto la estrecha relación entre la medición del riesgo y las exigencias regulatorias a las que están sujetas las aseguradoras.

Existen diferentes metodologías para el cálculo del VaR, cada una con sus propias ventajas y limitaciones. Entre las más utilizadas se encuentran el VaR paramétrico, que asume una distribución estadística, habitualmente normal, de los rendimientos; el VaR histórico, basado en la observación de datos pasados; y el VaR mediante simulación de Monte Carlo, que genera múltiples escenarios posibles a partir de determinadas hipótesis (McNeil, Frey y Embrechts, 2015).

A pesar de su amplia utilización, el VaR presenta ciertas limitaciones que deben ser consideradas en el análisis del riesgo. En particular, esta medida no captura adecuadamente las pérdidas extremas más allá del nivel de confianza seleccionado, lo que puede llevar a subestimar el riesgo en situaciones adversas. Asimismo, los resultados del VaR dependen en gran medida de las hipótesis empleadas, especialmente en el enfoque paramétrico, donde la suposición de normalidad puede

no reflejar adecuadamente el comportamiento real de los mercados financieros (Artzner et al., 1999; McNeil, Frey y Embrechts, 2015).

No obstante, a pesar de estas limitaciones, el VaR sigue siendo una herramienta fundamental en la gestión del riesgo, debido a su capacidad para sintetizar la exposición al riesgo en una única medida fácilmente interpretable. Esta característica resulta especialmente útil en el contexto del Risk Appetite, donde es necesario establecer límites claros y cuantificables que orienten la toma de decisiones.

En el ámbito asegurador, la utilización del VaR permite evaluar el impacto potencial de las decisiones de inversión, suscripción o reaseguro sobre el perfil de riesgo de la entidad. De este modo, se convierte en un instrumento clave para analizar el trade-off entre crecimiento del capital y solvencia, ya que un mayor nivel de riesgo puede traducirse en mayores expectativas de crecimiento, pero también en mayores requerimientos de capital.

En este sentido, el VaR no solo cumple una función de medición, sino que también actúa como un elemento central en la toma de decisiones estratégicas. Su integración en los procesos de gestión permite a las aseguradoras ajustar su exposición al riesgo en función de sus objetivos de crecimiento y de las restricciones impuestas por el marco regulatorio. Esta dualidad entre riesgo y retorno constituye, precisamente, uno de los aspectos fundamentales que este trabajo pretende analizar.

Por tanto, el Value at Risk se configura como una herramienta clave para comprender la relación entre riesgo, capital y crecimiento en el sector asegurador. Sin embargo, su carácter limitado pone de manifiesto la necesidad de complementar esta medida con otros enfoques que permitan optimizar la toma de decisiones bajo incertidumbre, abriendo la puerta a la incorporación de modelos adicionales, como el criterio de Kelly, que será analizado en los siguientes apartados.

Sin embargo, el carácter limitativo del VaR plantea la necesidad de complementar esta medida con enfoques que permitan determinar no solo cuánto riesgo asumir, sino también cuál es el nivel óptimo desde el punto de vista del crecimiento del capital a largo plazo.

## 2.5. CRITERIO DE KELLY

El criterio de Kelly es un modelo de optimización desarrollado originalmente en el ámbito de la teoría de la información y posteriormente aplicado en contextos financieros y de apuestas (Kelly, 1956). Su principal objetivo es determinar la proporción óptima del capital que debe invertirse en una oportunidad con el fin de maximizar el crecimiento del capital a largo plazo.

Desde un punto de vista conceptual, el criterio de Kelly establece que la fracción óptima de capital a invertir depende de la relación entre la rentabilidad esperada de una inversión y el riesgo asociado a la misma. A diferencia de otros enfoques más conservadores, el criterio de Kelly no busca minimizar el riesgo, sino optimizar la relación entre riesgo y retorno, maximizando el crecimiento esperado del capital a lo largo del tiempo.

Este enfoque resulta especialmente interesante en el contexto de la gestión financiera, donde la toma de decisiones se enfrenta constantemente a situaciones de incertidumbre. En este sentido, el criterio de Kelly ha sido utilizado en ámbitos como la gestión de carteras, el trading o las apuestas deportivas, donde permite determinar el tamaño óptimo de las posiciones en función de las probabilidades y los rendimientos esperados (MacLean, Thorp y Ziemba, 2011).

Sin embargo, a pesar de su relevancia en otros ámbitos, la aplicación del criterio de Kelly en el sector asegurador ha sido limitada. Esto puede explicarse, en parte, por la complejidad del entorno regulatorio y por la necesidad de cumplir con requisitos estrictos de solvencia, que condicionan la libertad de decisión de las entidades. En particular, el marco de Solvencia II impone restricciones de capital que obligan a las aseguradoras a considerar no solo la rentabilidad esperada, sino también el impacto de sus decisiones sobre el capital regulatorio.

No obstante, esta aparente limitación puede interpretarse también como una oportunidad. En lugar de considerar el criterio de Kelly como un modelo incompatible con el sector asegurador, es posible plantear su adaptación como una herramienta complementaria que permita mejorar la toma de decisiones dentro de los límites establecidos por la regulación. En este sentido, el criterio de Kelly podría utilizarse para determinar niveles óptimos de exposición al riesgo que maximicen el crecimiento del

capital, siempre que se respeten las restricciones de solvencia impuestas por el SCR y el marco de Risk Appetite.

Desde esta perspectiva, el interés del criterio de Kelly radica en su capacidad para formalizar el trade-off entre riesgo y retorno, proporcionando una referencia teórica sobre cuánto riesgo debería asumir una entidad para maximizar su crecimiento. Esta lógica encaja directamente con el problema central del negocio asegurador, donde las decisiones de inversión, suscripción o reaseguro implican continuamente elegir entre mayor crecimiento del capital o mayor seguridad.

En particular, la posible integración del criterio de Kelly con medidas de riesgo como el Value at Risk abre una línea de análisis especialmente relevante. Mientras que el VaR permite establecer límites al riesgo asumido, el criterio de Kelly podría aportar una referencia sobre el nivel óptimo de exposición dentro de esos límites. De este modo, ambas herramientas podrían complementarse, contribuyendo a una gestión más eficiente del capital.

Cabe destacar que, en este trabajo, el criterio de Kelly no se abordará desde un punto de vista estrictamente matemático, sino como un modelo conceptual orientado a la toma de decisiones. El objetivo no es desarrollar un modelo cuantitativo complejo, sino explorar su aplicabilidad en el contexto asegurador y analizar cómo puede contribuir a mejorar la gestión del equilibrio entre crecimiento del capital y solvencia.

En consecuencia, el criterio de Kelly se presenta como una herramienta potencialmente útil para enriquecer el análisis de la gestión del riesgo en el sector asegurador, aportando una perspectiva adicional sobre la asignación óptima del capital. Esta aproximación servirá como base para la propuesta conceptual que se desarrollará en los siguientes apartados, donde se analizará su integración con el Value at Risk y su posible aplicación en la toma de decisiones empresariales.

### **3. PROPUESTA DE MODELO**

#### **3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: EQUILIBRIO ENTRE CRECIMIENTO DEL CAPITAL Y SOLVENCIA**

El sector asegurador se enfrenta a un desafío fundamental que condiciona su funcionamiento y su toma de decisiones: la necesidad de equilibrar la búsqueda de rentabilidad con el cumplimiento de los requisitos de solvencia establecidos por el marco regulatorio. Este equilibrio constituye un elemento central en la gestión de las entidades, ya que cualquier decisión que implique una mayor asunción de riesgo puede traducirse en un incremento de la rentabilidad esperada, pero también en un aumento de las exigencias de capital.

Tal y como se ha analizado en los apartados anteriores, el modelo de negocio asegurador se basa en la asunción y gestión del riesgo, tanto desde el punto de vista técnico como financiero. Las entidades deben decidir de forma continua qué riesgos asumir, en qué medida y bajo qué condiciones, lo que afecta directamente a su perfil de riesgo y, por tanto, a su posición de solvencia. En este contexto, el marco de Solvencia II introduce un sistema en el que el capital requerido depende de la exposición al riesgo (European Commission, 2009), lo que refuerza la necesidad de gestionar de forma eficiente dicha exposición.

El Capital de Solvencia Requerido (SCR), basado en una medida equivalente al Value at Risk con un nivel de confianza del 99,5%, actúa como una restricción clave en la toma de decisiones. Un aumento en la exposición al riesgo, por ejemplo, mediante inversiones más volátiles o la suscripción de riesgos más elevados, puede incrementar la rentabilidad esperada, pero también elevar el SCR, reduciendo el ratio de solvencia de la entidad. Por el contrario, una política excesivamente conservadora puede mejorar la posición de solvencia, pero limitar significativamente el crecimiento y la rentabilidad.

Este trade-off entre rentabilidad y solvencia se manifiesta en múltiples ámbitos de la actividad aseguradora. En la política de inversiones, las entidades deben decidir entre activos más seguros, con menor rentabilidad, y activos más arriesgados, que pueden generar mayores retornos pero también mayor volatilidad. En la suscripción de riesgos, deben equilibrar la captación de negocio con la calidad del riesgo asumido. Asimismo, en el uso del reaseguro, deben decidir qué parte del riesgo retener y cuál transferir, teniendo en cuenta el impacto tanto en la rentabilidad como en el capital requerido.

A pesar de la relevancia de este problema, las herramientas tradicionalmente utilizadas en el sector se centran principalmente en la medición y limitación del riesgo, como es el caso del Value at Risk (Jorion, 2007). Sin embargo, estas herramientas no proporcionan una respuesta directa a la cuestión de cuál es el nivel óptimo de riesgo que una entidad debería asumir para maximizar su rentabilidad sin comprometer su solvencia. En otras palabras, permiten establecer límites, pero no necesariamente optimizar la toma de decisiones dentro de dichos límites.

En este contexto, el marco de Risk Appetite contribuye a definir el nivel de riesgo que la entidad está dispuesta a asumir, estableciendo umbrales y restricciones. No obstante, el apetito de riesgo no determina por sí mismo la asignación óptima del capital ni el nivel exacto de exposición que maximiza el crecimiento de la entidad. Esto pone de manifiesto la existencia de un espacio de decisión en el que la optimización del riesgo adquiere una especial relevancia.

Por tanto, el problema central que se plantea en este trabajo consiste en analizar cómo puede abordarse la gestión del riesgo desde una perspectiva no solo restrictiva, sino también optimizadora. Es decir, no se trata únicamente de limitar el riesgo para cumplir con la regulación, sino de determinar qué nivel de riesgo resulta más adecuado para alcanzar los objetivos de rentabilidad dentro de las restricciones de solvencia.

En este sentido, surge la necesidad de explorar modelos que permitan integrar ambas dimensiones, riesgo y rentabilidad, en un marco coherente de toma de decisiones. El criterio de Kelly, analizado en el apartado anterior, ofrece una base conceptual para abordar este problema, al proporcionar una referencia sobre la proporción óptima de capital a invertir en función de la relación entre riesgo y retorno. No obstante, su aplicación directa en el sector asegurador requiere ser adaptada al contexto regulatorio y a las métricas de riesgo utilizadas en la práctica, como el Value at Risk.

En consecuencia, el presente trabajo plantea la posibilidad de desarrollar un enfoque conceptual que combine ambas herramientas, con el objetivo de contribuir a una gestión más eficiente del equilibrio entre rentabilidad y solvencia. Este enfoque será desarrollado en los siguientes apartados, donde se analizará la adaptación del criterio de Kelly al contexto asegurador y su integración con las medidas de riesgo utilizadas en el marco de Solvencia II.

### **3.2 ADAPTACIÓN DEL CRITERIO DE KELLY AL CONTEXTO ASEGURADOR**

Tal y como se ha señalado en el apartado anterior, el criterio de Kelly (Kelly, 1956) proporciona una referencia teórica sobre la proporción óptima de capital que debería destinarse a una inversión con el objetivo de maximizar el crecimiento a largo plazo. No obstante, su aplicación directa en el sector asegurador presenta limitaciones derivadas del entorno regulatorio y de la naturaleza específica del negocio.

En este sentido, y a diferencia de los enfoques tradicionales basados en la rentabilidad esperada, el modelo propuesto se centra en la maximización del crecimiento del capital a largo plazo.

En particular, las entidades aseguradoras no pueden tomar decisiones de inversión o de asunción de riesgos de forma completamente libre, ya que deben cumplir con los requisitos de solvencia establecidos por el marco de Solvencia II. Esto implica que cualquier enfoque basado en la maximización del crecimiento debe ser necesariamente compatible con las restricciones de capital impuestas por la regulación.

En este contexto, resulta necesario plantear una adaptación del criterio de Kelly que tenga en cuenta las características propias del sector asegurador. En lugar de considerar únicamente decisiones de inversión aisladas, la actividad de una aseguradora puede entenderse como la combinación de dos fuentes principales de resultados: por un lado, el rendimiento de las inversiones financieras y, por otro, el resultado técnico derivado de la suscripción de riesgos.

Desde esta perspectiva, el crecimiento de la entidad no depende exclusivamente de la rentabilidad de los activos financieros, sino también de factores como el volumen de negocio suscrito, la calidad del riesgo asumido o la política de reaseguro. En consecuencia, la aplicación del criterio de Kelly en este contexto debe interpretarse como una herramienta conceptual que permite orientar decisiones conjuntas sobre inversión y suscripción.

Siguiendo esta lógica, puede considerarse que la entidad dispone de un conjunto de variables de decisión que determinan su exposición al riesgo, tales como la proporción de capital invertido en activos de mayor riesgo, el nivel de riesgo retenido en su cartera de seguros o el grado de transferencia de riesgo mediante reaseguro. Estas decisiones

influyen tanto en la rentabilidad esperada como en la volatilidad de los resultados, configurando el perfil de riesgo global de la entidad.

El criterio de Kelly, adaptado a este entorno, permitiría identificar una combinación de estas variables que maximice el crecimiento esperado del capital a largo plazo. Es decir, proporcionaría una referencia sobre cuál es el nivel de exposición al riesgo que, en términos agregados, resulta más eficiente desde el punto de vista de la generación de valor. Este enfoque ha sido ampliamente desarrollado en la literatura financiera, donde se ha analizado su aplicación en distintos contextos de inversión y gestión del capital (MacLean, Thorp y Ziemba, 2011).

Sin embargo, a diferencia de su aplicación en otros ámbitos, esta optimización no puede realizarse de forma independiente del contexto regulatorio. En el sector asegurador, cualquier aumento en la exposición al riesgo tiene un impacto directo sobre el capital requerido, lo que introduce una restricción adicional en el proceso de toma de decisiones. Por ello, la adaptación del criterio de Kelly debe entenderse como un enfoque condicionado por los límites establecidos por la solvencia.

En este sentido, el modelo conceptual que se propone no pretende sustituir las herramientas existentes, sino complementarlas. Mientras que el marco de Solvencia II y las métricas como el Value at Risk permiten cuantificar y limitar el riesgo, el criterio de Kelly puede aportar una referencia sobre cómo optimizar la exposición dentro de dichos límites. De este modo, se pasa de una lógica puramente restrictiva a una lógica de optimización.

Asimismo, es importante destacar que esta adaptación no se plantea desde un punto de vista estrictamente matemático, sino como un marco conceptual orientado a la toma de decisiones. El objetivo no es determinar una fórmula exacta aplicable en todos los casos, sino proporcionar una estructura que permita analizar de forma integrada la relación entre riesgo, rentabilidad y capital.

En definitiva, la adaptación del criterio de Kelly al contexto asegurador permite abordar el problema central identificado en este trabajo desde una perspectiva innovadora. Al considerar de forma conjunta la rentabilidad esperada y la exposición al riesgo, este enfoque ofrece una base conceptual para mejorar la toma de decisiones en un entorno en el que el crecimiento debe estar necesariamente alineado con el cumplimiento de los requisitos de solvencia.

### 3.3 INTEGRACIÓN DEL MODELO CON EL VALUE AT RISK

La adaptación del criterio de Kelly al contexto asegurador, planteada en el apartado anterior, permite identificar una referencia teórica sobre el nivel de exposición al riesgo que maximiza el crecimiento esperado de la entidad. No obstante, esta aproximación resulta incompleta si no se incorpora explícitamente la restricción que impone el marco regulatorio en términos de solvencia.

Tal y como se ha analizado previamente, el Value at Risk (VaR) constituye una de las principales herramientas utilizadas para medir el riesgo en el sector asegurador (Jorion, 2007), siendo además la base conceptual del cálculo del Capital de Solvencia Requerido (SCR) en Solvencia II. En este sentido, el VaR no solo actúa como una medida de riesgo, sino también como un límite que condiciona la toma de decisiones de las entidades.

La integración del criterio de Kelly con el Value at Risk permite, por tanto, combinar dos perspectivas complementarias. Por un lado, el criterio de Kelly proporciona una referencia sobre el nivel de riesgo que maximiza el crecimiento a largo plazo. Por otro, el VaR establece un umbral máximo de pérdidas aceptables en función de la capacidad de la entidad para absorberlas sin comprometer su solvencia.

Desde un punto de vista conceptual, esta integración puede interpretarse como un proceso de optimización sujeto a restricciones. Es decir, la entidad buscaría maximizar su crecimiento esperado —siguiendo la lógica del criterio de Kelly—, pero limitando su exposición al riesgo de manera que el nivel de pérdidas potenciales, medido a través del VaR, no supere un determinado umbral coherente con su nivel de capital y su apetito de riesgo.

Este enfoque permite transformar el problema de la gestión del riesgo en una cuestión de equilibrio entre dos dimensiones: la maximización del crecimiento del capital y el cumplimiento de los límites de solvencia. En la práctica, esto implica que no todas las combinaciones de decisiones que maximizan el crecimiento son viables, ya que algunas podrían generar niveles de riesgo incompatibles con los requisitos regulatorios.

En este contexto, el Value at Risk actúa como una restricción que modera la aplicación del criterio de Kelly. Cuando la exposición al riesgo es reducida, la entidad podría aproximarse a la solución óptima de crecimiento sugerida por Kelly. Sin embargo, a

medida que el riesgo aumenta y se acerca a los límites establecidos por el VaR, la entidad se ve obligada a adoptar una postura más conservadora, reduciendo su exposición para mantenerse dentro de los niveles de solvencia requeridos.

Este mecanismo refleja una dinámica coherente con la realidad del sector asegurador, donde las decisiones no pueden basarse únicamente en la maximización del crecimiento del capital, sino que deben estar condicionadas por la necesidad de garantizar la estabilidad financiera. En este sentido, la combinación de ambos enfoques permite pasar de una gestión del riesgo basada exclusivamente en límites a una gestión orientada a la optimización dentro de dichos límites.

Además, esta integración resulta especialmente relevante en el marco del Risk Appetite, donde las entidades establecen umbrales de riesgo alineados con su estrategia. El VaR puede interpretarse como una formalización cuantitativa de estos límites, mientras que el criterio de Kelly aporta una referencia para posicionarse dentro de ese espacio de decisión.

Por tanto, la combinación del criterio de Kelly y el Value at Risk permite construir un enfoque coherente para la toma de decisiones en el sector asegurador, en el que la exposición al riesgo se determina no solo por la necesidad de cumplir con la regulación, sino también por la búsqueda de una asignación eficiente del capital. Este planteamiento constituye la base del modelo conceptual propuesto en este trabajo, orientado a mejorar la gestión del equilibrio entre rentabilidad y solvencia.

### **3.4 INTERPRETACIÓN ECONÓMICA DEL MODELO PROPUESTO**

El modelo conceptual planteado en los apartados anteriores puede interpretarse como un enfoque integrado de toma de decisiones en el que se combinan la maximización del crecimiento del capital y el control del riesgo bajo restricciones de solvencia. Desde un punto de vista económico, este modelo permite analizar de forma conjunta las principales decisiones que configuran el perfil de riesgo y rentabilidad de una entidad aseguradora.

Siguiendo la lógica del criterio de Kelly, el objetivo del modelo es maximizar el crecimiento esperado del capital a largo plazo. En este contexto, el crecimiento puede aproximarse mediante una expresión que combina la rentabilidad esperada y la varianza de los resultados, reflejando cómo la volatilidad actúa como un factor de

penalización en el crecimiento del capital. Esta aproximación permite trasladar la intuición del criterio de Kelly a un entorno operativo en el que el riesgo y la rentabilidad se analizan de forma conjunta.

De forma más precisa, el modelo puede expresarse mediante la siguiente formulación matemática:

**Ecuación (1)** Formulación unificada del modelo Kelly–VaR

$$\max \left( \mu_x - \frac{1}{2} \sigma_x^2 \right) \quad \text{sujeto a} \quad -\mu_x + z_\alpha \sigma_x \leq C$$

donde:

$\mu_x$  representa la rentabilidad esperada del resultado agregado de la entidad;

$\sigma_x$  su desviación típica, siendo  $\sigma_x^2$  la varianza;

$z_\alpha$  el cuantil correspondiente al nivel de confianza considerado (por ejemplo, 99,5% en el marco de Solvencia II);

C el capital disponible para absorber pérdidas, interpretable como el Capital de Solvencia Requerido (SCR).

La ecuación central del modelo combina dos elementos fundamentales. El término  $\mu_x - \frac{1}{2}\sigma_x^2$  representa una aproximación al crecimiento esperado del capital según el criterio de Kelly, en la que la rentabilidad esperada se ajusta por el riesgo a través de la varianza. Por su parte, la restricción  $-\mu_x + z_\alpha \sigma_x \leq C$  refleja el límite impuesto por el Value at Risk, garantizando que la pérdida extrema estimada no supere el capital disponible.

De este modo, el modelo integra en una única formulación la lógica de crecimiento y la restricción de solvencia. Conceptualmente, esta estructura es equivalente a introducir un término de penalización por riesgo en la función de crecimiento, similar a los enfoques de optimización con restricciones. En este sentido, la solución del modelo puede interpretarse como una combinación ponderada entre el posicionamiento óptimo según el criterio de Kelly y el ajuste necesario para cumplir con las limitaciones impuestas por el Value at Risk.

Esta formulación permite observar que la maximización del crecimiento basada exclusivamente en el criterio de Kelly puede dar lugar a niveles de riesgo incompatibles con los requisitos de solvencia, mientras que una gestión centrada únicamente en el control del Value at Risk puede conducir a una infrautilización del capital disponible. En consecuencia, el modelo integrado permite identificar un punto intermedio en el que se optimiza la relación entre crecimiento del capital y de solvencia.

En el contexto asegurador, este crecimiento está determinado por la combinación de dos fuentes principales de resultados: el rendimiento de las inversiones financieras y el resultado técnico derivado de la actividad aseguradora. Por un lado, la asignación de una mayor proporción del capital a activos con mayor riesgo puede incrementar la rentabilidad esperada, pero también aumenta la volatilidad y, por tanto, el riesgo de pérdidas. Por otro lado, el nivel de riesgo retenido en la cartera de seguros condicionado, entre otros factores, por el uso del reaseguro, afecta tanto al margen técnico esperado como a la variabilidad de los resultados.

Desde esta perspectiva, las principales variables de decisión del modelo pueden interpretarse como palancas estratégicas de la entidad. En particular, la proporción de inversión en activos de riesgo y el grado de retención del riesgo asegurador determinan conjuntamente el perfil de riesgo global. Un mayor nivel de exposición en cualquiera de estas dimensiones puede contribuir al crecimiento esperado, pero también incrementa la probabilidad de desviaciones adversas.

No obstante, esta búsqueda de crecimiento se encuentra condicionada por la necesidad de cumplir con los requisitos de solvencia. En este sentido, la introducción del Value at Risk como restricción en el modelo permite limitar el nivel de pérdidas potenciales a un umbral compatible con el capital disponible y con el marco regulatorio. Este límite actúa como un mecanismo de disciplina que impide que la entidad adopte niveles de riesgo excesivos, incluso si estos pudieran resultar atractivos desde el punto de vista de la rentabilidad esperada.

La interacción entre ambos elementos, maximización del crecimiento y restricción de riesgo, genera un equilibrio óptimo en el que la entidad se posiciona en el nivel de riesgo más eficiente posible dentro de los límites establecidos por la solvencia. En términos económicos, esto implica que la entidad no se sitúa necesariamente en el punto de

menor riesgo ni en el de mayor crecimiento esperado, sino en aquel que optimiza la relación entre ambas variables.

Este equilibrio puede ilustrarse mediante ejemplos numéricos en los que, manteniendo constante el capital disponible y el nivel de confianza, diferentes combinaciones de rentabilidad y volatilidad conducen a resultados distintos en términos de cumplimiento del VaR y crecimiento esperado, poniendo de manifiesto la necesidad de un enfoque integrado en la toma de decisiones.

Este enfoque resulta especialmente útil para interpretar decisiones clave en el sector asegurador. Por ejemplo, en la política de inversiones, el modelo permite analizar hasta qué punto es conveniente incrementar la exposición a activos más volátiles, teniendo en cuenta su impacto sobre el capital requerido. De forma similar, en la gestión del reaseguro, permite evaluar el grado óptimo de transferencia de riesgo, equilibrando la reducción de la volatilidad con la pérdida de margen técnico. Asimismo, en la estrategia de suscripción, facilita la valoración del crecimiento del negocio en función de la calidad del riesgo asumido.

Además, la inclusión de elementos como la correlación entre riesgos financieros y técnicos permite enriquecer el análisis, ya que pone de manifiesto la importancia de la diversificación. En situaciones en las que ambos tipos de riesgo están positivamente correlacionados, el riesgo agregado aumenta, lo que puede exigir una postura más conservadora. Por el contrario, cuando existe diversificación, la entidad puede asumir mayores niveles de exposición sin comprometer su posición de solvencia.

En definitiva, el modelo propuesto puede entenderse como una herramienta conceptual que permite integrar de forma coherente los principales elementos de la gestión del riesgo en el sector asegurador. Al combinar una lógica de optimización del crecimiento con una restricción basada en el control del riesgo, este enfoque ofrece una base para mejorar la toma de decisiones estratégicas en un entorno caracterizado por la incertidumbre, la regulación y la necesidad de equilibrar rentabilidad y solvencia.

Cabe destacar que, aunque la formulación del modelo pueda interpretarse como una restricción relativamente exigente desde el punto de vista del Value at Risk, la incorporación del criterio de Kelly, incluso de forma parcial, resulta especialmente relevante en el sector asegurador. Dado que las entidades operan habitualmente con

márgenes de beneficio reducidos, pequeñas mejoras en la asignación eficiente del capital pueden tener un impacto significativo en el crecimiento del capital a largo plazo.

La inclusión de un componente orientado a la optimización del crecimiento permite evitar situaciones en las que una gestión excesivamente conservadora del riesgo conduzca a una infrautilización del capital disponible. Así, incluso una ligera ponderación hacia criterios de crecimiento puede marcar la diferencia entre un modelo de negocio simplemente solvente y uno verdaderamente rentable.

Este enfoque resulta coherente con una visión más amplia de sostenibilidad del negocio asegurador en el largo plazo. No solo se trata de cumplir con los requisitos regulatorios, sino de garantizar que el capital se asigna de manera eficiente, generando valor para los distintos grupos de interés. En este contexto, la gestión del riesgo y del capital puede alinearse con principios de sostenibilidad y buen gobierno (ESG), contribuyendo a que el sector asegurador siga siendo un destino atractivo para la inversión y un pilar estable dentro del sistema financiero.

## **4. APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MODELO**

### **4.1 APLICACIÓN DEL MODELO AL RISK APPETITE EN ENTIDADES ASEGURADORAS**

El concepto de Risk Appetite constituye uno de los pilares fundamentales en la gestión del riesgo dentro de las entidades aseguradoras. En el marco de Solvencia II, el apetito de riesgo define el nivel de exposición que una entidad está dispuesta a asumir en función de sus objetivos estratégicos, su capacidad de absorción de pérdidas y las exigencias regulatorias (EIOPA, 2013). En este sentido, el Risk Appetite actúa como un marco de referencia que guía la toma de decisiones en materia de inversión, suscripción y gestión del capital.

Tradicionalmente, el Risk Appetite se ha implementado mediante la definición de límites y métricas de riesgo, tales como ratios de solvencia, límites de Value at Risk o restricciones sobre determinadas exposiciones. Sin embargo, este enfoque presenta una limitación relevante, ya que se centra principalmente en la restricción del riesgo, sin proporcionar una referencia clara sobre cuál es el nivel óptimo de exposición desde el punto de vista de la rentabilidad (Jorion, 2007).

El modelo propuesto en este trabajo permite enriquecer el marco de Risk Appetite al introducir una dimensión adicional orientada a la optimización. En lugar de limitarse a establecer umbrales máximos de riesgo, el modelo permite identificar el nivel de exposición que maximiza el crecimiento esperado del capital, siempre dentro de los límites compatibles con la solvencia.

De este modo, el Risk Appetite puede reinterpretarse no solo como un conjunto de restricciones, sino como un espacio de decisión dentro del cual la entidad busca posicionarse de forma eficiente. El Value at Risk seguiría actuando como una frontera que delimita dicho espacio, mientras que el criterio de Kelly proporcionaría una referencia sobre la asignación óptima del capital dentro de ese marco (Kelly, 1956).

Desde una perspectiva práctica, esta integración permite mejorar la coherencia entre la estrategia de la entidad y su gestión del riesgo. Por ejemplo, en el ámbito de las inversiones, el modelo facilita la determinación de la proporción óptima de activos de riesgo en función del impacto que estos tienen tanto en la rentabilidad esperada como en el capital requerido.

De forma similar, en la suscripción de riesgos, permite evaluar el crecimiento del negocio en función de su contribución al perfil global de riesgo y a los objetivos de solvencia.

En la gestión del reaseguro, el modelo aporta una herramienta conceptual para analizar el grado óptimo de transferencia de riesgo. Una mayor cesión de riesgo puede reducir la volatilidad y mejorar la posición de solvencia, pero también implica una reducción del margen técnico. El enfoque propuesto permite evaluar este equilibrio de manera más estructurada, considerando simultáneamente el impacto sobre la rentabilidad y el riesgo.

En este sentido, el modelo resulta especialmente útil para su integración en la definición de límites estratégicos y en la toma de decisiones de la entidad, permitiendo alinear los objetivos de crecimiento con las restricciones de solvencia.

Además, este enfoque es coherente con una visión más amplia de gestión del capital orientada a la creación de valor sostenible. Al permitir una asignación más eficiente del capital, el modelo contribuye a mejorar la rentabilidad ajustada al riesgo, lo que resulta clave en un entorno caracterizado por la presión regulatoria y los reducidos márgenes del sector asegurador.

La aplicación del modelo propuesto al marco de Risk Appetite permite evolucionar desde un enfoque basado exclusivamente en la limitación del riesgo hacia un enfoque orientado a la optimización, en el que la exposición al riesgo se convierte en una variable estratégica al servicio de los objetivos de rentabilidad y solvencia de la entidad.

#### **4.2 PROCESOS DE APROBACIÓN DE RIESGOS Y TOMA DE DECISIONES**

La implementación efectiva del Risk Appetite en las entidades aseguradoras requiere su integración en los procesos internos de toma de decisiones. Más allá de la definición teórica de límites y métricas, es necesario que estos principios se trasladen a mecanismos operativos que permitan evaluar de forma sistemática la adecuación de cada decisión al perfil de riesgo de la entidad.

Las compañías aseguradoras desarrollan procesos formales de aprobación de riesgos que actúan como un filtro previo a la adopción de decisiones relevantes. Estos procesos permiten analizar el impacto de determinadas actuaciones, como la

suscripción de nuevos riesgos, la modificación de estrategias de inversión o los cambios en programas de reaseguro, sobre variables clave como la rentabilidad esperada, la volatilidad de los resultados y el capital requerido.

En la práctica, estos mecanismos pueden adoptar distintas denominaciones y estructuras organizativas según la entidad. Por ejemplo, en algunas compañías del sector asegurador, como AXA, estos procesos pueden estructurarse a través de mecanismos formales de aprobación de riesgos, comúnmente denominados procesos de aprobación de riesgos (PAP), lo que refleja la importancia de formalizar y sistematizar la toma de decisiones en materia de riesgo. A través de estos marcos, las decisiones son evaluadas no solo desde el punto de vista de su viabilidad técnica o comercial, sino también en función de su coherencia con el apetito de riesgo y con las restricciones regulatorias.

Más allá de su denominación concreta, estos procesos comparten una lógica común: garantizar que la asunción de riesgos se realiza de forma controlada, coherente y alineada con la estrategia de la entidad. En este sentido, el Risk Appetite deja de ser un concepto abstracto para convertirse en un criterio operativo que condiciona las decisiones reales.

El modelo propuesto en este trabajo puede integrarse como una herramienta de apoyo dentro de los procesos de aprobación de riesgos. Mientras que los enfoques tradicionales se centran en verificar el cumplimiento de determinados límites, por ejemplo, en términos de Value at Risk o ratios de solvencia, el modelo permite introducir una dimensión adicional orientada a la optimización.

La formulación basada en la combinación del criterio de Kelly y el Value at Risk permite evaluar no solo si una decisión es aceptable desde el punto de vista del riesgo, sino si es eficiente en términos de generación de valor. Esto supone un cambio relevante en la lógica de decisión, ya que no se trata únicamente de evitar incumplimientos, sino de identificar aquellas decisiones que mejoran la relación entre rentabilidad y riesgo.

Por ejemplo, ante una propuesta de incremento en la exposición a determinados activos o de expansión del negocio asegurador en un segmento concreto, el modelo permitiría analizar si dicha decisión contribuye de forma óptima al crecimiento del capital dentro de los límites de solvencia. Del mismo modo, en decisiones relacionadas con el reaseguro, permitiría evaluar el grado de transferencia de riesgo que maximiza

la eficiencia del capital, evitando tanto una exposición excesiva como una cesión innecesaria de margen técnico.

De este modo, los procesos de aprobación de riesgos evolucionan desde un enfoque puramente restrictivo hacia un enfoque más estratégico, en el que el riesgo se gestiona como una variable que puede optimizarse en función de los objetivos de la entidad. Esto resulta especialmente relevante en un entorno caracterizado por la presión regulatoria y los reducidos márgenes del sector asegurador.

La integración del modelo propuesto en los procesos de aprobación de riesgos permite reforzar la coherencia entre el Risk Appetite, la toma de decisiones y la creación de valor, contribuyendo a una gestión más eficiente, estructurada y alineada con los objetivos estratégicos de la entidad.

#### **4.3 APLICACIÓN DEL MODELO A LA TOMA DE DECISIONES ESTRATÉGICAS**

La integración del modelo propuesto en la gestión del riesgo asegurador permite extender su aplicación más allá de los procesos operativos, incorporándolo directamente en la toma de decisiones estratégicas de la entidad. En este sentido, el modelo no solo actúa como una herramienta de control, sino como un elemento que contribuye a orientar la estrategia empresarial en un entorno caracterizado por la incertidumbre, la presión regulatoria y la necesidad de equilibrar rentabilidad y solvencia.

En particular, la combinación del criterio de Kelly y el Value at Risk permite abordar de forma más completa decisiones clave relacionadas con la asignación de capital, el crecimiento del negocio y la política de inversiones. Al integrar en una misma formulación la rentabilidad esperada y el riesgo asumido, el modelo facilita la identificación de aquellas estrategias que contribuyen de manera más eficiente a la creación de valor.

En el ámbito de la planificación estratégica, este enfoque permite analizar distintos escenarios de crecimiento, evaluando su impacto tanto en la rentabilidad como en el consumo de capital. De este modo, la entidad puede comparar alternativas estratégicas no solo en términos de volumen de negocio, sino en función de su eficiencia desde la

perspectiva riesgo-retorno, seleccionando aquellas que maximizan el crecimiento del capital sin comprometer la estabilidad financiera.

En la asignación de capital entre distintas líneas de negocio o tipos de activos, el modelo aporta un criterio adicional que permite priorizar aquellas áreas que ofrecen una mejor combinación de rentabilidad y riesgo. Esto resulta especialmente relevante en un entorno en el que el capital es un recurso limitado y sujeto a exigencias regulatorias estrictas, lo que obliga a una utilización eficiente del mismo.

Por otro lado, el modelo también permite aportar una visión más estructurada en la definición de políticas de inversión, facilitando el análisis del nivel óptimo de exposición a activos de mayor riesgo en función de su impacto sobre el capital requerido y la volatilidad de los resultados. De igual forma, en la estrategia de suscripción, permite valorar el crecimiento del negocio en función de la calidad del riesgo asumido, evitando estrategias basadas únicamente en el incremento del volumen.

La aplicación del modelo propuesto permite incorporar una lógica cuantitativa en la definición de la estrategia empresarial, facilitando la toma de decisiones más informadas y coherentes con el marco de solvencia. De este modo, la entidad no solo asegura el cumplimiento de los requisitos regulatorios, sino que orienta su crecimiento hacia combinaciones más eficientes de rentabilidad y riesgo, reforzando su posicionamiento en el largo plazo. Este comportamiento puede ilustrarse mediante simulaciones numéricas que permiten analizar el conjunto de combinaciones posibles entre rentabilidad y riesgo, así como la restricción impuesta por el capital disponible (véase Anexo A).

## 5. CONCLUSIONES

El presente trabajo ha analizado la aplicación de modelos cuantitativos en la gestión del riesgo dentro del marco de Solvencia II, con el objetivo de evaluar su contribución a la optimización del capital y a la estabilidad financiera de las entidades aseguradoras. A lo largo del estudio, se ha puesto de manifiesto que la gestión del riesgo en este sector no puede entenderse únicamente como un ejercicio de control o limitación, sino como un elemento central en la generación de valor y en la definición de la estrategia empresarial.

En este contexto, el marco regulatorio de Solvencia II introduce un enfoque basado en riesgos que condiciona de manera significativa la toma de decisiones de las entidades, especialmente a través de métricas como el Value at Risk y el Capital de Solvencia Requerido (SCR). Estas herramientas permiten garantizar la solvencia y la capacidad de las entidades para hacer frente a escenarios adversos, pero al mismo tiempo pueden dar lugar a enfoques excesivamente conservadores si no se complementan con criterios orientados a la eficiencia en la asignación del capital.

A partir de esta premisa, uno de los principales aportes de este trabajo ha sido la propuesta de un modelo conceptual que integra la lógica del criterio de Kelly, centrada en la maximización del crecimiento del capital, con una restricción basada en el Value at Risk, representativa de los límites regulatorios. Esta combinación permite abordar de forma conjunta dos dimensiones que tradicionalmente se han tratado de manera separada: la rentabilidad y la solvencia.

Los resultados del análisis sugieren que la optimización del crecimiento del capital no es necesariamente incompatible con el cumplimiento de los requisitos regulatorios. Por el contrario, el modelo pone de manifiesto que las combinaciones más eficientes de rentabilidad y riesgo son, en muchos casos, aquellas que también cumplen con las restricciones de solvencia, lo que refuerza la idea de que una gestión adecuada del riesgo puede contribuir positivamente a la creación de valor.

Asimismo, se ha evidenciado que la integración de este enfoque en marcos como el Risk Appetite y en los procesos internos de aprobación de riesgos permite evolucionar desde una gestión basada exclusivamente en límites hacia un enfoque más estratégico, en el que el riesgo se convierte en una variable que puede optimizarse. Esto resulta especialmente relevante en un sector caracterizado por márgenes reducidos, donde

pequeñas mejoras en la asignación del capital pueden tener un impacto significativo en la rentabilidad.

Desde una perspectiva práctica, el modelo propuesto ofrece una herramienta conceptual que puede contribuir a mejorar la coherencia entre la gestión del riesgo, la asignación de capital y la toma de decisiones estratégicas. Si bien su aplicación directa requiere simplificaciones y adaptaciones, su valor reside en la capacidad de aportar una lógica estructurada que facilite la evaluación conjunta de rentabilidad y riesgo en un entorno regulado.

Por otro lado, el trabajo también pone de relieve la importancia de adoptar una visión de largo plazo en la gestión del negocio asegurador. En este sentido, la eficiencia en la utilización del capital no solo responde a criterios financieros o regulatorios, sino que se vincula con la capacidad de las entidades para generar valor de forma sostenida. Esta perspectiva conecta con enfoques actuales de sostenibilidad y buen gobierno (ESG), en los que la adecuada gestión del riesgo y del capital se convierte en un elemento clave para garantizar la estabilidad del sector y su atractivo para los inversores.

En definitiva, el análisis realizado permite concluir que la integración de modelos cuantitativos en la gestión del riesgo, cuando se orienta no solo al control sino también a la optimización, constituye una vía relevante para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad del negocio asegurador. El equilibrio entre el crecimiento de capital y la solvencia no debe entenderse como una restricción, sino como un elemento central en la toma de decisiones, capaz de generar ventajas competitivas en un entorno cada vez más exigente.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J. M., & Heath, D. (1999). *Coherent Measures of Risk*. Mathematical Finance.
- Cummins, J. D., & Weiss, M. A. (2014). *Systemic Risk and the U.S. Insurance Sector*. Journal of Risk and Insurance.
- EIOPA (2013). *Guidelines on System of Governance*. European Insurance and Occupational Pensions Authority.
- EIOPA (2014). *The underlying assumptions in the standard formula for the Solvency Capital Requirement calculation*.
- EIOPA (2015). *Guidelines on Own Risk and Solvency Assessment (ORSA)*.
- EIOPA (2020). *Solvency II*.
- European Commission (2009). *Directive 2009/138/EC (Solvency II)*.
- Jorion, P. (2007). *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*. McGraw-Hill.
- Kelly, J. L. (1956). *A New Interpretation of Information Rate*. Bell System Technical Journal.
- MacLean, L. C., Thorp, E. O., & Ziemba, W. T. (2011). *The Kelly Capital Growth Investment Criterion: Theory and Practice*. World Scientific.
- McNeil, A. J., Frey, R., & Embrechts, P. (2015). *Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques and Tools (Revised Edition)*. Princeton University Press.
- PwC (2023). *Informe sobre los riesgos del sector seguros 2023*. PricewaterhouseCoopers España.
- PwC & CSFI (2025). *Insurance Banana Skins 2025: Risks facing insurers*. PricewaterhouseCoopers España.
- UNESPA (2015). *Solvencia II. De un vistazo*.

UNESPA (2022). *Solvencia II. De un vistazo*. Unión Española de Entidades Aseguradoras  
y Reaseguradoras

## 7. ANEXOS

### ANEXO A. SIMULACIÓN MONTE CARLO DEL MODELO KELLY-VaR

Con el objetivo de ilustrar de forma cuantitativa el comportamiento del modelo propuesto, se ha llevado a cabo una simulación Monte Carlo en la que se generan distintas combinaciones de rentabilidad esperada y volatilidad dentro de rangos representativos del sector asegurador.

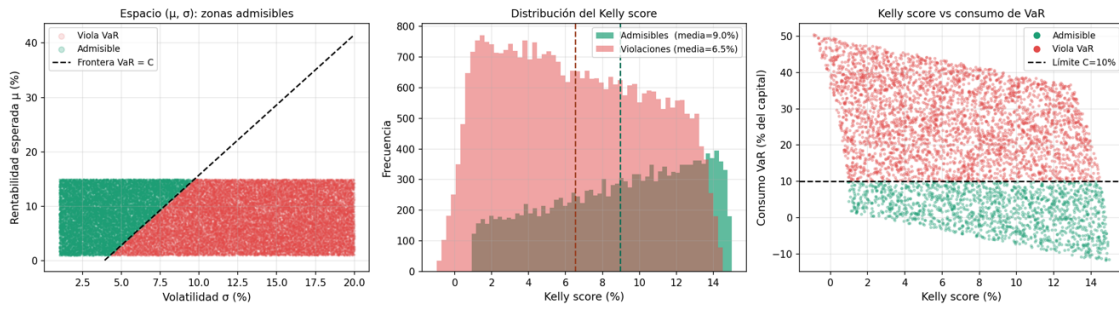
En concreto, se han simulado 50.000 escenarios en los que la rentabilidad esperada ( $\mu$ ) varía entre el 1% y el 15%, mientras que la volatilidad ( $\sigma$ ) oscila entre el 1% y el 20%. Por su parte, el capital disponible (C) se fija en el 10%, en línea con una aproximación simplificada del Capital de Solvencia Requerido (SCR), y se utiliza un cuantil  $z_a = 2,576$  correspondiente a un nivel de confianza del 99,5%, coherente con el marco de Solvencia II.

Para cada escenario, se calcula el valor del criterio de Kelly, aproximado como  $\mu - \frac{1}{2}\sigma^2$ , así como el consumo de capital derivado del Value at Risk, definido como  $-\mu + z_a\sigma$ . A partir de estos valores, se clasifica cada escenario en función de si cumple o no la restricción de solvencia, es decir, si el consumo de VaR no supera el capital disponible.

Los resultados obtenidos muestran que aproximadamente un 31,5% de los escenarios simulados cumplen con la restricción de solvencia, lo que pone de manifiesto el carácter restrictivo del marco regulatorio. No obstante, los escenarios admisibles presentan, en promedio, valores más elevados del criterio de Kelly, lo que sugiere que el cumplimiento de las restricciones de riesgo no implica necesariamente una menor eficiencia en términos de crecimiento del capital.

A continuación, se presentan los principales resultados gráficos de la simulación, que permiten visualizar tanto el espacio de combinaciones admisibles como la relación entre el criterio de Kelly y el consumo de capital.

**Simulación Monte Carlo: Modelo Kelly + VaR para aseguradoras**  
**C = 10% |  $z_{\alpha} = 2.576$  | N = 50,000 simulaciones**



**Figura A1. Resultados de la simulación Monte Carlo del modelo Kelly-VaR**

La figura muestra, de izquierda a derecha, el espacio de combinaciones admisibles, la distribución del criterio de Kelly y la relación entre dicho criterio y el consumo de capital.

Nota: La simulación y los gráficos presentados en este anexo han sido generados con el apoyo de herramientas de inteligencia artificial, en particular Claude (Anthropic), utilizadas como apoyo técnico en la generación de los gráficos.

## 8. DECLARACIÓN DE USO DE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA EN TRABAJOS FIN DE GRADO

Por la presente, yo, Alejandra Catalán Sánchez, estudiante de Administración y Dirección de Empresas en inglés de la Universidad Pontificia Comillas, al presentar mi Trabajo Fin de Grado titulado “Crecimiento y solvencia en el sector asegurador en el marco de Solvencia II: un modelo de optimización basado en el criterio de Kelly y el Value at Risk”, declaro que he utilizado la herramienta de Inteligencia Artificial Generativa ChatGPT u otras similares de IAG de código sólo en el contexto de las actividades descritas a continuación:

- **Brainstorming de ideas de investigación:** Utilizado para idear y esbozar posibles áreas de investigación.
- **Crítico:** Para encontrar contra-argumentos a una tesis específica que pretendo defender.
- **Metodólogo:** Para descubrir métodos aplicables a problemas específicos de investigación.
- **Constructor de plantillas:** Para diseñar formatos específicos para secciones del trabajo.
- **Corrector de estilo literario y de lenguaje:** Para mejorar la calidad lingüística y estilística del texto.
- **Revisor:** Para recibir sugerencias sobre cómo mejorar y perfeccionar el trabajo con diferentes niveles de exigencia.
- **Traductor:** Para traducir textos de un lenguaje a otro.

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

Fecha: 26 de marzo de 2026

Firma: 