Universidad Rey Juan Carlos

Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales

Departamento de Economía de la Empresa

Tesis Doctoral

Una aproximación al proceso de construcción y optimización de carteras de una compañía aseguradora

Doctorando:

Jesús Martínez Rodríguez

Dirigida por:

Prof. Dra. Dª. Ana Belén Alonso Conde

Prof. Dra. Dª. Raquel Quiroga García

Febrero 2017

AGRADECIMIENTOS

Este camino, que comencé a transitar hace mucho, lo recorrieron otros antes que yo. Muchos compartieron parte de esa senda conmigo, y algunos aún siguen a mi lado. Es un buen momento para recordarlos a todos, y agradecérselo.

A Ana y Raquel, mis tutoras, deben atribuírseles todas y cada una de las virtudes de este texto. Si existe un premio a la paciencia, sin duda lo merecen. El mío ha sido conocerlas.

He tenido muchos profesores y, entre ellos, buenos maestros, de esos con los que la lección comenzaba cuando cerraban el libro de texto. Lourdes me enseñó que no hay que tener miedo de querer saber. Y Reyes, que la poesía es un arma cargada de futuro.

No debo olvidar a los excelentes profesionales y mejores amigos que tuvieron la paciencia de responder a mis interminables preguntas: Alejandro Sánchez, Alejandro Mateos, Roberto, Miguel Ángel, Víctor, Patricia, Alfonso, Ana... Cometo la injusticia de dejar a muchos fuera de esta lista, pero no será el caso de Nacho Perea.

También se lo agradezco a mis padres, que nos dieron siempre todo lo que no tenían porque vieron en nosotros todo lo que hoy veo en mis hijos. Pelea, Fito. Estaré a tu derecha, siempre dispuesto, siempre.

A mis estrellas, Óliver y Darío, sin cuya ayuda y dedicación constantes este trabajo hubiera terminado mucho antes. Sois todas las razones buenas que tengo.

Y por último, todos los finales y todos los principios los escribo para mi Chica del Cuadro: si había un mundo antes de ti, Tamara, no lo recuerdo. ¿Querrías andar un poco más conmigo ahora, a ver qué nos encontramos delante?

RESUMEN

En la presente Tesis Doctoral se presenta un modelo de optimización de los activos de la cartera de una compañía aseguradora empleando la metodología *asset and liability management*, que tiene como pilares el cumplimiento de las obligaciones financieras y el análisis del riesgo asumido por las inversiones en base a la rentabilidad que desea obtenerse. Se planteará una aproximación al riesgo de la cartera basada en el capital exigido por el regulador bajo el marco de Solvencia II, entendido como la máxima pérdida esperada en un escenario con condiciones financieras adversas.

Una vez explicado el proceso a través del cual se construirá el balance de la compañía, se realizará una crítica sobre el resultado obtenido, tratando de comprobar si la elección es eficiente en los términos inicialmente propuestos, así como su sentido económico. Adicionalmente, se realizarán comparativas entre los distintos mecanismos estándar de construcción del balance de una compañía de seguros.

El objetivo fundamental de este trabajo consiste en la optimización del balance de una compañía aseguradora de manera agregada con la finalidad de comprobar que los requerimientos de capital exigidos por Solvencia II disminuyen en comparación a los obtenidos en una optimización no conjunta del balance.

Los resultados obtenidos en esta Tesis Doctoral avalan la hipótesis anterior, concluyendo que un enfoque generalista u holístico, basado en la optimización del balance en su conjunto es más eficiente.

ÍNDICE

PARTE I: INTRODUCCIÓN. 5

1 MOTIVACIÓN DE LA TESIS. 7

2 OBJETIVOS, PLANTEAMIENTO DEL TEMA Y DE LA METODOLOGÍA Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN. 9

3 ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN. 19

PARTE II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS. 21

4 ANÁLISIS DEL ENTORNO GENERAL. 23

5 ESTADO DE LA CUESTIÓN Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA. 31

PARTE III: FUNDAMENTOS DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE CARTERAS DE UNA COMPAÑÍA ASEGURADORA. 41

6 HIPÓTESIS A CONTRASTAR. 43

7 DESARROLLO Y ESPECIFICACIÓN DEL MODELO. 47

7.1 PRINCIPALES INPUTS DEL MODELO. 48

7.1.1 Características fundamentales de la compañía. 48

7.1.2 Activos. 57

7.1.3 Pasivos. 69

7.2 BALANCE. 73

7.2.1 Relación entre activos y pasivos. 73

7.2.2 Balance económico simplificado. 81

7.3 RESTRICCIONES DEL MODELO. 96

7.4 PRINCIPALES OUTPUTS DEL MODELO. 103

7.4.1 Proceso de simulación y optimización. 104

7.4.2 Principales variables a observar. 108

7.4.3 Capital de la compañía. 115

8 ESTADO INICIAL DEL MODELO. 143

8.1 DISEÑO DE LA COMPAÑÍA. 143

8.2 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA. 146

8.2.1 Configuración de la compañía. 146

8.2.2 Capital inicial de la compañía. 152

8.2.3 Tipo libre de riesgo. 153

8.2.4 Prima de riesgo. 156

8.2.5 Rentabilidad esperada del mercado. 164
8.2.6 Activos financieros que componen el mercado. 165
8.2.7 Matriz de varianzas y covarianzas del balance de la compañía. 171
9 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES APLICADO AL MODELO. 175
9.1 CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DE COSTES DE LA COMPAÑÍA. 176
9.1.1 Cambio en la cuantía de los costes fijos. 176
9.1.2 Cambio en la eficiencia de costes variables de la compañía. 179
9.2 CAMBIOS EN EL VOLUMEN DE PRIMAS AGREGADAS CONTRATADAS. 180
9.3 CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DE LOS PASIVOS DE LA COMPAÑÍA. 185
9.3.1 Cambios en las desviaciones estándar de la siniestralidad de las ramas de negocio. 186
9.3.2 Cambios en las reservas iniciales de la compañía. 190
9.3.3 Cambios discretos en el peso de los ramos de negocio. 194
9.4 CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DE LOS ACTIVOS FINANCIEROS DEL MERCADO. 210
9.4.1 Cambios en la prima de riesgo y el retorno esperado de los activos. 211
9.4.2 Cambios en los tipos impositivos. 219
9.4.3 Cambios en la volatilidad de los activos financieros. 223
9.4.4 Cambios en la volatilidad del mercado financiero. 229
10 PROCESO DE OPTIMIZACIÓN. 237
10.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO. 240
10.1.1 Metodologías de optimización propuestas. 241
10.1.2 Planteamiento del problema. 244
10.1.3 Valores de optimización iniciales. 247
10.2 OPTIMIZACIÓN DE LOS ACTIVOS DE LA COMPAÑÍA. 251
10.2.1 Planteamiento formal de la optimización. 251
10.2.2 Resultados de la optimización. 252
10.2.3 Propuesta de implantación estratégica. 257
10.3 OPTIMIZACIÓN DE LOS PASIVOS DE LA COMPAÑÍA. 258
10.3.1 Planteamiento formal de la optimización. 259
10.3.2 Resultados de la optimización. 260
10.3.3 Propuesta de implementación estratégica. 267

10.4 OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE. 276
10.4.1 Integración de las optimizaciones de activos y pasivos. 281
10.4.2 Comparativa de resultados obtenidos hasta el momento. 284
10.4.3 Planteamiento formal de la optimización. 288
10.4.4 Optimización del balance de manera agregada. 289
10.4.5 Comparativa final de resultados obtenidos. 300
PARTE IV: CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN. 305
11 CONCLUSIONES. 307
12 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN. 329
BIBLIOGRAFÍA. 333
ÍNDICE DE GRÁFICAS. 351
ÍNDICE DE TABLAS. 353
ANEXOS. 361
i. Descomposición de Cholesky. 361
ii. Archivador de simulaciones. 363
iii. Matriz de pesos ratio de capital. 367
iv. Matriz de varianzas y covarianzas. 369
v. Configuración de la optimización. 371
vi. Modelización en Excel. 373

PARTE I: INTRODUCCIÓN.

1 MOTIVACIÓN DE LA TESIS.

La principal motivación para la realización de esta Tesis Doctoral surge de la propia necesidad de desenmarañar la complejidad del balance de una compañía aseguradora, así como de comprender las distintas motivaciones económicas y financieras que mueven a sus gestores a realizar una u otra decisión estratégica.

El concepto de seguro y reaseguro ha estado presente desde hace siglos en la sociedad, y los motivos que hacen que así sea radican en la esencia misma de la naturaleza humana: asociarse para protegerse ante eventos potencialmente desfavorables. Este momento de la historia es, sin embargo, especialmente significativo en cuanto a que el sistema financiero parece avocado a ser el centro de repetidas crisis, concluyendo en una intervención masiva de los principales bancos centrales del mundo desarrollado: llevando los tipos de interés a niveles negativos, nunca antes estudiados siquiera en las facultades de economía. Cuando una parte fundamental del negocio financiero, como es prestar y pedir prestado deja de ser una actividad sostenible, es necesario replantear toda la estructura de instituciones centenarias como bancos y aseguradoras.

Por otra parte, la desregulación que vivieron los mercados financieros desde los años 70 hasta la crisis *subprime* americana está realizando un movimiento pendular notable, y en el momento de la escritura de este trabajo, el foco fundamental de los reguladores financieros consiste en dotar de mayor robustez a los balances y fomentar un mejor conocimiento y transparencia de los riesgos asumidos en el sector financiero. Por tanto, en una época de tipos de interés bajos, márgenes reducidos, costes de capital

cercanos a cero o negativos, el desapalancamiento financiero y la reconstrucción de su base de capital por parte de las entidades financieras posiblemente llegan en un momento en el que la economía tal vez requiera justo lo contrario.

Las directivas de Solvencia II son un ejemplo de lo anterior. Si bien es cierto que proporcionan claridad y (con cierta sofisticación y complejidad) transparencia a las compañías aseguradoras, han supuesto un cambio fundamental del paradigma del modo en que dichas entidades gestionan su balance. Aquellas entidades que posean un mayor autoconocimiento y sean capaces de ofrecer respuestas flexibles a los retos más inmediatos de su entorno serán las vencedoras durante los próximos años.

He tenido la oportunidad de ser testigo de todos estos cambios, trabajar de primera mano con profesionales que formaron parte de los comités que diseñaron las directivas de Solvencia, y de aplicar varias de las conclusiones que pueden leerse en este trabajo, aplicando la idea de manera incipiente primero en España, y a mayor escala después, en Holanda. Es una tarea tan compleja como emocionante. Desde el punto de vista académico, parecía del todo interesante hilar muchas de las ideas que se han generado en diversos campos para mostrarlas en un conjunto de manera empírica, como se ha tratado de hacer en este trabajo con, espero, algo de acierto.

2 OBJETIVOS, PLANTEAMIENTO DEL TEMA Y DE LA METODOLOGÍA Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.

El objetivo de esta Tesis Doctoral consiste en mostrar empíricamente los resultados de aplicar un proceso de optimización basado en estrategias de gestión de activo contra pasivo en la construcción del balance de una compañía aseguradora. El principal elemento de medición será el cociente entre rentabilidad obtenida por la compañía y el capital necesario requerido para mantener la compañía operativa en un porcentaje del 99.50% de los escenarios posibles. Esta exploración empírica permitirá, adicionalmente, realizar diversos ejercicios que serán descritos a continuación, entre los que se encuentran un análisis de sensibilidades o la realización de ejercicios de optimización.

Dicho ejercicio requerirá la creación de una compañía aseguradora modelo de no vida con un balance sintético, y cuya actividad tendrá como horizonte temporal un año completo, realizando un único salto temporal discreto. Cada una de las variables que van a componer el balance de la compañía estarán a su vez sujetas a procesos estocásticos, por lo que el uso de simulaciones de Montecarlo se hará imprescindible para describir los riesgos asumidos en la actividad cotidiana de la aseguradora. En la medida de lo posible, se tratará de replicar la filosofía y metodología propuesta de la directiva de Solvencia II, en vigor desde enero de 2016.

Para ello, se plantearán dos hipótesis a contrastar, una principal y otra secundaria. La hipótesis fundamental plantea si existen beneficios en la optimización del balance agregado de la compañía utilizando estrategias de gestión de activo contra pasivo. Por

otra parte, la hipótesis secundaria trata de explorar si es posible introducir incentivos individuales en los precios de las pólizas de tal manera que la compañía sea hipotéticamente capaz de crecer orgánicamente hacia una estructura de capital más óptima en términos de rentabilidad por unidad de capital que en la situación de partida.

Puesto que el balance simulado de la compañía resulta ser el marco en el que se relacionan e interactúan activos y pasivos, es necesario que la modelización que se haga de cada uno de ellos permita que más tarde puedan realizarse procesos de optimización. Dicho de otro modo, la modelización de todos los elementos del balance debe permitir que sean coherentes entre sí, lo que en cierta medida puede complicar el diseño del modelo. En el caso de los activos, se construirán activos sintéticos basados en la teoría de CAPM, que permite realizar asunciones sobre la rentabilidad y volatilidad esperada del mercado. Los pasivos, se modelizarán como si se trataran de una obligación financiera o bono a la que se le incorpora un criterio estocástico, por lo que su valor final será incierto en torno al promedio establecido de antemano.

Tras modelizar cada elemento del balance, será necesario crear una matriz de varianzas y covarianzas sintéticas que sea coherente y transitiva entre todos ellos, y que va a resultar la fuente de diversificación en los ejercicios de optimización que se realicen posteriormente. La elaboración de dicha matriz está basada en los trabajos de Numpachaoreny y Atsawarungruangkit (2012), que permiten la creación de dicha matriz a partir de números aleatorios, y cuya metodología permite el sesgo de dichas correlaciones entre intervalos predefinidos de antemano, lo que podría resultar de utilidad en la investigación.

Una vez definidos todos los elementos del balance y la relación que existe entre ellos, se establecerán valores de partida, tales como los pesos iniciales de los activos o de los pasivos, o el nivel de gasto fijo y gasto variable por cada unidad de pasivo. Será necesario, además, establecer valores de inicio en las asunciones económicas como el nivel de tipos de interés libre de riesgo o el retorno esperado por el mercado. Estos valores de partida definirán un estado inicial del modelo que posteriormente servirá como elemento de comparación. También se establecerán las restricciones a las que estará sujeto el modelo, con el objetivo de asemejar lo máximo posible la situación a un hipotético mandato en la compañía aseguradora.

Todos los elementos inicialmente configurados tendrán como resultado una situación de capital determinada. Dado que el objetivo de la compañía es mantener un capital positivo en el 99.50% de los casos, esta configuración mostrará o bien un déficit de capital o un superávit que deberá ser corregido para cumplir el requisito que se acaba de mencionar. Una vez realizado este ejercicio, que permitirá realizar comparaciones entre distintos estados de la compañía, podrá comenzar la exploración del modelo.

Se comenzará realizando un análisis de sensibilidades de cada uno de los elementos del modelo que están teóricamente sujetos a cambio, comparando siempre la situación de partida con la situación final, y enfatizando, si es necesario, las consecuencias de dichos cambios en cada caso. Concretamente, se realizará dicho análisis de sensibilidades para los siguientes elementos:

- Estructura de costes de la compañía.
    - Costes fijos.

    - Costes variables.
- Volumen de primas agregadas contratadas.
- Estructura de pasivos de la compañía.
    - Desviaciones estándar de la siniestralidad de las ramas de negocio.
    - Reservas iniciales de la compañía.
    - Peso de los ramos de negocio.
- Estructura de los activos de la compañía.
    - Prima de riesgo.
    - Retorno esperado de los activos.
    - Volatilidad de los activos.
    - Volatilidad general del mercado.
- Tipos impositivos.

Una vez realizado este análisis de sensibilidades, que permitirá una mejor comprensión de las bondades y limitaciones del modelo, se plantea un proceso de optimización propiamente dicho, que servirá para contrastar la primera de las hipótesis planteadas. Se comenzará realizando una comparación de los distintos métodos de optimización empleables, escogiendo aquel que mejor se adapte a la naturaleza del problema.

El proceso de optimización se planteará de la siguiente manera: en una primera etapa se realizarán optimizaciones parciales en los activos, primero, y de los pasivos, después, comparando cada resultado con la situación de partida y tratando de cuantificar el efecto de la optimización. Después, ambas optimizaciones serán puestas en común, siendo éste un resultado que debería encontrarse cerca del resultado óptimo. En una

segunda etapa, se optimizarán activos y pasivos al mismo tiempo, comprobando después: i) las diferencias con respecto a la situación de partida y ii) las diferencias con respecto al resto de optimizaciones. Con el objeto de extraer conclusiones con mayor evidencia, se crearán tablas y gráficas comparativas con los principales indicadores seleccionados, que nos ayuden a contrastar la primera de las hipótesis planteadas.

Cada proceso de optimización conllevará a su vez el planteamiento de un problema con respecto a la compañía aseguradora, siendo fundamental el cómo encaminarse hacia una u otra situación en el largo plazo. Por ello, se propondrán soluciones estratégicas de largo plazo después de cada proceso de optimización. En el apartado dedicado a la optimización de pasivos se tratará de dar respuesta a la segunda hipótesis, y se planteará un método para llevar a cabo, si es posible, dicho ejercicio.

Es necesario destacar que, después de cada proceso de optimización será necesario detraer o inyectar capital a la compañía, con el objetivo de que la misma pueda mantener un capital positivo en el 99.50% de los casos. Este efecto se tendrá en cuenta en sus respectivos capítulos.

A continuación se expondrá la metodología empleada en la elaboración de esta Tesis Doctoral, haciendo referencia a los siguientes elementos: (i) objetivo de la investigación, (ii) grado de interferencia, (iii) preparación del estudio, (iv) unidad de análisis, (v) horizonte temporal, (vi) medición y (vii) análisis de datos.

Según Hernández et al (2010), el *objetivo de la investigación* puede ser de las siguientes naturalezas:

- **Exploratorio**, donde se examina una problemática concreta que no ha sido tratada con anterioridad.
- **Descriptivo**, donde se realiza una aproximación explicativa a una determinada casuística.
- **Correlacional**, en la medida en que se trata de buscar asociaciones entre conceptos que poseen un contexto común.
- **Explicativo**, cuando se trata de dar respuesta a un evento concreto a través del estudio de las variables que le afectan, en su contexto.

En el caso de este trabajo, se realiza a la vez un análisis exploratorio y también descriptivo, en la medida en que el modelo trata de experimentar cómo diferentes teorías aplicadas a la construcción de un balance en una compañía aseguradora funcionan juntas. Es también de naturaleza descriptiva en la medida en que se exploran las distintas sensibilidades que cada elemento del balance posee una vez se han puesto en común dichas teorías.

Con el objetivo de completar un proceso completo y replicable, consistente con el método científico, se han explorado distintas alternativas. Como guía general, se han seguido las definiciones y metodología planteadas en Hernández et al (2010).

Por su naturaleza, la investigación realizada en el siguiente trabajo se considera aplicada, ya que estamos tomando una diversidad de teorías pertenecientes a diferentes campos y, mediante la creación de un modelo ad hoc, trata de experimentar los efectos que ligeras variaciones en las variables de partida tienen en el balance de una compañía aseguradora.

Ha sido necesario, consecuentemente, la identificación del problema y definir su enunciado (capítulo 2), desarrollar las hipótesis correspondientes (capítulo 6), determinar un modelo válido de medición, y realizar una recopilación de los datos para su posterior análisis (capítulos 7 al 10), y por último, interpretar los resultados obtenidos (capítulo 11).

El *grado de interferencia* trata de establecer cuál es el potencial impacto que un investigador puede tener en el resultado de su trabajo, o en qué medida sus conclusiones o inferencias pueden afectar al caso en su conjunto. En el caso de esta Tesis Doctoral, el grado de interferencia es moderado, y está ligado a la naturaleza de la propia investigación, basada en un modelo diseñado con un propósito particular. En el establecimiento del modelo se han propuesto diversos valores de partida, así como configuraciones iniciales que, por necesidad, han sido escogidas discrecionalmente. Sin embargo, y dado que el objeto de este trabajo se basa en el análisis de sensibilidades, dicha interferencia se reduce considerablemente, ya que el punto de partida pierde en parte su relevancia inicial.

En cuanto a la *preparación del estudio*, la naturaleza del trabajo puede estar basada en un estudio de campo, de manera que puede prepararse de forma natural, o bien puede estar basado en un experimento de laboratorio, en cuyo caso se considera que es de naturaleza artificial. Dado que el modelo que ocupa el presente trabajo se basa en la creación de un entorno controlado en la que la relación de las variables está claramente delimitada, consideramos que la naturaleza de su preparación es puramente artificial.

En lo que a la *unidad de análisis* se refiere, se trata de determinar la unidad fundamental de los sujetos que conforman parte del estudio, si son organizaciones, parejas, individuos o algún tipo de colectivo. En el caso del modelo que ocupa este trabajo, la unidad fundamental de análisis es individual, ya que se está planteando la creación de una compañía sintética que permita extraer conclusiones con respecto al resto de aseguradoras en el sector como un grupo en sí mismo.

En lo que al modelo respecta, *el horizonte temporal* utilizado es de un ejercicio fiscal completo. No es necesario, sin embargo, y por la naturaleza del mismo, una selección temporal concreta, otra que no sea una que implique la elección del marco legal establecido por las directivas de Solvencia II. La esencia del trabajo, sin ser evolutiva en sí misma, sí propone finalmente el establecimiento de una futura línea de investigación mediante el uso de varios períodos de análisis para el modelo. Sin embargo, y en cualquier caso, no resulta necesario establecer un horizonte concreto más allá de lo mencionado anteriormente.

La *medición* de las distintas variables se postula como uno de los elementos críticos del mismo, dado que serán el pilar fundamental sobre el que se extraigan conclusiones en el futuro. Dichas mediciones, por su naturaleza, deberán ser fiables y válidas, y a su vez podrán poseer diferentes cualidades según su escala, a saber: de cociente, intervalo, ordinales y nominales. La mayor parte de las variables recogidas en esta Tesis Doctoral son de naturaleza cociente y están representadas en una escala numérica en su totalidad.

Dado que el modelo es intensivo en el *análisis y uso de datos*, es necesario corroborar que las bases de datos utilizadas, así como los números aleatorios generados y que serán usados en el proceso de Montecarlo poseen la estructura correcta y son válidos para su uso, lo que no invalidaría la extracción de conclusiones posterior.

Para la elaboración de este trabajo se han utilizado los siguientes programas de software:

- Microsoft Office Excel Professional ® 2010: utilizado fundamentalmente en la elaboración del modelo y la generación de escenarios de Montecarlo.
- MatLab ® 2014ª: utilizado en la elaboración de matrices de correlación transitivas y en la generación de números aleatorios.

3 ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN.

Este trabajo está planteado como el desarrollo de un modelo financiero simplificado que trata de describir las principales variables que atañen al balance de una compañía aseguradora. Se ha optado por este método, en contraposición a otro tipo de investigaciones basadas, por ejemplo, en el estudio de casos, dado que la aplicación obligada de las directivas de Solvencia es relativamente reciente en la historia económica, mientras que la información relevante para dicho estudio no es extensa, ni tampoco frecuente: los casos de estudio son limitados.

Se compone de 4 partes, cada una de ellas dividida a su vez en capítulos. En la *Parte I, Introducción*, se expone la motivación de la Tesis Doctoral y su estructura, a la par que se realiza una descripción de los objetivos y planteamiento del problema, con el propósito de ofrecer una mayor comprensión del contexto relevante en el que se plantean las hipótesis principales del trabajo.

En la *Parte II, Fundamentos teóricos*, se analiza el entorno general que afecta al trabajo que se va a realizar y que dota de contexto al mismo. Adicionalmente, se evalúa el estado de la cuestión y se revisa la bibliografía más relevante.

En la *Parte III, Fundamentos del proceso de construcción y optimización de carteras de una compañía aseguradora*, se recogen las hipótesis que se van a contrastar, y el modelo utilizado, explicando cómo se ha desarrollado en cada uno de sus puntos más representativos. Se detallan sus principales variables, cómo se integran dentro del balance de la compañía, las restricciones que van a imponerse en el mismo y las principales salidas en forma de datos que servirán de apoyo a la extracción de

conclusiones. Para ello, en primer lugar, se describe el estado inicial del modelo, previo a su optimización, para después realizar un análisis de sensibilidades del modelo que puedan servir de apoyo a una racionalización posterior de la optimización propuesta, y que a su vez serán de utilidad para comprender las distintas magnitudes que afectan al balance de la compañía. Concluye este apartado con el proceso de optimización planteado, que tratará de mejorar la estructura de balance de la compañía desde el punto de partida.

La *Parte IV, Conclusiones y futuras líneas de investigación*, cierra el trabajo realizado hasta el momento. Como su propio nombre indica, se extraen las conclusiones más relevantes del proceso de modelización y optimización, poniendo énfasis en cómo una compañía aseguradora puede plantear procesos como el descrito y beneficiarse de ello. En el apartado de futuras líneas a investigar, se proponen distintas vías y puntos de mejora sugeridos a partir del trabajo realizado.

PARTE II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

4 ANÁLISIS DEL ENTORNO GENERAL.

La reciente crisis financiera a la que se ha enfrentado la economía global ha traído consigo un replanteamiento de algunos de los estándares cuantitativos asumidos por el mercado, a la vez que se sigue estudiando la posibilidad de reformar los mecanismos regulatorios que delimitan la actividad y el volumen de los mercados financieros.

En lo que a la necesidad de control se refiere, la caída en el valor de los instrumentos financieros y, consecuentemente, del activo de las entidades financieras ha sugerido la necesidad de reforzar e incrementar el capital disponible y necesario para absorber la mayor parte de las pérdidas extraordinarias que pueda sufrir una compañía en el desarrollo de su actividad. De otro modo, la voluntad de evitar quiebras desordenadas puede convertir a los estados soberanos en los principales portadores de riesgo del sistema.

Así, el sector financiero, como transmisor natural de los riesgos dentro de una economía, es destinatario lógico del desarrollo de normas que pretenden controlar su capacidad de crecimiento y asunción de riesgos. Como ejemplo de ello, en el sector bancario se encuentra desarrollos en el control y la supervisión de las entidades financieras, a través de las directivas de Basilea III, propuestas por el Comité de Supervisión del mismo nombre. En el momento de la redacción de la presente Tesis Doctoral se encuentran publicadas las normativas preliminares que han de aplicarse a nivel agregado, mientras que las entidades financieras de la Unión Europea ya han comenzado a dar pasos definitivos para su implementación. Estos desarrollos normativos tienen como objetivo aportar una mayor solidez al sistema bancario y evitar

futuros colapsos, y definen los activos que pueden computar como capital y los activos que deben estar cubiertos por este concepto. El informe de estado de actualización publicado por el Banco de Pagos Internacionales (BIS por sus siglas, en inglés)[1] recoge lo siguiente:

> *"Los países continúan sus labores de implementación según los objetivos del Comité. A finales de 2013, todos los miembros del Comité habían implementado las normas del Comité sobre capital basado en el riesgo. Ahora están adoptando las normas de Basilea III sobre coeficientes de liquidez y apalancamiento, así como las normas para bancos de importancia sistémica mundial (G-SIB) y bancos de importancia sistémica local (D-SIB). En septiembre de 2014, 23 miembros habían emitido normativa definitiva o preliminar sobre su marco para G-SIB o D-SIB, 26 sobre el coeficiente de cobertura de liquidez (LCR) y 23 sobre el coeficiente de apalancamiento. Las jurisdicciones no pertenecientes al Comité de Basilea también notificaron un considerable avance en la adopción de las normas de Basilea III."*

Y, en cuanto a las entidades bancarias participantes, dicho documento afirma lo siguiente:

> *El Comité ha analizado las implicaciones de las normas de Basilea III para bancos. Los bancos con actividad internacional*

[1] Comité de Supervisión Bancaria de Basilea. Implementación de las normas de Basilea (2014)

siguen avanzando hacia la implementación de los requerimientos mínimos de capital de Basilea III antes de la fecha límite de 2019. En la segunda mitad de 2013, el coeficiente de capital ordinario de Nivel 1 (CET 1) de los grandes bancos con actividad internacional aumentó, en promedio, desde el 9,5% hasta aproximadamente el 10,2% de los activos ponderados por riesgo. Además, sigue disminuyendo el déficit de capital agregado de los bancos en la muestra con coeficientes de capital por debajo de los requerimientos de CET1 finales para 2019: el déficit de CET1 era de 15.000 millones de euros en diciembre de 2013, frente a los 400.000 millones en 2014. El coeficiente de apalancamiento de Basilea III ponderado para bancos con actividad internacional se situó, en promedio, en el 4,4% frente al 3,7% de diciembre de 2012. El LCR[2] *medio ponderado para bancos con actividad internacional era del 119%, en comparación con el 114% de junio de 2013. Si bien estos números sugieren que la mayoría de los bancos ya cumplían los requerimientos mínimos de Basilea III, hay una serie de países que aún tienen que mejorar sus posiciones de capital y liquidez para cumplir con dichos requisitos. Además, a medida que se aplican regulaciones nuevas de Basilea III, los bancos pueden tener que realizar ajustes, por ejemplo aumentando el capital o modificando su estrategia de financiación.*

[2] Por sus siglas en inglés, *Liquidity Coverage Ratio*, o cociente de cobertura de la liquidez.

Admite, además, que los distintos países han dado pasos significativos en sus regulaciones nacionales con el objetivo de transponer las directrices y normas que se están elaborando, de modo que la implementación gradual de Basilea continúa por el buen camino.

En el caso del sector asegurador, a nivel europeo, la directiva de Solvencia II se plantea con un enfoque distinto, en el que el capital requerido deja de ser una función lineal de los riesgos asumidos por la compañía, tal y como está configurado Solvencia I.

Este cambio en la metodología de cálculo del capital requerido tiene un impacto inmediato en el margen de solvencia de las compañías aseguradoras, entendiendo el margen de solvencia como la diferencia que existe entre la valoración de los activos del balance de la aseguradora con respecto a sus pasivos, asumiendo, además, ciertos criterios de seguridad. Dicho margen de solvencia se incrementará siempre que los activos de la compañía crezcan más rápido que sus pasivos o viceversa, y reflejará, siempre que sea un elemento con signo positivo en el pasivo de la aseguradora, la fortaleza de su solvencia. Como se mencionará más adelante en este trabajo, el margen de solvencia se postula como uno de los principales elementos a valorar por parte de los potenciales clientes que se planteen adquirir una relación contractual con la misma, y cuya naturaleza contractual dependa, en alguna medida, de la capacidad de pago de la compañía. Del mismo modo, un mayor margen de solvencia de la compañía debería traducirse, en una mejor valoración por parte de las agencias de valoración de fortaleza financiera, ya que con mayor probabilidad aquélla debería poder hacer frente a sus compromisos en el caso de realizarse siniestros significativos que impliquen salidas de caja.

Para poder hacer frente a las contingencias a las que se expone una compañía aseguradora en el desarrollo normal de su actividad, una entidad aseguradora posee dos herramientas fundamentales. Primero, dispone de las primas obtenidas por los asegurados, incrementadas por las ganancias de capital, intereses y dividendos que de ellas provengan. Este recurso, por tanto, serviría para hacer frente a los riesgos técnicos, asumidos bajo condiciones de normalidad en la cartera de asegurados de la entidad. En segundo lugar, la compañía cuenta con su propio capital social, aportado por los socios, que determina, a su vez, el nivel de robustez de la misma: aquella con un mayor margen de capital, poseerá también un nivel de solvencia superior. Por tanto, el margen de solvencia será el principal soporte de aquellos riesgos no asumidos técnicamente o que se materializan en escenarios alejados de la normalidad de la actividad de la compañía, siendo algunos de ellos objeto de reaseguro.

Junto con los factores externos que pueden determinar las políticas de asunción de riesgos de las entidades, conviven también las motivaciones naturales internas de la industria para monitorizar el capital disponible y la rentabilidad que se obtiene del mismo. Cramér (1930) introduce el concepto de *safety first*, en el que trata de determinar la cantidad monetaria mínima que permite a la compañía continuar con el desarrollo de su actividad mientras asume el riesgo de primas. En términos generales puede considerarse este riesgo de suscripción[3], junto con el riesgo que se asume en la gestión de los activos que componen la cartera, como los más representativos. Roy (1952) continúa la base propuesta por Cramér estudiando este efecto que poseen los

[3] Entendido como el riesgo de que, en un momento dado, un siniestro sea superior al importe de la prima contratada.

activos en los riesgos que asume la cartera. Markowitz (1952), sigue una propuesta similar de selección de activos.

En cuanto a lo que a la construcción del balance de la compañía se refiere, es de destacar el trabajo de Modigliani y Miller (1958). En su trabajo postulan que los instrumentos tradicionalmente utilizados para la configuración de la estructura financiera de la compañía, tales como la emisión de deuda, acciones o el pago de dividendos (necesariamente asumiendo la ausencia de costes de quiebra, impuestos, y asumiendo la ausencia de asimetrías de información entre partícipes del mercado y la firma) producen resultados indiferentes entre sí. Adicionalmente, en la definición conjunta de los riesgos asumidos por la cartera, y que tienen además un impacto directo en el capital mínimo requerido o margen de solvencia, es de especial relevancia el estudio de la variación de valor entre los activos de la compañía, y los pasivos asumidos por ésta, lo que en mercado se conoce como *asset and liability management* o ALM. Butsic (1994) hace referencia a varias de las relaciones existentes entre activos y pasivos, analizando las consecuencias que los distintos grados de dependencia tienen en el capital en casos extremos. Krouse (1970) apuntala la idea indicada anteriormente, indicando que el grado de dependencia entre activos y pasivos debe ser tenido en cuenta para alcanzar una estructura óptima de capital.

Si se toma el capital disponible como un recurso limitado, entonces determinadas variables, como la rentabilidad por unidad de capital empleado cobran especial relevancia, así como el determinar qué perfiles de riesgo son aquellos que detraen una mayor cantidad de recursos. En este contexto, Tasche (2007) describe extensamente el proceso de asignación de capital basado en el Teorema de Euler basándose en

mediciones de desviación estándar. Del mismo modo, Bruder y Roncalli (2012) proponen un modelo de distribución de los riesgos de la cartera bajo unos criterios definidos de presupuesto disponible.

5 ESTADO DE LA CUESTIÓN Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

Los recientes acontecimientos en los mercados financieros han impulsado la voluntad de los reguladores globales de incorporar nuevas normas y límites con el objetivo de reducir la fragilidad de las entidades ante los reiterados episodios de volatilidad que los mercados globales llevan años sufriendo.

Si bien en la banca europea la regulación se está encaminando hacia la creación de un supervisor y regulador único que imponga reglas homogéneas a todos los actores financieros bajo el paraguas de Basilea (ver Ferran y Babis (2013)), en el caso de las aseguradoras europeas, el devenir regulatorio y legislativo viene marcado por la agenda de la directiva Solvencia II. El objetivo es la creación de estándares homogéneos de supervisión del capital de las entidades basados en parámetros de riesgo. Dichas acciones regulatorias se remontan a 1.998, año en que la Comisión Europea creó un marco de acción para el sector de los servicios financieros en el continente. El objetivo fundamental consistía en incrementar la confianza de los consumidores a la vez que se fortalecía la integración de todos los agentes participantes en el mercado.

Dicha evolución vendría dada en dos etapas. Primero, las directivas de Solvencia I, efectivas desde Enero de 2004, y más tarde de Solvencia II, efectivas desde el 1 de enero de 2016[4]. Tales iniciativas requirieron de la estrecha colaboración entre entidades y países a lo largo de toda la Unión Europea, y su calibración requeriría de la aplicación

[4] Puede encontrarse información adicional sobre la directiva en: http://ec.europa.eu/finance/insurance/solvency/solvency2/index_en.htm (vínculo activo en enero de 2017).

de diversos ejercicios denominados QIS (siglas en inglés, abreviatura de *quantitative impact study*).

La directiva de solvencia está basada en la existencia de tres pilares (ver KPMG 2002), de un modo muy similar a como es la estructura dedicada a banca denominada Basilea II. El primero de esos tres pilares constituiría un asesoramiento cuantitativo de los requerimientos de capital de las entidades aseguradoras (ver Linder y Ronkainen (2004)). En el mismo pueden encontrarse cuatro riesgos lo suficientemente representativos como para ser estudiados y considerados, a saber:

1. Riesgos de suscripción, relacionados con el cálculo de las primas y las reservas.
2. Riesgo de crédito, relacionado con la probabilidad de impago del deudor.
3. Riesgo de mercado, resultante de la volatilidad de los precios de mercado relevantes para la compañía.
4. Riesgo operacional, que comprende procesos internos inadecuados referidos a las personas o sistemas, o generados por eventos externos.

El segundo de estos pilares se centra en los factores cualitativos de los elementos de supervisión, esto es, en la correcta gestión de los distintos riesgos cuantificados en el primero de los pilares descritos. Por tanto, se requieren procesos internos robustos de gestión de los riesgos, controles y organización administrativa, así como procesos de reporte consistentes con la directiva.

El tercer pilar se basa en proveer de la suficiente transparencia a la actividad del sector, lo que de algún modo minimiza la necesidad de establecer una mayor regulación

en el futuro, bajo el argumento de que suficiente visibilidad otorga un mayor poder al consumidor final, quien puede forzar la competencia en el ofrecimiento de productos de seguros financieros.

Aun tomando en consideración que los distintos reguladores globales, y concretamente el europeo, están dando pasos definitivos para la homogeneización del mercado y para lograr una mayor robustez del mismo, existen incentivos suficientes dentro de las compañías aseguradoras para lograr una mayor estabilidad en épocas de volatilidad financiera, lo que, en el largo plazo, no supone otra cosa que una mayor probabilidad de supervivencia. El objetivo fundamental continúa siendo el crecimiento sostenible bajo unos parámetros de solvencia adecuados.

La implementación de la directiva de Solvencia II ha obligado a las entidades aseguradoras a adaptarse a nuevos métodos de gestión de balance, con el objetivo de cumplir los requerimientos de capital impuestos por dicha directiva. Esto ha dado lugar a numerosos estudios que analizan esta problemática, como Cummins and Nini (2002), Eling et al (2003) o Harrington (2004). Se encuentra que existe abundante literatura sobre el tema centrada en aseguradoras del ramo de vida, como es el caso de Baranoff (1999), quien circunscribe el ramo de no vida al negocio de salud, Browne et al (1999), Carson (2000), Chen y Wong (2004) o Betzuen-Zalbidegoitia y Betzuen-Álvarez (2015). Por ello, este trabajo contribuye a la literatura existente, orientando su aportación a las compañías de seguros del ramo de no vida.

En este aspecto, la teoría del *safety first* propuesta por Cramer (1930) está encaminada a mantener un perfil de riesgo y retorno suficientes mientras se consolida

un nivel de seguridad aceptable para la gestión de la compañía. Más tarde, Roy (1952) retomaría dicho concepto incorporando la necesidad por parte de los ahorradores de escoger entre una amplia gama de activos en un entorno de incertidumbre. Comienza a ser visible, por tanto, la necesidad de adecuar las obligaciones o necesidades financieras presentes y futuras con los activos del individuo, de manera que la asunción de riesgos sea suficiente como para compensar la rentabilidad adquirida, reduciendo en la medida de lo posible la ruina económica en el largo plazo.

Sin embargo, esta necesidad de incorporar por separado los componentes relativos al activo del individuo y a su pasivo requerirá, en el futuro, de distintas líneas de investigación, que logran converger, sin embargo, en las teorías de inmunización financiera basadas en ejercicios de gestión de activo contra pasivo, y en las teorías de estructura financiera eficiente.

Con respecto a la modelización de los activos dentro del contexto de una cartera, Markowitz (1952, 1959) constituye el pivote fundamental sobre el que va a basarse la teoría moderna de construcción de carteras, lo que posteriormente terminó siendo conocido como tesis MPT (*Modern Portfolio Theory*). En ella, Markowitz propone incorporar criterios de riesgo al ensamblaje de los activos dentro del contexto de una cartera, de modo que las diversas fuerzas que operan en ellos, a veces contrapuestas, supondrían determinados elementos diversificadores cuyo principal beneficio sería una reducción agregada del riesgo. O, lo que es lo mismo, que el riesgo global de una cartera es menor o igual que la suma de los riesgos individuales de la misma. En 1958, James Tobin dedicó un ensayo a las preferencias de los inversores ante un entorno de incertidumbre, introduciendo los muy relevantes conceptos de frontera eficiente y línea

de mercado de capitales (ver Tobin (1958)), basándose en los trabajos previos de Markowitz.

Más adelante, Sharpe (1964) formularía la teoría de modelo CAPM usando como base la literatura existente (*capital asset pricing model*), que trata de ofrecer una mayor aproximación a cómo se establecen las distintas primas de riesgo de los activos. Dicha teoría contribuyó, por tanto, a describir niveles de equilibrio de precios en los mercados de capitales.

Después de los trabajos de Markowitz, Tobin y Sharpe muchos otros realizaron contribuciones relevantes a éste área. Lintner (1965a, 1965b) evaluó el modelo CAPM desde la perspectiva de una compañía que emite acciones, mientras que Mossin (1966) introdujo el uso de funciones de utilidad cuadráticas al marco del modelo CAPM. Desde el modelo básico de CAPM se han propuesto y discutido variaciones que han resultado en expansiones de dichas hipótesis, como es el caso de Black (1972), donde se permite el apalancamiento financiero, esto es, prestar pedir prestado el activo de riesgo. Los trabajos de Friend y Blume (1970, 1973) y Roll (1977) contribuyen a la literatura sobre el tema con su revisión y críticas al modelo CAPM, que posteriormente sirvieron de base para el desarrollo de nuevos modelos.

En 1976, Ross expandió de igual modo el modelo de CAPM introduciendo la Teoría del Arbitraje de Precios (*APT* o *Arbitrage Pricing Theory*), cuya principal aportación consiste en la identificación de múltiples fuentes de riesgo (ver Ross 1976).

En 1992, Fama y French expandieron el concepto de Hipótesis de Mercados Eficientes con una investigación que concluía con la identificación de tres factores, a

saber: riesgo de mercado, precio y tamaño de la compañía analizada, ayudando a explicar el comportamiento de los precios y contrapesando las debilidades detectadas, bajo su criterio, en los modelos de CAPM (ver Fama y French (1992)). En 2015 publicaron un nuevo estudio en el que ampliaban en dos factores más su modelo tradicional (ver Fama y French (2015)). Desde entonces hasta la actualidad, y ayudados en gran medida por la capacidad computacional que hace posible el manejo de datos, existen múltiples estudios de carácter regresivo que tratan de explicar el comportamiento de los precios de los activos, como es el caso de Shanken (1990), Foster et al (1997), Sullivan et al (1999) o White (2000).

Estos modelos multifactoriales o basados en regresiones surgidos después de la rama de pensamiento propuesta inicialmente por Markowitz se plantean como una alternativa más realista a la construcción de expectativas de mercado. Modelos tradicionales planteados por Markowitz y Perold (1981), Tamiz et al (1997). o Shing y Nagasawa (1999), requieren del uso de medias, covarianzas y correlaciones en cada uno de los escenarios planteados, lo que no permite en todos los casos una aproximación realista a los mercados financieros. Bilbao Terol et al. (2006) y Pérez Gladish et al. (2007) proponen un modelo de selección de cartera basado en tres etapas que responde ante expectativas difusas de los precios de los activos, lo que incorpora la incertidumbre ligada a la predicción de los mismos. Tras la generación de escenarios, se utilizan metodologías de programación para escoger aquella cartera que mejor responde no únicamente a los criterios clásicos de riesgo y retorno, sino que también responda positivamente ante escenarios de pérdida extrema. En este trabajo se combina el enfoque tradicional de la composición de expectativas de mercado usando metodología

CAPM, pero se incorpora criterios de selección de cartera basada en riesgos observables en la generación de escenarios.

Existen, del mismo modo, otros factores relevantes que pueden impactar en las rentabilidades obtenidas en la cartera de activos, como puede ser la amortización anticipada de dichos instrumentos. Es relevante el trabajo de González et al (2000), en el que se analiza la relación existente entre la amortización aleatoria de algunas de las inversiones de la cartera y la rentabilidad obtenida por las mismas, como puede ser el caso de los denominados bonos *callable*, u obligaciones en las que un tercero posee un derecho de reembolso. De igual modo, De la Peña (1997, 2002) utiliza el concepto de duración esperada para describir la sensibilidad al movimiento de los tipos de interés de obligaciones cuando dicho pago futuro no es un evento cierto, sino esperado.

Dado que el objetivo del trabajo no consiste únicamente en optimizar la cartera de activos de la compañía, sino en optimizar la estructura del balance de manera agregada, se utilizan metodologías que buscan un equilibrio en la gestión de los activos y pasivos de la aseguradora, siendo una de las principales aportaciones de esta Tesis Doctoral la implementación de un modelo de ALM, que se explica a continuación.

Según Rosen y Zenios (2002) la gestión de activo contra pasivo estaría encuadrada dentro de la gestión del riesgo corporativo (o ERM), siendo éste último la estrategia que alinea el negocio de la compañía con los factores de riesgo que ofrece el entorno en la búsqueda de los objetivos estratégicos.

En lo que a éste último punto se refiere, y previo a los trabajos de Butsic (1994) sobre la mínima pérdida aceptable ante escenarios de incertidumbre, se encuentran

ejemplos válidos del estudio de las duraciones que deben poseer los activos en Macaulay (1938), Hicks (1939), Samuelson (1945) y Redington (1952). En el caso de Macaulay y Hicks, se trataba de encontrar la relación matemática existente entre una variación de los tipos de interés y el precio de una obligación financiera o bono, que acabaría dando origen al concepto de duración financiera. Una de las ideas fundamentales de Reddington y Samuelson consiste en que, bajo un escenario de incertidumbre, debe tratar de maximizarse el superávit existente entre activos y pasivos sujeto a una serie de restricciones, con una aplicación inmediata en las compañías aseguradoras.

La modelización de pasivos dentro del marco de las compañías aseguradoras, sin embargo, requiere de un enfoque especial, dado que, si bien es cierto que los principios matemáticos que afectan a dichos cálculos son homogéneos para todas las compañías, las diversas transposiciones que las leyes internacionales tienen en las leyes locales hacen necesario realizar análisis de países concretos. Este trabajo está centrado en la gestión del balance de una compañía aseguradora que opera en el ramo de no vida, asumiendo, como se describirá en el capítulo 7 que versa sobre el desarrollo del modelo, que las primas recibidas son de carácter único. Una discriminación de los modelos de inmunización que pueden aplicarse según la naturaleza de la prima (ya sea periódica o única) puede encontrarse en De la Peña (2004). Adicionalmente, De la Peña et al (2009) realizan un trabajo descriptivo sobre las distintas metodologías que la ley española contempla como válidas para el cálculo de las provisiones matemáticas en los contratos de vida, tratando de establecer una base homogénea para el sector y que sirva como base para un correcto análisis de ALM.

Por otra parte, a lo largo del siglo XX pudieron experimentarse episodios de volatilidad en los tipos de interés que invalidaron la utilización única y exclusiva de las diversas medidas de duración, encontrando que los precios de las obligaciones financieras eran también dependientes de cambios en la estructura de tipos de interés no paralelos o el riesgo de crédito[5]. Eventos como la subida precipitada de los tipos de interés en Estados Unidos durante finales de los 70 y principios de los 80 incrementaron la necesidad de desarrollar y aplicar herramientas de ALM más precisas.

La aportación de Leibowitz (1986) en este aspecto fue la de proveer un marco de optimización de ALM dedicado a entidades aseguradoras, probando que es posible la obtención de un superávit financiero si se realiza una optimización de un único período en un entorno de Markowitz-Sharpe. Pese a todo, los procesos de optimización en un entorno de escasa potencia de informatización tenían pocas probabilidades de éxito, algo que únicamente sucedió después de principios de los años 90[6].

En la modelización del problema de optimización, son relevantes los trabajos de Sharpe y Tint (1990), introduciendo la optimización del superávit de la compañía en un único período. Existen adicionalmente modelos de optimización a largo plazo que pueden encontrarse en Sundaersan y Zapatero (1997), quienes además ligan la evolución de dicho parámetro a la productividad marginal de los trabajadores de la compañía aseguradora. Dicho proceso de optimización en varios períodos es también estudiado en Binsbergen y Brandt (2006), aunque en este caso existe una multitud de

[5] Ver Vanderhoof (1972), Babbel y Staking (1995).
[6] Ejemplo de ello es el desarrollo del modelo de software PTS, capaz de utilizar precios que recogían la convexidad de los activos subyacentes y la convexidad, siendo parcialmente capaz de estimar el valor económico de las compañías. Sin embargo, el modelo no era eficiente en la generación de escenarios aleatorios, lo que provocó que su uso fuera reducido.

rangos temporales aplicados a acciones, bonos e instrumentos de renta fija a corto plazo. Hoevenaars et al (2008) variaron este modelo incorporando en la cartera la posibilidad de incluir activos alternativos.

Tras la implementación de diversos modelos de optimización de ALM, y con la necesaria ayuda de un mayor desarrollo tecnológico e informático, se abrieron nuevas posibilidades de estimación del valor económico de las compañías aseguradoras. Babbel (2001) ofrece una aproximación basada en 7 fuerzas, descritas en la tabla siguiente:

Primera fuerza	Una compañía debe poder crear valor para sus accionistas.
Segunda fuerza	La generación de valor económico es cada vez más soportada por los distintos reguladores.
Tercera fuerza	El uso de herramientas que midan el valor económico estará altamente correlacionado con la capacidad de mejora de las mismas.
Cuarta fuerza	La generación de valor económico está también ligada a la desmutualización de las entidades aseguradoras, puesto que la mayoría de ellas cotizan en bolsa.
Quinta fuerza	La existencia de fusiones y adquisiciones también funciona como motor de las técnicas de estudio de valor económico.
Sexta fuerza	La tecnología cada vez más permite una similitud mayor con la realidad, lo que hace atractivo su uso.
Séptima fuerza	La competición en el sector tiende a reducir los márgenes, de manera que es necesario buscar nuevas fuentes de medición y posterior creación de valor.

Tabla 5.1 Fuerzas que motivan el uso y desarrollo de herramientas de estudio del valor económico. Fuente: Babbel (2001).

PARTE III: FUNDAMENTOS DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE CARTERAS DE UNA COMPAÑÍA ASEGURADORA.

6 HIPÓTESIS A CONTRASTAR.

En este trabajo se propone un modelo de optimización del balance de una compañía de seguros de la que se conocen sus parámetros de riesgo fundamentales, y en el que el capital disponible se entiende como un recurso escaso. La principal hipótesis que se pretende contrastar es si un modelo de optimización integral como el que se plantea mejora los parámetros fundamentales de gestión del balance de la compañía, basándose en un modelo empírico que recoge las principales cualidades de los activos y los pasivos de una aseguradora cuyo núcleo de negocio está centrado en productos de riesgo y no de ahorro. Con el objetivo de dar respuesta a dicha hipótesis, se resolverá el problema de la asignación de activos desde un punto de vista separado, por un lado, y el de optimización de ramas de negocio, por el otro. Se establecerán parámetros que sean capaces de medir la bondad de un método u otro en contraposición al resto, de manera que cada uno de los escenarios sea comparable en términos absolutos. Se expone la hipótesis fundamental del siguiente modo:

H1: Pueden hallarse mejoras en las métricas de rentabilidad de la compañía si se optimiza el balance de la misma de manera agregada.

Cabe destacar que las bondades de la gestión de un balance basándose en metodologías de casamiento de flujos de activo y pasivo, también denominado *asset and liability management* o ALM han sido contrastadas con anterioridad en numerosos trabajos como un método válido para reducir la volatilidad realizada ante variaciones de

valor de activos y pasivos por separado[7]. La aportación de este trabajo se centra en la evaluación empírica de dicha hipótesis, a la par que se exploran las diferentes relaciones que pueden darse dentro del balance de una compañía aseguradora. Será, por tanto, deseable, cuantificar dichas relaciones y exponer de manera experimental aquellas que causan una mayor variabilidad a las principales medidas de negocio de la compañía.

Especial interés poseerá, basándose en este mismo modelo, el efecto en capital que posee la correlación entre las distintas ramas de riesgo sobre las que opera la compañía, analizando los resultados obtenidos. Si bien es cierto que la composición de las ramas de negocio de la aseguradora vendrán en su mayor medida dadas por la propia competitividad del producto, así como por las distintas relaciones que existen en la oferta y la demanda de ese segmento en concreto, en este trabajo tratará de analizarse dicha composición como un elemento sobre el que los gestores de la compañía poseen un control positivo.

Con respecto a este último punto, este trabajo también explora la hipótesis de un crecimiento por ramas de negocio dirigido hacia aquellos segmentos del pasivo que mejor posicionan el balance de la compañía en un entorno como el que se describe. La hipótesis secundaria que trata de explorarse, en este caso, consiste en establecer si pueden plantearse mejoras en el posicionamiento de los productos ofrecidos en cada una de las ramas de negocio con el objetivo de establecer un crecimiento orgánico no únicamente sostenible en términos de capital, sino que además permitan optimizar el perfil de la compañía en el largo plazo, condicionando, por ejemplo, campañas de captación de clientes. Se expone la hipótesis secundaria del siguiente modo:

[7] Ver De la Peña (2004) y De la Peña et al. (2007), Dionne y Harrington (1992), entre otros.

H2: Pueden establecerse mejoras en la estructura de capital de la compañía estableciendo alteraciones en el precio de los pasivos ofrecidos a los clientes.

Este ejercicio de optimización de balance de una compañía, así como los esfuerzos que la misma se ve obligada a acometer encuentran su contexto en el entorno regulatorio actual comúnmente denominado Solvencia II. Dicha reglamentación supuso un refinamiento o evolución de la anterior directiva, en la que la carga de capital se derivaba simplemente de una regla lineal dependiente de la naturaleza de los pasivos, sin que criterios como la adecuación del riesgo de la asignación de activos de los fondos propios de la compañía, o la medición de la volatilidad de los flujos de caja de la misma jugaran un papel representativo. El modelo que se plantea en este trabajo comparte líneas de desarrollo con las directivas de Solvencia II en cuanto a lo que el riesgo de mercado se refiere, esto es, desde un punto de vista de flujos de caja exclusivamente. Solvencia II también introduce en sus parámetros de carga de capital factores que alimentan una visión global de la firma, como la gobernabilidad de la compañía o los riesgos operacionales a los que la misma se ve expuesta. Por tanto, las dos hipótesis que este trabajo plantea, tanto la fundamental como la secundaria, son coherentes con el nuevo entorno regulatorio europeo dedicado al sector asegurador. Solvencia II premia una buena gestión de balance, y en las fórmulas estándar de cálculo de capital recompensa la existencia de factores de diversificación y sinergias dentro del balance de las compañías.

7 DESARROLLO Y ESPECIFICACIÓN DEL MODELO.

A continuación se describe el modelo de simulación desarrollado. Para ello, se analizarán primero los inputs que se van a introducir, para posteriormente comentar los resultados obtenidos. En el primer punto, se tratará de construir el balance simplificado de una compañía aseguradora ficticia cuyo negocio está basado en múltiples ramos de negocio, y se estudiará su evolución a lo largo de un ejercicio fiscal completo, siempre bajo condiciones controladas que permitan modelizar el problema. Este escenario base o central será, además, el punto de partida a partir del cual se realizará posteriormente el análisis comparativo cuando se modifiquen o relajen algunas hipótesis de partida.

Es necesario destacar, y así se observará después en los resultados obtenidos, la alta dependencia que tiene el modelo simulado a determinadas variables clave, como puede ser el retorno esperado de los activos (que se obtendrá a partir de dos metodologías distintas, basadas en el trabajo de Black y Litterman (1991) y de Black y Treynor (1973), a través del *capital asset pricing model*), o la matriz de correlaciones calculada. Si bien es cierto que el diseño del modelo tratará de aproximarse el máximo posible a la realidad económica de una compañía aseguradora, es necesario ser conscientes de la relevancia que tiene en el análisis preliminar del mismo la elaboración de variables lo más consistentes posibles, de cara a obtener resultados fiables en la simulación.

7.1 PRINCIPALES INPUTS DEL MODELO.

En este apartado se describen las principales variables que van a alimentar el modelo, finalizando con las restricciones que se aplicarán inicialmente, en concreto, (i) características fundamentales de la compañía, (ii) activos, (iii) pasivos, (iv) relación entre activos y pasivos, (v) balance económico simplificado y (vi) restricciones del modelo.

7.1.1 Características fundamentales de la compañía.

Dado que uno de los objetivos de esta Tesis Doctoral es cuantificar el impacto del cambio en las distintas variables que componen la simulación, es necesario que inicialmente se establezcan ciertos valores arbitrarios que definan las características fundamentales de la compañía. A continuación se procede a indicar y describir cada uno de estos parámetros, a saber: el período de tiempo analizado, el capital económico, los costes operativos, las ramas de actividad de pasivo y la matriz de varianzas y covarianzas.

En cuanto al *período de tiempo* analizado será de un ejercicio fiscal completo. De este modo, se puede aislar y analizar el efecto de las distintas variables en el proceso de optimización. Como se comentará más adelante, podría plantearse un ejercicio de las mismas magnitudes pero teniendo en cuenta varias etapas en la vida financiera de la compañía. Variables como el crecimiento del negocio, la tasa de renovación de primas, la curva de aprendizaje en el establecimiento del precio de las primas o la modelización de los riesgos extremos de la distribución de probabilidades serían planteables.

Definiremos el *capital económico de la compañía* como el exceso total de activos sobre sus pasivos, ambos valorados de una manera consistente con el mercado, que una compañía aseguradora necesita para reducir el riesgo de no cumplir con sus obligaciones financieras en un período determinado. Es, por tanto, un dato de vital importancia. El documento del Grupo Consultor Actuarial Europeo (2007) define el capital económico de una compañía del siguiente modo[8]:

> *"[El Capital Económico Requerido es] el total de los activos medidos siguiendo una valoración consistente con el mercado requerido internamente para un asegurador en exceso del valor de mercado de sus obligaciones, con el objetivo de reducir el riesgo de no cumplir con sus pasivos en base a una medida de riesgo previamente definida (por ejemplo: Value at Risk, Tail Value at Risk, Expected Policyholder Deficit) en un horizonte temporal concreto."*

El capital económico va a ser una de las principales variables que midan la fortaleza financiera de las entidades aseguradoras, dado que en los escenarios más adversos, aquellos en los que las contingencias reales superen con creces las esperadas, será el capital el que absorba las pérdidas. De su tamaño depende lo cerca o lejos que la entidad se encuentre de la quiebra en un escenario anormalmente negativo, cuya medida de bondad puede establecerse con el margen de solvencia definido anteriormente. Es por ello que, una vez se realicen las simulaciones, nos interesará saber no solamente el

[8]Glosario de Solvencia II. Bruselas, marzo de 2007.

nivel inicial de capital con el que cuenta la compañía, sino también el que probablemente resulte al final del ejercicio.

Señalar, además, que el capital con el que inicialmente cuente la compañía no está necesariamente destinado al pago de las posibles futuras obligaciones económicas. Entendidos como un superávit financiero y formando parte del balance de la entidad, estos activos no tienen por qué estar destinados a la cobertura de los pasivos de la compañía, y puede argumentarse que su uso puede destinarse a activos con un binomio de rentabilidad y riesgo más agresivo. En este trabajo, sin embargo, y siguiendo con las hipótesis relativas a la asignación de activos contra pasivos señaladas anteriormente, que descartan la segregación de los activos como un objetivo para la consecución de fines delimitados, se considerará el perfil de los activos como un todo, y no se harán distinciones en el origen de los fondos con los que se cuenta para construir la cartera de inversiones de la entidad.

Se define el capital económico como:

$$C_e = C \cdot RC \qquad (1)$$

Siendo:

C_e El capital económico de la compañía.

C Total de primas asumidas para el período.

RC Capital ajustado por el riesgo exigido a la compañía para continuar con su actividad normal, con un intervalo de confianza definido inicialmente.

Este capital económico puede considerarse tanto como una variable endógena como exógena. Esto es, puede entenderse como el resultado final del proceso de optimización y construcción de la cartera, así como de la estructura de pasivos de la entidad. En este trabajo se tomará un valor inicial arbitrario y posteriormente se valorará si es suficiente tras realizar el análisis probabilístico.

Los activos iniciales totales de la compañía, por tanto, se describen como:

$$A = C_e + C \qquad (2)$$

Siendo, como se ha comentado anteriormente, Ce el capital económico de la compañía y C el total de primas asumidas para el período.

Como se comprobará posteriormente, los activos que formen parte de la cartera, así como la relación que ésta guarde con los pasivos de la compañía, van a tener un impacto significativo en el comportamiento del excedente de activos.

Se necesita, además, adjudicar una serie de *costes operativos para la compañía.* Su presencia indica el coste operativo total que la entidad está asumiendo en el ejercicio normal de su actividad y no incluye en su composición la asunción de obligaciones financieras derivadas de los pasivos, dado que éstos estarán representados en su parte correspondiente del balance. Los costes operativos tendrán la siguiente forma:

$$CT = \frac{CF}{C} + CV \qquad (3)$$

Donde:

CT Costes totales de la compañía, expresado como porcentaje.

CF Costes fijos de la compañía expresados en unidades monetarias.

CV Costes variables de la compañía.

La compañía cuenta con unos costes fijos operativos y, además, un coste por cada una de las primas que se contratan. En el modelo que se presenta, se especifica una estructura de costes lineal, lo que delimitará un posible análisis de economías de escala[9]. Además, las ramas aseguradoras del modelo poseerán la misma estructura de costes, en aras de mantener la simplicidad del modelo, en tanto que no se considera la optimización de la compañía desde un punto de vista holístico, sino solamente desde el punto de vista de la construcción de los activos.

Se considerará la estructura de costes de la compañía como un elemento rígido y cuya optimización no sería posible en un tiempo inferior a un ejercicio fiscal. A consecuencia de esto, es de esperar que en el análisis de pérdidas y ganancias sea uno de los elementos con mayor peso. Es necesario señalar que no se llega a considerarla como una variable estocástica, sino que será conocida desde el inicio de la simulación y su resultado final será un dato cierto, y esperado de antemano. Estos costes que se acaban de describir se satisfarán al final del período analizado, tratando de mantener la coherencia con el resto de asunciones del modelo. Si se quisiera observar un punto intermedio entre t=0 y t=1, se podría asumir un devengo lineal de los costes operativos que se cargan por mantener operativo el negocio (costes fijos), y que incluiría costes tales como los salarios, pagos a proveedores, etc. En lo que a los costes variables se refiere, al producirse todas las ventas de pólizas en t=0, podrían representarse como un

[9] Este punto será tenido en cuenta a la hora de proponer nuevas líneas de investigación en el futuro.

coste inicial fijo. Sin embargo, si se entiende este coste no sólo como el esfuerzo comercial de vender la póliza (incentivos a la venta), sino como el coste de mantenerla en la cartera de la compañía, se le podría dar igualmente un tratamiento de devengo lineal. En este modelo, y dado que no se realizarán análisis parciales en el desarrollo de un período, por el momento, se considerará que la totalidad de los costes presupuestados al inicio se realizan de manera absoluta al término del horizonte temporal simulado, por lo que esta disquisición no afecta al presente trabajo de manera directa. Un análisis parcial del devenir de las compañías en el tiempo resultaría de cierta utilidad si, por ejemplo, se tiene el objetivo de estudiar factores estacionales.

La compañía contará, además, con tres *ramas diferenciadas de actividad*, dentro del negocio de no vida, como después describiremos de forma más detallada en el apartado 7.1.3. Se considerarán ramas diferenciadas de actividad aquellas que, bien cuya naturaleza de negocio o bien cuyas características causales permitan delimitarlas de forma cierta. En el presente modelo, esta exigencia se va a traducir en unas reservas iniciales y un perfil de volatilidades distinto. En este caso, sí son variables que tendrán un componente estocástico y cuya relación, tanto entre sí como con la cartera de activos que se componga, va a tener un impacto significativo en la distribución del superávit de capital.

Debido al objetivo de este trabajo, resulta fundamental en este punto describir la *matriz de varianzas y covarianzas* entre los activos y las distintas ramas que componen la compañía. Esta matriz es de vital importancia dado que va a ser la principal herramienta de diversificación que se describa, no solamente a la hora de componer la

cartera de activos, sino también cuando se estudia de la relación que exista entre éstos y las distintas ramas de pasivo.

Con este propósito, se utilizará el método empleado por Numpachaoreny y Atsawarungruangkit (2012), programable en entorno MatLab. Esta aproximación permite generar matrices de correlación aleatorias consistentes y, si fuera necesario, su capacidad para el uso de variables aleatorias delimitadas previamente podría ayudar a construir escenarios extremos y estudiar después cómo las variables se comportan entre sí.

Numpachaoreny y Atsawarungruangkit (2012) proponen un algoritmo de creación de una matriz aleatoria basado en cuatro pasos, incorporando adicionalmente un test de validación final. Generalmente, la elaboración de dicha matriz es más sencilla cuanto menor es el número de coeficientes a generar. Los pasos a realizar son los siguientes:

1. Se asume la existencia de una matriz de n dimensiones, denominada Θ:

$$\theta = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ \theta_{2,1} & 0 & 0 & 0 \\ \theta_{3,1} & \theta_{3,2} & 0 & 0 \\ \theta_{4,1} & \theta_{4,2} & \theta_{4,3} & 0 \end{bmatrix}.$$

Gráfica 7.1 Matriz de 4 dimensiones de ejemplo Θ. Fuente: Numpachaoreny y Atsawarungruangkit (2012).

2. A su vez, una matriz denominada B puede expresarse del siguiente modo:

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ b_{2,1} & b_{2,2} & 0 & 0 \\ b_{3,1} & b_{3,2} & b_{3,3} & 0 \\ b_{4,1} & b_{4,2} & b_{4,3} & b_{4,4} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ \cos\theta_{2,1} & \sin\theta_{2,1} & 0 & 0 \\ \cos\theta_{3,1} & \cos\theta_{3,2}\sin\theta_{3,1} & \sin\theta_{3,2}\sin\theta_{3,1} & 0 \\ \cos\theta_{4,1} & \cos\theta_{4,2}\sin\theta_{4,1} & \cos\theta_{4,3}\sin\theta_{4,2}\sin\theta_{4,1} & \sin\theta_{4,3}\sin\theta_{4,2}\sin\theta_{4,1} \end{bmatrix}$$

Gráfica 7.2 Matriz B intermedia para el cálculo de una matriz de correlación aleatoria consistente. Fuente: Numpachaoreny y Atsawarungruangkit (2012).

3. La matriz de correlación resultante será por tanto:

$$C = BB^T = \begin{bmatrix} 1 & c_{2,1} & c_{3,1} & c_{4,1} \\ c_{2,1} & 1 & c_{3,2} & c_{4,2} \\ c_{3,1} & c_{3,2} & 1 & c_{4,3} \\ c_{4,1} & c_{4,2} & c_{4,3} & 1 \end{bmatrix},$$

donde:

$$\begin{aligned} c_{2,1} &= b_{2,1} \\ c_{3,1} &= b_{3,1} \\ c_{3,2} &= b_{4,1} \\ c_{4,1} &= b_{2,1}b_{3,1} + b_{2,2}b_{3,2} \\ c_{4,2} &= b_{2,1}b_{4,1} + b_{2,2}b_{4,2} \\ c_{4,3} &= b_{3,1}b_{4,1} + b_{3,2}b_{4,2} + b_{3,3}b_{4,3} \end{aligned}$$

Gráfica 7.3 Matriz de correlaciones C generada aleatoriamente. Fuente: Numpachaoreny y Atsawarungruangkit (2012).

Dicha matriz de correlaciones será simétrica, semidefinida positiva, donde los elementos de la diagonal principal tomarán valor uno y el resto valores dentro del intervalo [-1, 1]. La matriz tendrá tantas filas y columnas como activos y ramas se introduzcan en la simulación y tendrá la siguiente forma:

$$\rho = \begin{pmatrix} 1 & \rho_{1,j} & \cdots & \rho_{1,m} \\ \rho_{i,1} & 1 & & \vdots \\ \vdots & & 1 & \\ \rho_{m,1} & & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

Donde:

$\rho_{i,j}$ Representa la correlación entre el elemento i y el elemento j bajo las siguientes condiciones:

$$i \in (1 \dots m)$$

$$j \in (1 \dots m)$$

Donde:

Los activos de la compañía se encuentran entre 1 y n.

Las ramas de negocio de la compañía se encuentran entre n+1 y m.

Esta matriz, por tanto, puede disgregarse en tres submatrices[10]:

1. La matriz de correlación entre los activos de la cartera.
2. La matriz de correlación entre las ramas de la cartera.
3. La matriz de correlación entre activos y ramas de la cartera.

[10] En el anexo iv se adjunta un ejemplo de la matriz de varianzas y covarianzas utilizadas.

Si se define la correlación entre dos activos como:

$$\rho_{a,b} = \frac{Cov(a,b)}{\sigma_a \cdot \sigma_b} \quad (4)$$

Entonces se puede reescribir la ecuación como:

$$Cov(a,b) = \rho_{a,b} \cdot \sigma_a \cdot \sigma_b \quad (5)$$

De este modo, a partir de la matriz de correlaciones es posible deducir también la matriz de varianzas y covarianzas de la compañía, cuyas características fundamentales son (i) su diagonal son las varianzas de sus subcomponentes, (ii) es simétrica, (iii) dado que su diagonal es positiva, su traza es también positiva y (iv) es semidefinida positiva.

La matriz de correlaciones será útil, además, para simular mediante el método de la descomposición de Cholesky una senda de números aleatorios correlacionados, como se verá más adelante.

7.1.2 Activos.

Los activos de la compañía aseguradora vendrán representados por los derechos adquiridos por parte de la compañía, entendidos como el pago aceptado por la cobertura de riesgos de los pasivos. Los activos totales estarán constituidos por dichas primas acumuladas, incrementadas a su vez por el capital necesario para mantener la estructura operativa de la compañía. Dichos activos serán distintos activos financieros con unas características concretas de rentabilidad esperada y volatilidad. Así, el universo de activos estará definido de la siguiente manera:$i = 1 \dots n$

Donde la rentabilidad total de la cartera vendrá representada del siguiente modo:

$$E(R_A) = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot E(R_i) \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1 \quad (7)$$

Siendo:

w_i Peso del activo *i* en la cartera.

$E(R_i)$ Rentabilidad esperada para el activo *i* en la cartera.

Se definen además los vectores de pesos y rentabilidades del siguiente modo:

$$w' = (w_1 \dots w_n)$$

$$R' = \left(\hat{E}(R_1) \dots \hat{E}(R_n)\right)$$

Suponiendo que R' seguirá una distribución normal:

$$R' \sim N_n(\mu, \Sigma)$$

Donde:

$$\mu = [E(R_1), E(R_2), \dots, E(R_n)]$$

$$\Sigma = \left[Cov\left(X_i, X_j\right)\right]$$

El modelo CAPM (Treynor, 1961) va a permitir calcular la rentabilidad esperada de los activos a partir de la matriz de varianzas y covarianzas que se ha planteado inicialmente, así como de la desviación típica estimada para los activos elegibles. La expresión original del modelo se describe del siguiente modo:

$$E(R_i) = RFR + \beta_{i,M}[E(R_M) - RFR] \quad (8)$$

Siendo:

RFR Rentabilidad del activo considerado libre de riesgo.

$\beta_{i,M}$ Beta del activo i con respecto al mercado.

$[E(R_M) - RFR]$ Prima de riesgo de mercado

Se define el tipo libre de riesgo como el activo en el que podríamos invertir los excedentes económicos y obtener así una rentabilidad cierta, con una desviación típica de 0. La existencia de este tipo de activo es una asunción que se puede realizar con las características que hemos descrito, dado que el modelo contemplará una única etapa. Si, por el contrario, el modelo estuviera estructurado en más de una etapa, sería necesario estudiar el impacto que podría tener el hecho de asumir una desviación típica distinta de cero para esta clase de activo ya que, aunque el valor final de la inversión sea moderadamente cierto, la variación de valor que este tipo de activo puede sufrir como consecuencia de un cambio en los tipos de interés de referencia tendrá un impacto significativo en la evolución de la cartera.

En cuanto al cálculo de la beta financiera del activo i con respecto al mercado de referencia, utilizaremos la siguiente relación:

$$\beta = \frac{\sigma_i \cdot \sigma_m \cdot \rho_{i,m}}{\sigma_m^2} \qquad (9)$$

Esta beta reflejará el riesgo que implícitamente se asume en cada uno de los activos como consecuencia de un movimiento normal del mercado, dejando a un lado factores idiosincráticos del mismo, como el riesgo no sistemático inherente a la

inversión. En el modelo de CAPM, beta se identifica como la medida de riesgo asumida por el inversor que justifica la obtención de rendimientos por encima de la rentabilidad libre de riesgo del mercado.

Asimismo, se define en términos absolutos la varianza de la cartera de activos del siguiente modo:

$$\sigma_A^2 = A^2 \cdot \sigma_a^2 \qquad (10)$$

Siendo:

$$\sigma_a^2 = w'\Omega w$$

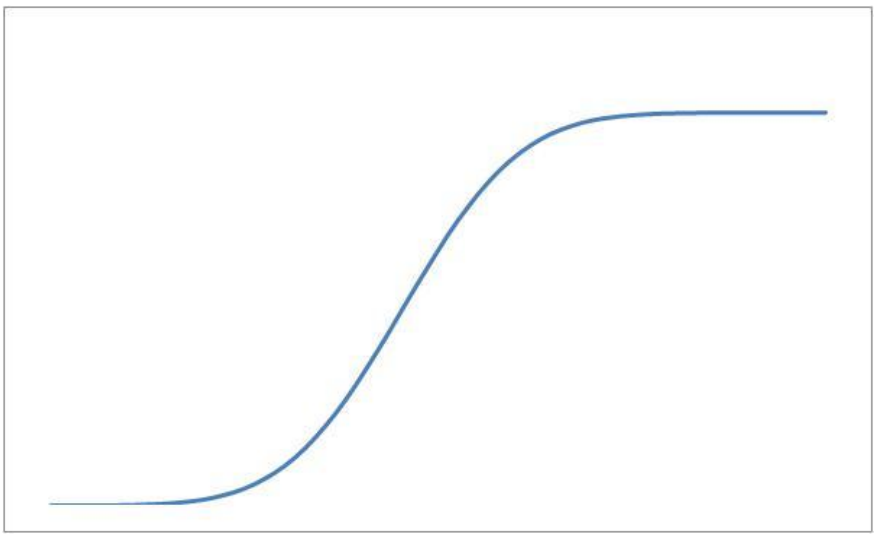
$$\Omega = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \rho_{2,1}\sigma_2\sigma_1 & \cdots & \rho_{n,1}\sigma_n\sigma_1 \\ \rho_{1,2}\sigma_1\sigma_2 & \sigma_2^2 & \cdots & \rho_{n,2}\sigma_n\sigma_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{1,n}\sigma_1\sigma_n & \rho_{2,n}\sigma_2\sigma_n & \cdots & \sigma_n^2 \end{pmatrix}$$

Si la construcción de la cartera de inversiones se planteara como un paso independiente de los pasivos asociados a la actividad de la compañía, entonces el problema que planteamos es un proceso que puede optimizarse mediante el modelo de Markowitz, de tal manera que la composición de cartera sería aquella que, bien maximizaría el retorno para un nivel de riesgo dado, o bien minimizaría el riesgo para un nivel de retorno deseado. En este caso, al incorporar el coste de capital y los costes operativos de la compañía, se podría establecer el nivel mínimo de retorno aceptable para el accionista, y tratar de minimizar el riesgo asumido para ello.

Sin embargo, y éste es uno de los objetivos que se plantean en este trabajo, una vez introducida como variable endógena la composición de la cartera de pasivos, y

pretendiendo maximizar entonces la rentabilidad obtenida por los accionistas por cada unidad de capital que es necesaria para mantener el negocio en marcha, se debe tener en cuenta la estructura de la compañía desde un punto de vista holístico. Se trata de explorar, por tanto, si la cartera de activos más eficiente en términos de rentabilidad por unidad de riesgo asumida es más óptima que simplemente maximizar la rentabilidad obtenida tras remunerar el capital de la compañía.

Como se ha comentado, y en aras de mantener la simplicidad del modelo, se asumirá que el rendimiento de los activos sigue una distribución uniforme. No obstante, esto es, sin duda, un punto claramente discutible. Dicha distribución corresponde a una curva logística que posee la siguiente forma:

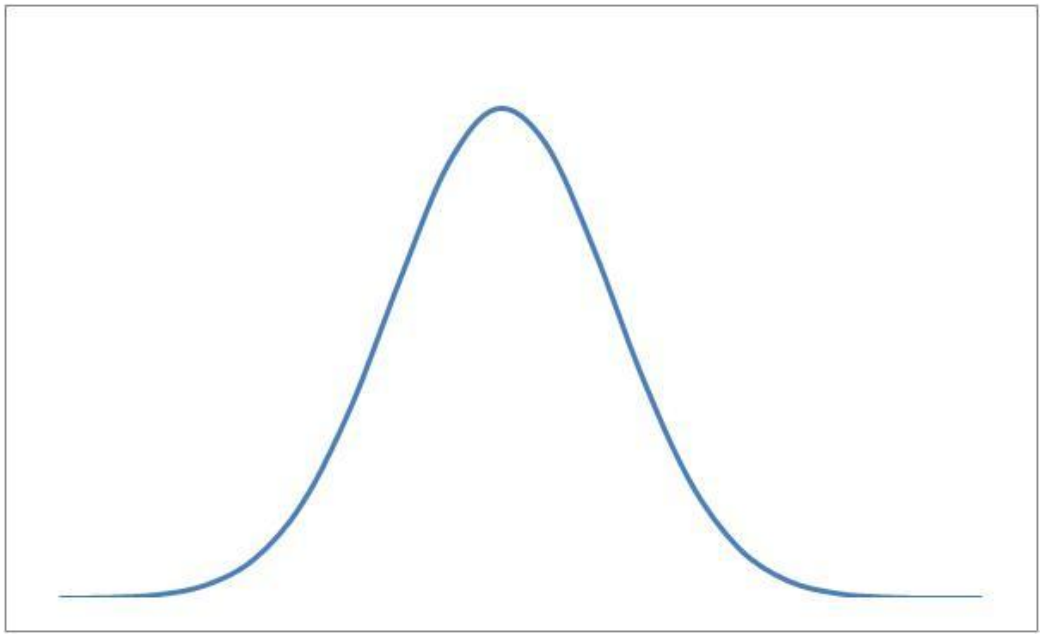


Gráfica 7.4 Curva sigmoidal de una distribución normal.

Y cuya función de distribución acumulada tiene la siguiente expresión:

$$\int_{-\infty}^{x} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} dt \qquad (11)$$

Si se toman diferencias, se encuentra la distribución normal clásica, de media μ y desviación típica σ:



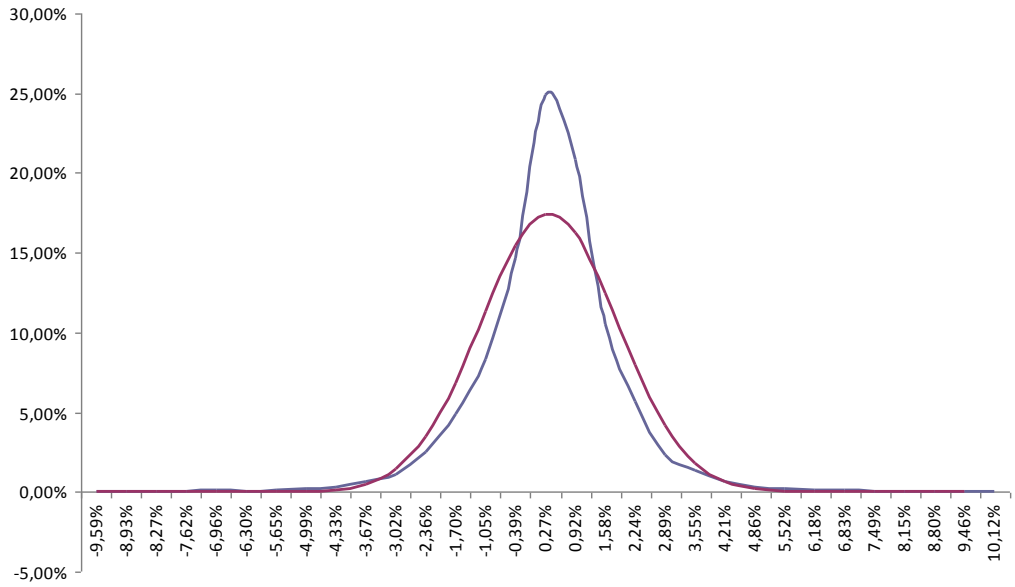
Gráfica 7.5 Distribución de probabilidades de una función normal.

Cuanto más lejos se encuentre la observación del valor central o de la mediana, menor será la probabilidad de encontrar especímenes poblacionales con esas características concretas. El hecho de necesitar únicamente dos momentos estadísticos para describir toda la curva de distribución facilita también la tarea de describir el movimiento de los activos, así como el comportamiento que éstos tienen de forma agregada.

Sin embargo, el uso de la curva logística tiene limitaciones. En el caso que ocupa este trabajo, esto es, el de los activos financieros, es relativamente sencillo encontrar casos o ejemplos en los que esta distribución de probabilidades no es necesariamente correcta. Por ejemplo, el comportamiento de un activo que incorpora algún tipo de

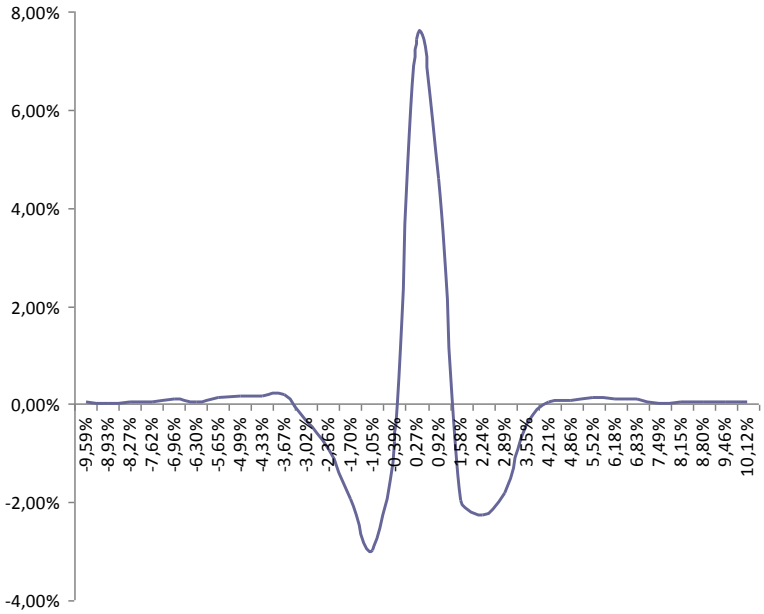
opcionalidad, como es el repago en el caso de las hipotecas (amortización parcial anticipada) o el caso de un bono *callable*, en el que el emisor tiene la capacidad de recomprar su deuda a un precio determinado de antemano de manera que, cuando los tipos de interés continúan bajando por debajo del tipo de referencia, el precio del bono continuará manteniéndose en el precio estipulado en la *call*. En estos casos, dependiendo del valor que tome una variable, por definición, exógena, el precio del activo dejará de comportarse de manera aproximada a la curva normal y comenzará a exhibir distribuciones de precios asimétricas.

Si se excluye de la discusión aquellos activos en los que, como se ha comentado, el componente de opcionalidad no permite que su distribución de precios se asemeje a una curva lognormal, se puede comprobar que tampoco es un fiel reflejo de la realidad. En la figura 6.3, se contrapone la distribución de rendimientos del Ibex 35 durante el período que va desde 1.997 hasta 2.010, con los rendimientos que se derivarían de la curva normal:



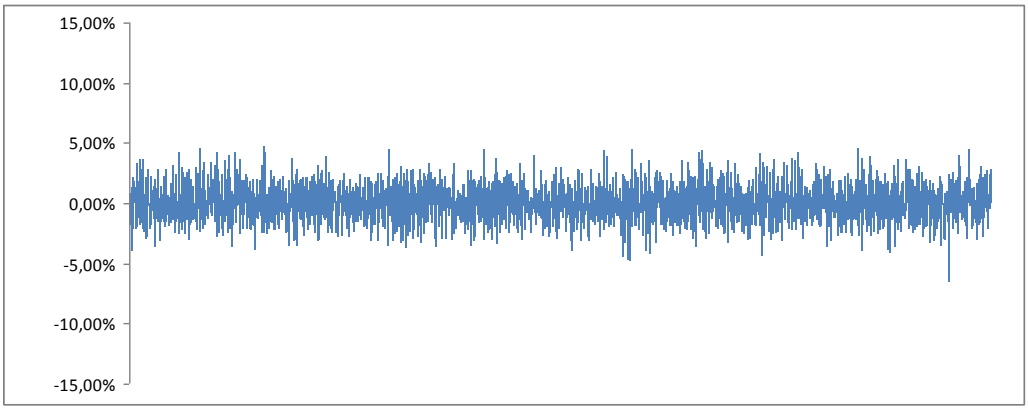
Gráfica 7.6 Comparativa de distribuciones de rentabilidad bajo asunción de normalidad (en rojo) y la recogida por el índice bursátil IBEX 35 (en azul) entre 1.997 y 2.010.

Se comprueba, por tanto, que se producen diferencias significativas, en los valores centrales, así como en los extremos de la distribución. Las diferencias que existen entre ambos se recogen en la gráfica 7.7 y muestran una mayor concentración de rendimientos alrededor de la mediana que en la distribución normal, y del mismo modo, una mayor ocurrencia de valores alejados de la misma, representando eventos que deberían considerarse extremos.

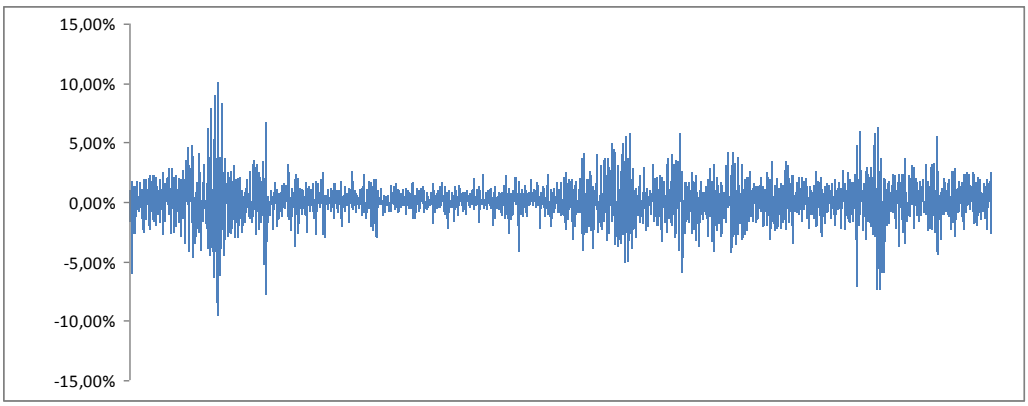


Gráfica 7.7 Diferencia entre las distribuciones de rentabilidades de una función normal y las recogidas por el índice bursátil Ibex 35 entre 1.997 y 2.010.

Para esta misma serie se pueden analizar, del mismo modo, los resultados que produce el generar una serie de números aleatorios que respeta las leyes de normalidad, y contraponer los resultados contra los rendimientos observados en el Ibex 35, como se observa en las gráficas 7.8 y 7.9.



Gráfica 7.8 Rendimientos diarios obtenidos mediante generación aleatoria usando una distribución normal.



Gráfica 7.9 Distribución de rentabilidades obtenida por el índice bursátil Ibex 35 durante el período 1.997-2.010.

Como se puede observar, los gráficos sugieren períodos diferenciados de volatilidades elevadas, y otros en los que se puede apreciar una menor variación en los datos. Si se pretendiera simular la volatilidad de los activos financieros dentro del marco de un modelo económico, se tendría que tener en cuenta que el nivel de volatilidad del activo tal vez sea dependiente del nivel de precios (algo que recoge el skewness de volatilidad de las opciones sobre el índice), o del nivel anterior de volatilidad, y se debería usar un modelo alternativo con metodología ARIMA o GARCH.

En el presente modelo se asume que, con una alta probabilidad, va a existir una variación en el rendimiento de los activos al final del período. Esto es, en t=1 los activos habrán tenido un rendimiento esperado más el impacto de un movimiento aleatorio ligado a su volatilidad intrínseca. Para evitar este suceso, se tendría que invertir a la tasa libre de riesgo que se haya definido y que cubrirá de manera efectiva los pasivos que se hayan marcado, siempre que la volatilidad del activo libre de riesgo para un único periodo sea cero. Entonces, cabe preguntarse cuáles pueden ser las motivaciones para no

contemplar exclusivamente el activo libre de riesgo como activo de inversión. Así, existirán razones que no dependen del apetito por el riesgo de la compañía, como puede ser la interposición de políticas o mandatos de inversión por parte de los gestores de la compañía, o los límites legales estipulados por el regulador. Por otra parte, puede entrar dentro del apetito por el riesgo de la compañía el asumir un riesgo superior a cambio de una rentabilidad diferencial contra el activo libre de riesgo pero cuya obtención no es una certeza absoluta. Se ilustrará el ejemplo anterior considerando como base un producto de ahorro, en el que la compañía garantiza un tipo de interés determinado en el vencimiento de la póliza y que puede cobrar como una renta complementaria en el momento de la jubilación. La rentabilidad que obtendrá la compañía con la comercialización del producto podría verse como la diferencia de tipo de interés ofrecida al cliente y la rentabilidad obtenida por el activo que está cubriendo este pasivo, típicamente un bono u obligación financiera. Este tipo de activos nos proporcionarán un cupón cierto y la devolución del nocional en el vencimiento del mismo. Pese a que los flujos de caja poseen un componente fijo, la variación de su valor estará sujeta a los cambios que se produzcan en la curva de tipo de interés, así como en la variación de su riesgo no sistemático. La certeza en la recepción de sus flujos hace que este instrumento sea ideal a la hora de configurar un producto en el que se garantiza el capital. Si la compañía deseara, o bien incrementar el diferencial que obtiene entre el rendimiento que se entrega al cliente y el que la firma obtiene por adquirir el bono, o bien el interés neto que pretende comercializar (esto es, hacer su oferta de productos más competitiva), podría considerar las siguientes posibilidades:

a) Seleccionar un activo con un riesgo superior al tipo de interés libre de riesgo. Este exceso de riesgo debería traducirse en un mayor diferencial de crédito y, por tanto, un tipo de interés superior para el propietario del bono. Sin embargo, este mayor riesgo asumido también se traducirá en una probabilidad de quiebra superior, en cuyo caso serán los fondos propios de la compañía los que deban afrontar el vencimiento de la póliza.

b) Seleccionar un activo cuya duración financiera sea superior a la del vencimiento de la póliza. Si la estructura temporal de tipos de interés muestra una pendiente positiva, la diferencia resultará una ganancia neta para la compañía siempre que dicha curva permanezca estable hasta el momento del vencimiento de la póliza.

c) Seleccionar un activo en una divisa distinta a la doméstica, si se espera que el tipo de cambio permanezca estable durante la vida de la póliza mientras que el tipo de interés de la divisa extranjera sea superior.

Para los tres casos descritos, en el momento del vencimiento de la póliza cabe la posibilidad de que haya existido una variación de valor que afecte de manera positiva o negativa al resultado de la compañía, como se podrá observar cuando se describa el balance simplificado del presente modelo. En un escenario extremo, esta variabilidad puede poner en peligro los fondos propios de la compañía, por lo que es necesario establecer un criterio unificado de apetito por el riesgo a la hora de componer la cartera.

7.1.3 Pasivos.

Se definen los pasivos de la compañía como la cantidad de primas que conforman la cartera de la misma. El modelo, como se ha indicado con anterioridad, comprenderá un único período completo, de manera que al final del ejercicio se le exigirá a la compañía que desembolse una parte significativa de las primas que corresponden a cada rama de negocio. Este proceso sólo es estimable inicialmente, de modo que su resultado parte de un proceso estocástico que va a depender tanto del volumen de contingencias promedio esperado al inicio del período, como de la volatilidad que muestre cada una de las ramas de negocio

Es de extrema importancia destacar que el modelo que se describe y que se simulará corresponde al de una compañía aseguradora de riesgos de no vida, dejando a un lado los productos de ahorro. El motivo fundamental es que los productos de riesgo poseen un componente de peso en sus provisiones técnicas, a la par que va a permitir perfilar ramas de seguro con diferencias significativas entre unas y otras. Por otra parte, los productos de ahorro basan su estructura de pérdidas y ganancias en los diferenciales de tipo de interés que la compañía obtiene entre el tipo remunerado por sus activos y aquel que acreditan a sus pasivos. Este ejercicio de *asset and liability management* se basa en el casamiento de flujos y la inmunización financiera.

En este apartado va a ser vital, tanto el precio que la entidad aseguradora marque para sus pólizas, como el criterio de selección de riesgos que establezca. En cuanto al primer punto, directamente dependiente de la estimación de contingencias que deberían producirse al inicio del período, siempre que la compañía no se encuentre en una

situación monopolística el mercado establecerá precios competitivos. En este modelo no es una variable a considerar ya que se está estableciendo que solamente existe una compañía aseguradora en el mercado y las primas destinadas a cada una de las ramas constituyen una variable endógena que puede modificarse en el punto de partida.

En cuanto al criterio de selección de riesgos de cada una de las ramas, dado que se considera el resultado de las contingencias al final del período como un proceso estocástico, como se describirá más adelante, tendrá un impacto significativo en la volatilidad específica del capital final. La propia naturaleza de cada una de las ramas posiblemente tenga un impacto elevado en sus distribuciones de probabilidad individuales, pero no es menos importante la política de selección de riesgos que se establezcan con los clientes potenciales a la hora de establecer el contrato de seguro. Puede afirmarse que, cuanto mayor sea el conocimiento que la compañía tenga sobre su base de clientes, así como del comportamiento de los activos que se acaba de describir en el apartado anterior, mejor podrá predecir el comportamiento de su cuenta de resultados al final del período.

A continuación se describe este apartado del modelo, así, estos pasivos estarán estructurados en *h* ramas distintas:

$$m = (1, .. h)$$

Se considera que las primas recogidas por la compañía siguen una distribución normal, multivariable y uniforme, expresada de la siguiente forma:

$$C \sim N_h(\eta, \Psi)$$

$$\eta = \left[\hat{E}(C_1), E(C_2), \dots, \hat{E}(C_h)\right]$$

$$\Psi = [Cov(X_m, X_n)]$$

Donde:

$\hat{E}(C_1)$ Cantidad estimada total de primas que han de pagarse en la extinción de la misma.

Se asume, además, que existe algún tipo de dependencia entre las diversas ramas en las que la compañía opera. Este es uno de los factores más relevantes en la especificación de los riesgos de la compañía ya que le acompaña un efecto diversificador único según el perfil que se adopte inicialmente, tanto en términos de riesgos en la selección de activos, como en la selección de pasivos o captación de primas. Es esperable, dada la naturaleza del negocio y el contenido de los productos cotizados por las compañías aseguradoras, que la relación a la que se hace referencia exista y, por tanto, que la covarianza entre dichas ramas sea distinta de cero. Esta hipótesis tiene un impacto significativo en la estructura de riesgos de la compañía, dado que existirá una estructura de pasivos eficiente que sea capaz de optimizar la rentabilidad obtenida por cada unidad de capital empleada. Esto es, la decisión sobre la cantidad de recursos que se dedican a cada una de las ramas de la compañía no será una cuestión trivial, como se tratará de demostrar.

Del mismo modo y, consecuentemente, desde el punto de vista del análisis marginal de las ventas de la compañía, podría darse el caso de que, aunque una de las ramas sea más eficiente en términos de coste que otra, su rentabilidad ajustada por

riesgo podría ser inferior al de otra más eficiente. Éste será otro de los puntos de vista que se abordará en el análisis del modelo. Si se plantea un crecimiento orgánico de la compañía porque se dispone de los recursos suficientes para ello, cabe preguntarse en qué rama es más eficiente realizar una nueva venta. Que exista una correlación a considerar entre las distintas ramas de negocio, así como entre aquellas y los activos que conforman la cartera, podría permitir que se introduzca en el precio de las pólizas este efecto diversificador. Por tanto, puede darse el caso que una rama con un margen de negocio inferior, a priori sea más eficiente desde el punto de vista del retorno ajustado por unidades de capital empleado. Una lectura del balance de la compañía desde un punto de vista agregado permitirá un análisis de este tipo, siempre que no se consideren los distintos elementos del balance de la compañía por separado, constituyendo un elemento claramente diferenciador en el proceso de ALM.

Este punto es especialmente representativo y constituye uno de los objetivos de este trabajo, dado que podría modificar por completo el esquema de precios e incentivos a la venta de determinados productos de cada rama de la compañía. Si una compañía aplicara marginalmente este efecto a cada póliza, no solamente estaría aproximándose de manera automática a la estructura de balance deseada, sino que además estaría siendo más eficiente en términos de rentabilidad ajustada por riesgo y capital empleado.

7.2 BALANCE.

7.2.1 Relación entre activos y pasivos.

Como se ha comentado en el punto 7.1, una de las relaciones más representativas que se van a analizar será la matriz de varianzas y covarianzas que se debe generar inicialmente para poner en marcha el modelo. A partir de esta matriz de varianzas, así como de las desviaciones estándar de cada uno de sus componentes, se extraerá también la matriz de correlaciones correspondiente. Ésta última servirá sobre todo como herramienta analítica cuando se realice algún cambio diferencial y se estudie el impacto que tiene en la distribución de la cuenta de resultados al final del ejercicio.

Además, y como se ha mencionado con anterioridad, la matriz de correlación va a servir para generar una senda de números aleatorios correlacionados, utilizando el método de descomposición de Cholesky. Se podrá aplicar este método siempre que se parta de una matriz hermitiana definida positiva. Esta matriz A puede ser descompuesta del siguiente modo:

$$A = LL^* \qquad (12)$$

Siendo L una matriz triangular inferior, cuya diagonal está compuesta por números o bien reales y positivos, o bien está compuesta por ceros. L^*, por su parte, es la matriz conjugada transpuesta de L.

En este trabajo se partirá de la matriz de correlaciones generada a través del método propuesto por Numpachaoren y Atsawarungruangkit (2012) y a partir de ella se

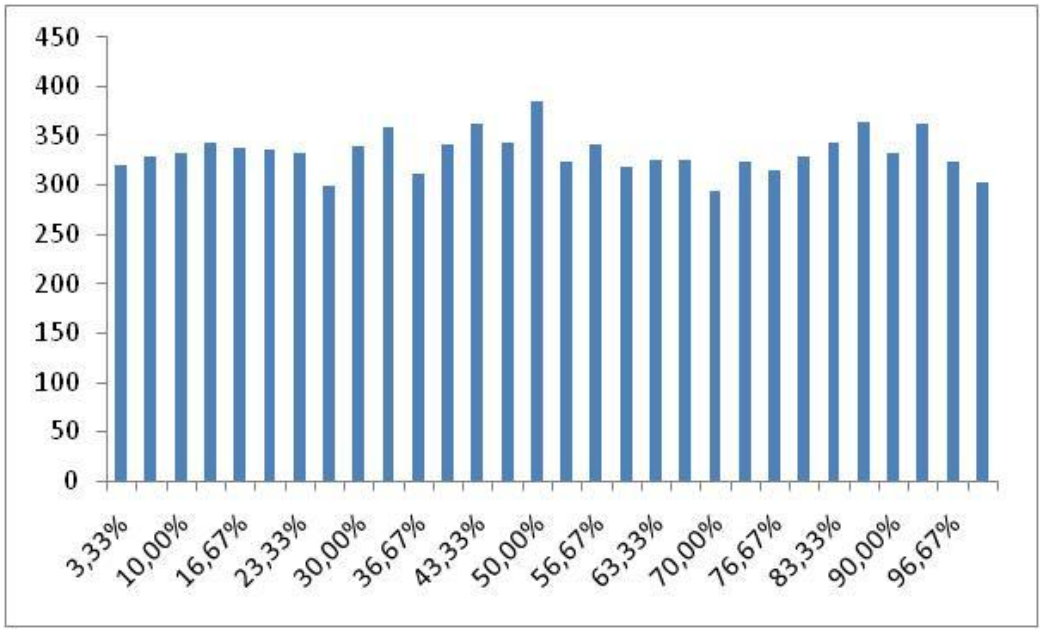
obtendrá la matriz triangular inferior L. Adicionalmente, es necesario generar la serie de números aleatorios sobre la que se aplicará la descomposición de Cholesky. El proceso sería el siguiente:

I. Generación de números aleatorios bajo una distribución uniforme, comprendida entre 0 y 1. Con este paso, se generan probabilidades aleatorias que se encuentran en el rango mencionado.

II. Conversión de la distribución uniforme de números aleatorios en valores z de una distribución normal con media 0 y desviación típica de 1. Una asunción necesaria para el modelo es que, así como el precio de los activos puede aproximarse mediante una distribución lognormal, los rendimientos de los activos seguirán una distribución normal.

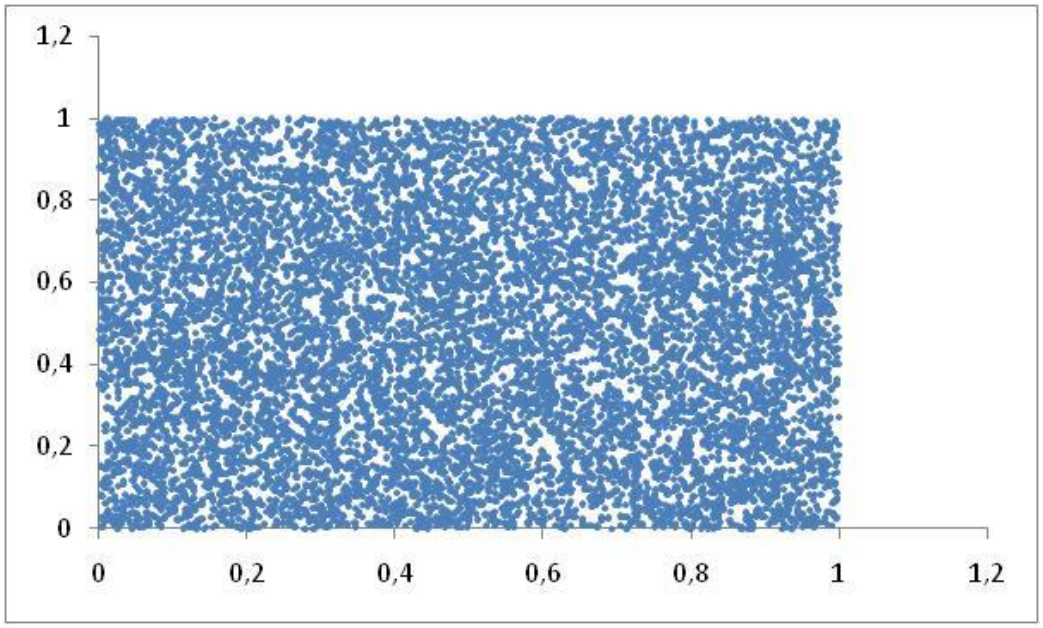
III. Solamente restaría correlacionar las series normales entre sí a través de la matriz de Cholesky que se ha calculado previamente. De este modo se cuenta con series aleatorias que respetan la distribución normal que se ha marcado, pero que a su vez se encuentran correlacionadas.

A continuación, se comprueba el impacto que este método logra, describiendo los puntos I, II y III, en dos series de números generados aleatoriamente. Se parte de 10.000 puntos de referencia que siguen una distribución lineal uniforme. Dicha distribución de frecuencias tendrá la siguiente forma:



Gráfica 7.10 Frecuencia de números en una distribución uniforme generada aleatoriamente.

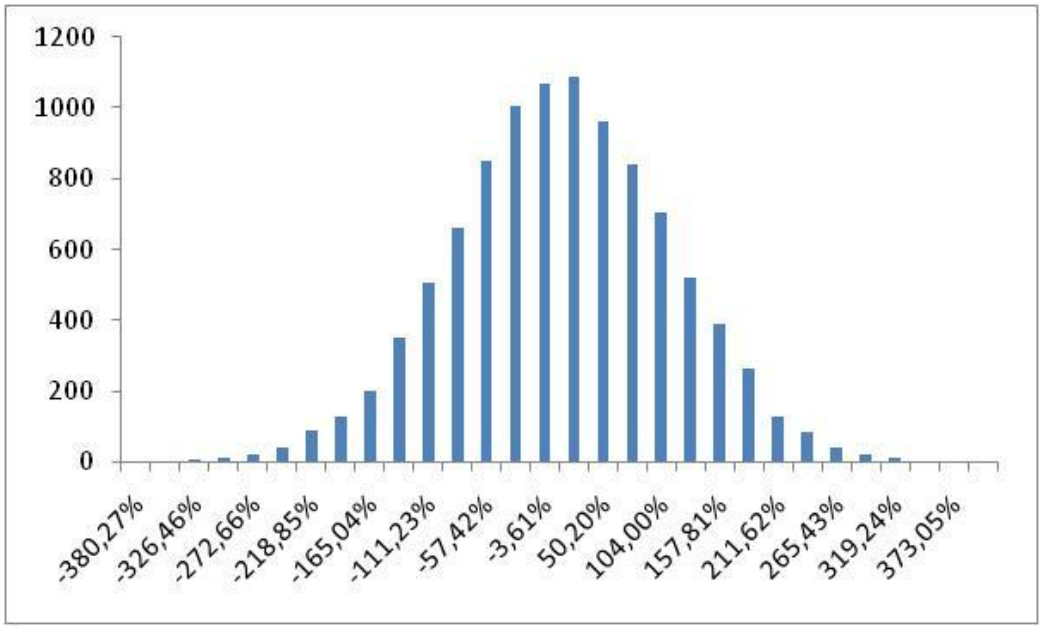
Y si se representan gráficamente los pares de números se observa el siguiente gráfico:



Gráfica 7.11 Representación de pares de puntos aleatorios distribuidos uniformemente en un plano.

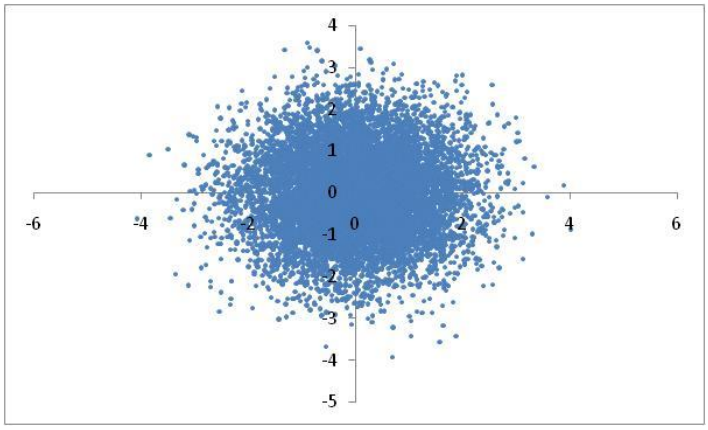
De manera coherente, la correlación calculada entre ambas series es prácticamente inexistente, muy cercana a cero: -0.26%.

Una vez transformadas las series en pares de puntos que siguen una distribución normal, la función de distribución de cada una de las series sigue un patrón como el que se recoge en la gráfica 7.12:



Gráfica 7.12 Distribución normal generada a partir de la generación de números uniformemente distribuidos entre 0 y 1.

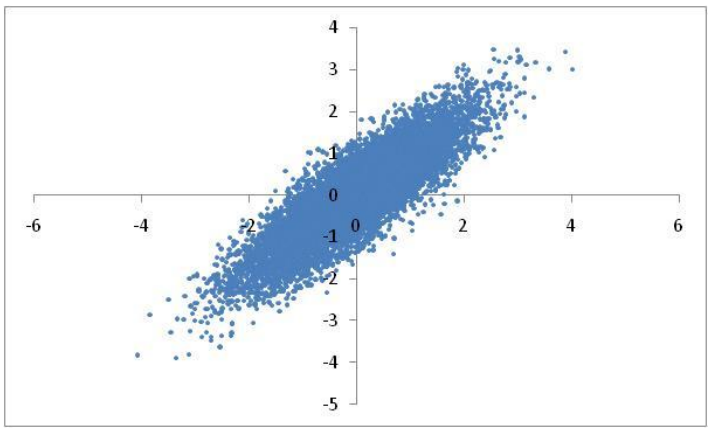
Los pares de puntos, por su parte, tendrán la siguiente representación:



Gráfica 7.13 Nube de puntos no correlacionados tras generación aleatoria.

Tras la normalización de las series, la correlación entre ambas sigue siendo muy reducida. En este ejemplo, pasa a ser de +0.57%, muy cercana a cero.

Si la relación de correlación que se quiere que los activos posean sea por ejemplo del 86%, el tercer paso transformará el gráfico de pares de valores en el siguiente:



Gráfica 7.14 Nube de puntos mostrando correlación positiva.

En este ejemplo, la correlación real registrada entre las dos series de activos aleatoriamente simulados pasa a ser de +86.19%, cercana a la intención inicial, definida

en un +86%. Se encuentran variaciones poco significativas con respecto al dato inicial, que son la consecuencia directa de trabajar con una muestra de datos pequeña, por un lado, y de la calidad de los números aleatorios inicialmente simulados, por la otra. Es de esperar que un incremento significativo en el tamaño de la muestra, así como una mejor selección de números aleatorios tiendan a reducir las diferencias entre la correlación inicialmente esperada y la resultante de los cálculos anteriormente propuestos.

Esta metodología va a permitir generar una gran cantidad de escenarios aleatorios en los que obtendremos un movimiento entre activos y pasivos coherente con la relación estadística descrita entre ambos. Se cumplirá, por tanto, una relación transitiva en la que, si la correlación entre A y B, y entre B y C es positiva y cercana a 1, entonces la relación entre A y C será consecuentemente positiva y cercana a 1.

En el presente modelo se asume que existe una correlación distinta de cero entre los activos de la cartera y los pasivos de cada una de las ramas. Siempre que esta relación se cumpla, la composición de los activos podrá optimizarse desde un punto de vista del balance de la compañía, como se intentará comprobar en el capítulo 10.

Más allá del modelo planteado, es posible que se quiera analizar en qué situaciones los activos de la cartera podrían tener una relación observable con los pasivos de la compañía, y no siempre puede resultar obvio. El ejemplo más claro consiste en plantearse la adquisición de acciones o participaciones preferentes en entidades aseguradoras. De este modo, es posible que existan determinadas variables que impacten de un modo significativo tanto en el activo de la compañía como en el pasivo, como por ejemplo, la evolución de la inflación y los tipos de interés. Así, en el

ejemplo concreto de los seguros de desempleo, en el que se percibe una cuantía mensual que compense la pérdida del puesto de trabajo, una mejora en la economía probablemente venga acompañada de una mayor seguridad en el empleo. De este modo, mientras los activos de la compañía incrementan su valor, dadas las mejores perspectivas económicas, los pasivos que tiene reconocidos la compañía aseguradora verán su siniestralidad sensiblemente reducida. En este caso, la correlación positiva existente entre ambas variables vistas de manera aislada posiblemente esté incrementando la volatilidad de nuestro flujo de caja final. De este modo, y cuando se diera una relación como la anteriormente descrita, la composición de los activos de la compañía puede tener un impacto no deseado en la volatilidad de los flujos de caja de la compañía. En escenarios en los que las variables fundamentales del balance se comporten de forma benigna para la aseguradora, encontraremos que el margen de solvencia se incrementa significativamente. Sin embargo, cuando dichas variables tomen el signo contrario, el margen de solvencia de la compañía sufrirá más de lo que lo haría la cartera de mercado. Por ello, ese incremento neto de la volatilidad de los flujos de caja de la compañía necesariamente deberá ir acompañado de un incremento en el capital requerido de la misma. En casos como el anteriormente descrito, y siempre que se cuente con un elemento de diversificación, será deseable una composición de cartera tal que reduzca la incertidumbre de nuestro perfil de distribución de flujos de caja.

Sin embargo, antes de concluir si una determinada rama de la compañía es eficiente en términos de capital, habría que verla en el contexto del balance agregado de la aseguradora, y observar los posibles efectos diversificadores que puede tener.

Hasta este punto se ha descrito la relación que existe entre los activos que conforman la cartera y cómo el balance de la compañía queda expuesto en ese sentido ante variaciones de valor de los mismos. De igual modo sucede con los pasivos, en los que, según sean las asunciones actuariales más o menos precisas, se obtendrán unos valores de prima consumida semejantes a los presupuestados inicialmente. A esto hay que añadir que existe una correlación distinta de cero entre activos y pasivos, de tal manera que el flujo de caja final va a depender de la volatilidad de ambos factores.

En el presente modelo, dicho flujo de caja esperado tendrá la siguiente forma[11]:

$$E(CF) = E(R) + \pi - E(C) \qquad (13)$$

Donde:

E(R) Representa el retorno esperado de los activos.

π Representa las primas totales recibidas de los clientes de la compañía.

E(C) Representa las primas totales pagadas a los clientes de la compañía.

Siendo π un número no simulado, conocido de antemano y en todo caso ligado a la labor de fuerza comercial que ejercite la compañía, no tendrá efecto alguno en la volatilidad de los flujos de caja esperados. Podría argumentarse, para ejercicios superiores a un año, que el volumen agregado de primas debería poseer algún tipo de dependencia temporal con la fortaleza financiera de la compañía. Esto es, la fortaleza financiera de la compañía podría jugar un rol significativo a la hora de atraer clientes, en la medida en que éstos percibirán que la aseguradora será capaz de mantener su

[11] Ver Lampenius (2013).

solvencia en el caso en que se produzcan escenarios adversos o la siniestralidad no esperada se dispare. En este modelo se mantendrá un volumen fijo de primas independientes del nivel inicial de capital.

Como se ha señalado con anterioridad, tanto E(C) como E(R) van a ser variables que aporten volatilidad a los flujos de caja de la compañía y la relación que existe entre ambas va a permitir plantear la optimización de la estructura de la compañía desde el punto de vista de los activos financieros que la componen.

7.2.2 Balance económico simplificado.

Para poder efectuar una simulación más precisa de los estados financieros de la compañía una vez se ha asumido una estructura óptima de activos y pasivos, es necesario recrear un balance simplificado de la misma. De este modo, se intentará cubrir varios objetivos como los que se relacionan a continuación.

El primer objetivo consiste en observar de una manera holística los sucesos que se dan dentro de la naturaleza de una compañía dadas unas circunstancias (lo que se podría denominar como análisis *ex post*). De este modo, se puede comprobar la relación que existe entre activos y pasivos dado un escenario así como la evolución del exceso de capital objetivo. No menos importante es relacionar el balance simplificado de la compañía con el análisis de pérdidas y ganancias que se debe monitorizar, para comprobar si las asunciones económicas y actuariales que se han establecido al inicio han resultado ser válidas o no. Como se verá más adelante, será necesario recalibrar el

modelo en los siguientes ejercicios en cuanto a la estructura de los pasivos se refiere, dado que la compañía habrá visto incrementada su experiencia en los distintos ramos.

El segundo objetivo consiste en poder analizar la relación entre activos y pasivos desde la óptica que impone Solvencia II para las compañías aseguradoras.

Dado que el alcance del análisis comprende un ejercicio completo que consta de un solo periodo, como ya se ha indicado con anterioridad, es necesario establecer dos balances económicos simplificados: (i) uno al inicio del período, que será igual para todos los escenarios que se generen, estableciéndose como el punto de origen; y (ii) el balance del final del ejercicio, con las consecuentes variaciones de valor en el caso de los activos y de prima consumida en el caso de los pasivos.

El primer paso será, por tanto, definir el balance inicial de la compañía. Para hacer el modelo más comprensible, inicialmente se numerarán los conceptos que se han ido comentando con anterioridad, dado que en ocasiones la notación matemática en el contexto de un balance puede resultar confusa.

Como se ha indicado con anterioridad, en este ejercicio se considerarán tres ramas de pasivos diferenciadas. Son diferenciadas en tanto que los productos que las contienen poseen su propia idiosincrasia y consecuentemente poseen correlaciones distintas de uno entre sí. Estas tres ramas podrían tomar los valores recogidos en la tabla 7.1:

Rama 1	29,96%
Reservas iniciales	60,00%
Stdev 1	14,00%
Rama 2	37,65%
Reservas iniciales	50,00%
Stdev 2	15,00%
Rama 3	32,39%
Reservas iniciales	40,00%
Stdev 3	16,00%
Total ramas	100,00%

Tabla 7.1 Estado inicial de las ramas de negocio de la compañía aseguradora.

Se puede comprobar que el total de los pasivos se dedican a una de las tres ramas escogidas, con pesos de 29.96%, 37.65% y 32.39% para las ramas 1, 2 y 3 respectivamente. Es necesario señalar que estos pesos corresponden con hipótesis de trabajo, y por tanto son susceptibles de ser calibrados libremente en el modelo.

Las reservas iniciales de cada rama representan el porcentaje total de cada pasivo que debe retenerse en balance para, en promedio, pagar los siniestros de los asegurados al final del período. Así, por ejemplo, la rama 1, que tiene unas reservas iniciales de un 60%, debería exigir, al final del período que se simule, un 60% de repago en forma de siniestros a los clientes asegurados. Dejaría, por tanto, y en el escenario central, un beneficio antes de gastos corrientes (los que atañen al funcionamiento de la compañía) y de impuestos, de alrededor de un 40% por prima. Sin embargo, esto no deja de ser sino el escenario central que se contemple. Se debe esperar, además, cierta volatilidad en el cumplimiento de estas reservas. En el caso de la rama 1, la desviación estándar se ha establecido de manera arbitraria en un 14%. Esto implica que, siguiendo los parámetros de una distribución normal, en el 68% de los casos se observarán valores finales de la

reserva necesaria de 60%+/- 14%, esto es, entre 74% y 46%. El primero originaría un caso de pérdida extraordinario para la compañía, puesto que inicialmente se presupuestó qué solamente un 60% de las primas obtenidas en la venta de los seguros retornaría a los clientes, y se ha requerido un 74%. En consecuencia, puede que el *pricing* del producto no fuera el correcto. El segundo caso representaría un ejemplo de beneficio extraordinario para la compañía, puesto que tan solo ha sido necesario un 46% de las primas recibidas inicialmente para cubrir los siniestros acontecidos por los contratantes de las pólizas.

En este punto se hace necesario recordar que no se puede concluir en términos aislados que un escenario u otro representan un beneficio o una pérdida para la compañía. Así, habrá que determinar el impacto que el mismo escenario ha podido tener en el resto de las ramas de la compañía y en los activos que componen la cartera del balance de la aseguradora. Como se verá más adelante, correlaciones muy altas entre las ramas de los pasivos podrían concluir en mayores volatilidades en el capital y la cuenta de resultados, de manera que la composición de los pasivos debería tender a compensar este hecho.

Es posible afirmar, de este modo, que toda la prima no consumida en el pago de siniestros al final del período, como se ha destacado antes, representa un ingreso potencial para la compañía una vez que se ha tomado en consideración gastos fijos y variables así como el pago de impuestos. Se denominará a la cantidad que no ha sido devuelta a los asegurados como prima no consumida.

Así pues, el balance inicial tendría un aspecto como el siguiente:

Primas consumidas (informativo)	
Primas consumidas 1	0,00
Primas consumidas 2	0,00
Primas consumidas 3	0,00
Pasivos	112.000.000,00
Primas no consumidas 1	29.957.776,97
Primas no consumidas 2	37.652.128,71
Primas no consumidas 3	32.390.094,32
Hacienda	0,00
Capital	12.000.000,00
Activos	112.000.000,00
Activos financieros	112.000.000,00
P&L	
Primas no consumidas	0,00
E(R) activos	0,00
Gastos devengados	0,00
Impuestos	
P&L (+ ganancia)	0,00

Tabla 7.2 Balance inicial de la compañía.

Como se puede observar en la tabla 7.2, al comienzo del ejercicio no se ha consumido nada de ninguna de las tres ramas, y por lo tanto, la prima consumida es cero. Es conveniente señalar que este cuadro se adjunta como informativo, ya que no representa parte alguna del balance.

En lo que a los pasivos se refiere, manteniendo un propósito de simplicidad, puede observarse cómo existe un reparto inicial de prima no consumida, y que representa buena parte de los activos con los que se construirá posteriormente la cartera. Si este ejercicio contara con pasos intermedios entre el estado inicial y el estado final, se

debería ir descontando paso a paso la prima consumida, esto es, los siniestros que se han ido pagando conforme a la realidad van definiendo el escenario en el que se adentra la compañía. Esto dejaría margen de mejora para ajustar el precio de las pólizas que se están vendiendo si fuese el caso de que la base de clientes es estable en el tiempo. Así, se analizarán más adelante estos efectos con mayor profundidad.

En los pasivos se encuentra, además, un apartado que se denomina con sencillez "hacienda". En el futuro, esta línea de pasivo recogerá la deuda que la compañía alcanzaría con la Administración Pública al final del ejercicio por el hecho de haber obtenido beneficios. En el estado inicial es cero, dado que la actividad de la compañía no ha concluido.

En cuanto al capital, como se ha descrito con anterioridad, representa la cantidad necesaria de recursos iniciales que son necesarios regulatoriamente para poder mantener la actividad de la compañía. Por supuesto, éste límite podría constituir el límite de intervención regulatoria, o, por decirlo de otro modo, el umbral a partir del cual la viabilidad de la compañía y su fortaleza financiera están en entredicho. De este modo, se puede plantear este capital inicial como el capital operativo mínimo considerado.

El total de pasivos, en este caso 112.000.000 euros, es coincidente con el total de activos de la compañía que, inicialmente y dado que la cartera aún no ha sido construida, se encontrarían en activos monetarios o cuentas corrientes no remuneradas y con una volatilidad dentro del ejercicio cercana al 0%. Dado que se considera el rendimiento de las inversiones para calibrar la capacidad de la compañía para generar

beneficios, es necesario asignar inicialmente unos activos que optimicen la estructura de la compañía.

De esta manera, al final del ejercicio se estará, según haya sido lo sucedido en la realidad, en un escenario u otro. Sí es posible, sin embargo, presupuestar un escenario central. El escenario central será aquel que se produzca si todas las variables del modelo se comportan de la manera esperada inicialmente, sin sufrir desviaciones en ninguna de sus variables. Siendo un escenario final posible, aunque improbable, no debe hacer que se olvide que la sensibilidad de la estructura de capital de la compañía va a venir dada de las relaciones que tanto los activos como los pasivos acaben mostrando al final.

Siguiendo el ejemplo planteado, el balance final presupuestado de la compañía tendría el siguiente aspecto:

Primas consumidas (informativo)	
Primas consumidas 1	17.974.666,18
Primas consumidas 2	18.826.064,36
Primas consumidas 3	12.956.037,73
Pasivos	65.374.895,61
Primas no consumidas 1	11.983.110,79
Primas no consumidas 2	18.826.064,36
Primas no consumidas 3	19.434.056,59
Hacienda	3.131.663,87
Capital	12.000.000,00
Activos	65.374.895,61
Activos financieros	65.374.895,61
P&L	
Primas no consumidas	50.243.231,73
E(R) activos	4.669.453,38
Gastos devengados	-40.000.000,00
Impuestos	-3.131.663,87
P&L (+ ganancia)	11.781.021,24

Tabla 7.3 Balance final presupuestado de la compañía.

Dado que cada una de las ramas ha cumplido, en este escenario concreto, con las expectativas iniciales, se puede comprobar que las primas consumidas respetan este defecto de variación. Este dinero habría sido remitido íntegramente a los partícipes o asegurados, de modo que ya no se encuentra en el balance de la compañía. Un escenario tal permitiría el ideal de poder alcanzar una valoración muy precisa de las pólizas, haciendo más competitiva la compañía en el medio plazo.

Así, y comenzando por los pasivos, se observa que el resto de las primas no consumidas permanecen en el balance de la entidad, y que son ya recursos de la compañía para conceptos tales como el pago de gastos fijos y variables e impuestos, si es que se ha incurrido en beneficios, como es el caso.

Ahora sí, la línea dedicada a la deuda contraída con las administraciones públicas es distinta de cero, dado que se debe pagar un porcentaje fijo sobre los beneficios obtenidos. En este caso, se ha establecido que el tipo impositivo, a modo de ejemplo, sea del 21%. El capital inicial no ha variado, sin embargo, y permanece en los mismos niveles que al inicio del ejercicio.

Por otra parte, los activos de la compañía una vez desembolsadas las cantidades necesarias para pagar siniestros, y siempre antes de gastos e impuestos, replican la cantidad que se ha descrito anteriormente en los pasivos.

Si bien en el balance económico inicial no se contaba aún con un análisis de pérdidas y ganancias (representado por sus siglas en inglés, P&L, *profit and loss*), al final del ejercicio sí existirá un resultado distinto de cero. En el caso del escenario central, se observan unas primas no consumidas de 50.243.231,73 euros. Dado que los asegurados ya han recibido en forma de siniestros el resto, ésta representaría la segunda línea del ingreso bruto (siendo la primera, las ventas antes de siniestros).

Existe, además otra línea de ingresos adicionales, que no es otra que el ingreso que han generado los activos en los que se ha invertido el dinero recibido por los partícipes. Recordar, una vez más, que estos rendimientos vendrán dados por un escenario simulado que compartirán activos y pasivos y, por lo tanto, es una cifra que va a variar en proporciones esperables entre unos y otros.

La línea de gastos devengados al final del ejercicio tiene en cuenta tanto los gastos fijos de la compañía como los gastos variables. En este caso, se han establecido unos costes fijos de 20.000.000 euros, más un 20% adicional de cada prima contratada. La

estructura de costes de la compañía incluye conceptos variados como la fuerza de ventas, el sistema de primas establecido para potenciar la venta de determinados productos, y otros conceptos como el soporte al cliente, la valoración del producto, etc. No se están incluyendo en el modelo, sin embargo, costes que pueden darse con cierta frecuencia en la realidad, como los costes jurídicos relacionados con la postergación del pago de siniestros por litigio y/o fraude; ya que se está asumiendo que todos los siniestros se pagan al final del ejercicio.

Por último, se obtiene una cifra final de pérdidas y ganancias. En este caso, el beneficio después de impuestos de la compañía se cifra en 11.781.021,24 euros.

Dado que la naturaleza de este ejercicio implica valorar cómo quedaría la compañía si la misma se liquidara después del último ejercicio realizado, este cálculo no es otro que la estimación de la variación del valor neto de la compañía al final del período. En el caso de haber obtenido beneficios, es de esperar que el valor resultante, o bien se reparta en forma de dividendos o, bien pase a constituir una parte del nuevo capital de la compañía, incrementando la fortaleza financiera de la aseguradora de cara al siguiente ejercicio, en el que nuevos clientes llegan a la compañía. Si se opta por éste último procedimiento, los riesgos a los que la compañía podría exponerse en el siguiente período podrían ser significativamente mayores, dado que el exceso de capital inicial va a ser significativamente mayor. Sin embargo, esto no implica que se abandone la idea de seguir invirtiendo en la estructura de capital más óptima para la compañía aseguradora. No obstante, tal vez, el apetito por el riesgo representado por el porcentaje invertido en cada rama aseguradora o la composición de los activos de la cartera varíen significativamente.

Así, si se realiza un balance económico simplificado una vez la empresa ha obtenido beneficios y se ha optado por incorporarlos en forma de capital a la compañía, éste quedaría del siguiente modo:

Primas consumidas (informativo)	
Primas consumidas 1	0,00
Primas consumidas 2	0,00
Primas consumidas 3	0,00
Pasivos	26.912.685,11
Primas no consumidas 1	0,00
Primas no consumidas 2	0,00
Primas no consumidas 3	0,00
Hacienda	3.131.663,87
Capital	23.781.021,24
Activos	26.912.685,11
Activos financieros	26.912.685,11
P&L	
Primas no consumidas	50.243.231,73
E(R) activos	4.669.453,38
Gastos devengados	-40.000.000,00
P&L (+ ganancia)	11.781.021,24

Tabla 7.4 Balance económico simplificado de la compañía al final del ejercicio.

Este es el resultado esperado o presupuestado inicialmente. Una vez se hayan simulado diferentes escenarios, las distintas relaciones que existen entre las variables del modelo generarán resultados distintos. A continuación se presenta uno de ellos, derivado de una extracción de las 10.000 simulaciones realizadas.

El balance inicial sería idéntico al del modelo presupuestado:

Primas consumidas (informativo)	
Primas consumidas 1	0,00
Primas consumidas 2	0,00
Primas consumidas 3	0,00
Pasivos	112.000.000,00
Primas no consumidas 1	29.957.776,97
Primas no consumidas 2	37.652.128,71
Primas no consumidas 3	32.390.094,32
Hacienda	0,00
Capital	12.000.000,00
Activos	112.000.000,00
Activos financieros	112.000.000,00
P&L	
Primas no consumidas	0,00
E(R) activos	0,00
Gastos devengados	0,00
Impuestos	
P&L (+ ganancia)	0,00

Tabla 7.5 Balance inicial de la compañía previo a la simulación de un escenario aleatorio.

Sin embargo, el balance final de la simulación varía significativamente:

Primas consumidas (informativo)	
Primas consumidas 1	19.983.250,98
Primas consumidas 2	20.681.179,92
Primas consumidas 3	15.075.421,63
Pasivos	56.701.910,92
Primas no consumidas 1	9.974.525,99
Primas no consumidas 2	16.970.948,79
Primas no consumidas 3	17.314.672,68
Hacienda	441.763,46
Capital	12.000.000,00
Activos	56.260.147,46
Activos financieros	56.260.147,46
P&L	
Primas no consumidas	44.260.147,46
E(R) activos	-2.156.511,93
Gastos devengados	-40.000.000,00
Impuestos	
P&L (+ ganancia)	2.103.635,53

Tabla 7.6 Balance final de la compañía en uno de los escenarios generados aleatoriamente.

Las ganancias obtenidas (2.103.635,53 euros) son significativamente inferiores al presupuesto inicial. En este contexto, cabría preguntarse cuáles son los motivos que hacen que se dé esta circunstancia.

Así, por la parte del activo, en este ejercicio, el retorno real de los activos resultó ser -1.93%, de manera que la cartera de activos ha tenido una aportación negativa al comportamiento presupuestario de la compañía.

Por la parte del pasivo, se observa cómo se han comportado los siniestros de la compañía, en comparación a lo que se presupuestó inicialmente:

Rama 1	29,96%
Reservas iniciales	60,00%
Stdev 1	14,00%
Rama 2	37,65%
Reservas iniciales	50,00%
Stdev 2	15,00%
Rama 3	32,39%
Reservas iniciales	40,00%
Stdev 3	16,00%
Total ramas	100,00%

Tabla 7.7 Situación inicial de las ramas de pasivo de la compañía, previo a la generación de un escenario aleatorio.

Rama 1	29,96%
Reservas finales	66,70%
Stdev 1	14,00%
Rama 2	37,65%
Reservas finales	54,93%
Stdev 2	15,00%
Rama 3	32,39%
Reservas finales	46,54%
Stdev 3	16,00%
Total ramas	100,00%

Tabla 7.8 Situación final de las ramas de pasivo de la compañía en un escenario generado aleatoriamente.

Para todas las ramas, los siniestros pagados a los clientes han sido superiores a lo presupuestado. Han exigido, por tanto, un desembolso mayor de las primas que se ingresaron inicialmente. En un escenario extremo, la compañía debería haber respondido al desembolso de primas con su propio capital más los ingresos que

hubieran generado los activos. Se puede dar el caso, por tanto, de quiebra económica por no poder hacer frente a los compromisos adquiridos.

Un elemento importante a la hora de tener en cuenta los impuestos en el cálculo de la volatilidad del exceso de capital de la compañía es, no solamente la pérdida de rentabilidad que se obtiene cuando los ingresos de la compañía son positivos, sino que además, una parte significativa de la volatilidad (para todas aquellas rentabilidades superiores a cero), estará también sesgada a la baja. No sucede lo mismo, sin embargo, cuando la compañía ha incurrido en pérdidas, dado que en ese caso, tanto rentabilidad como volatilidad no serán dependientes de la cantidad de impuestos a pagar. Se puede afirmar por tanto que, en parte, el Estado comparte cierta proporción del riesgo de la compañía si los beneficios son negativos[12]. Este efecto será tenido en cuenta a la hora de calcular los rendimientos del modelo y, pese a que la perspectiva correcta debería considerar el efecto del sesgo bajista de la volatilidad, en este caso, no se tendrá en cuenta el efecto de los impuestos. Esta hipótesis permitirá asumir simetría en la distribución de rendimientos de la compañía, lo que facilitará, en cierta medida, la parametrización y los cálculos.

Como se ha anotado con anterioridad, el balance económico del modelo va a permitir extraer distintas mediciones sobre el comportamiento de los activos, los pasivos y el exceso de capital de la compañía por separado de manera empírica. En el apartado 7.4.2, dedicado a las principales variables a observar se realizará un análisis pormenorizado de cada una de las mismas y se explicará el impacto que las distintas acciones que puede tomar la compañía poseen a nivel agregado.

[12] Ver Cornia y Nelson (2010).

7.3 RESTRICCIONES DEL MODELO.

A lo largo de los distintos apartados de este trabajo se han descrito de manera relativamente explícita las diferentes restricciones a las que se enfrenta el modelo. A continuación, se tratará de enumerar y detallar estas restricciones, para tener una aproximación más completa a los grados de libertad que posee la compañía a la hora de configurar las características fundamentales de su negocio. Cabe destacar que no siempre la compañía será capaz de establecer de forma arbitraria el estado de estas variables, bien sea por problemas de eficiencia económica u operativa, como se verá más adelante. En cualquier caso, siempre cabría replantearse los incentivos necesarios a medio y largo plazo para alcanzar el que sea considerado el estado corporativo más eficiente.

La primera restricción a la que se enfrenta la compañía consiste en que el capital del que dispone es limitado. Ésta es, además, crítica, ya que va a hacer dependiente la continuidad del negocio, si es que alcanza un nivel por debajo del exigido por el regulador, marcando el inicio de una intervención forzosa.

Típicamente el capital estará constituido por las aportaciones de los socios, quienes soportarán el riesgo de la compañía con el patrimonio aportado para la constitución de la sociedad. Este capital determinará además la fortaleza financiera de la compañía, ya que en un entorno desfavorable deberá responder de las pérdidas ante potenciales acreedores, siendo los primeros, los clientes de la compañía. Formará parte de una línea de pasivo, estando en último lugar en orden de prelación en el caso de una disolución forzosa de la compañía.

El capital de la compañía puede configurarse como una restricción a priori del modelo, si efectivamente se dispone de una cuantía limitada y establecida de antemano. En este caso, se optimizará después una estructura de las distintas ramas de la compañía y de los activos de la entidad, tales que, en un escenario negativo (cuya probabilidad de suceso es inferior o igual a un porcentaje determinado), permiten que el exceso de activo resultante sea superior a cero. O, lo que es lo mismo, para una determinada cifra de capital, bajo condiciones de normalidad, determinar cuál es la estructura de balance que asegura la continuidad de la compañía,

Sin embargo, también se puede optar por dejar que el capital necesario sea la variable dependiente del modelo. Por ejemplo, establecer un rendimiento objetivo de la compañía cuyo riesgo implícito sea el menor posible. En este caso, se entenderá como riesgo implícito la volatilidad deseada del exceso de activo una vez descontados los pasivos al final del período.

El rendimiento objetivo de la compañía podría ser, por tanto, una restricción del modelo, dado que medirá el coste de oportunidad del capital invertido en la misma. Esto es, los socios no deberían estar dispuestos a aportar parte de su patrimonio en la compañía si son capaces de obtener un rendimiento similar o superior relativo al riesgo que están tomando.

Al igual que, al inicio, se indicaba que el capital de la compañía puede resultar una de las principales restricciones del modelo, en tanto que puede ser un recurso ciertamente escaso, también se puede establecer la volatilidad de los flujos de caja resultantes del modelo como una restricción a tomar en consideración. Su relación con

el capital indicado anteriormente, es directa: una mayor volatilidad de los flujos implicará que la compañía necesite un mayor capital inicial, para hacer frente a los posibles escenarios adversos a los que se enfrente la compañía. Sin embargo, y estableciendo un paralelismo con los modelos de optimización establecidos por Markowitz, se puede plantear también establecer un nivel absoluto deseable de volatilidad, y tratar de maximizar el rendimiento de la compañía. Se debe destacar, una vez más, que no se considera únicamente y por separado la volatilidad de los activos, por su parte, o de los pasivos, por otra. El efecto relacional que existiría entre ambos, según la tesis que aquí se plante, significativamente distinto de cero, provocará que el flujo de caja del exceso de capital (el rendimiento del activo, descontado de los movimientos de pasivo) tenga un comportamiento distinto de la mera resta entre ambos apartados del balance.

Se trata, a continuación, de ilustrar lo indicado en la tabla 7.9. Suponiendo que las primas agregadas resultan ser de 100.000.000 de euros, un ejemplo del reparto por ramas de la compañía podría ser el siguiente:

Rama 1	29,96%
Reservas iniciales	60,00%
Stdev 1	14,00%
Rama 2	37,65%
Reservas iniciales	50,00%
Stdev 2	15,00%
Rama 3	32,39%
Reservas iniciales	40,00%
Stdev 3	16,00%
Total ramas	100,00%

Tabla 7.9 Situación inicial de los ramos de pasivo de la compañía.

Así, por ejemplo, la rama 1 contará con una reserva de primas de 29.960.000 euros, 37.650.000 la segunda, y 32.390.000 la tercera.

Dado que cada una de las ramas posee su propia volatilidad, entendida como el riesgo de negocio asumido por la compañía a la hora de comercializar primas de ese ramo asegurador concreto, se podría establecer que la volatilidad agregada de la compañía será la suma de cada una de las volatilidades de las ramas multiplicada por sus respectivos pesos. Esta asunción implica que la correlación entre las distintas ramas de negocio es cero, y, por tanto, que todo aquello que en un escenario afectara a un apartado del negocio no tiene necesariamente por qué afectar al otro. Sin embargo, y dado que la correlación entre las distintas ramas sí es distinta de cero, es necesario tomar en consideración el efecto que dicha relación tendrá en la estructura de capital de la compañía y que, del mismo modo que sucede en el caso de los activos, es asumible que sería posible alcanzar cierto grado de optimización.

Siguiendo el ejemplo contemplado con anterioridad, se propone una posible matriz de correlación que se usaría para describir los pasivos:

CORR REAL	Rama 1	Rama 2	Rama 3
Rama 1	1,0000	0,0036	0,5018
Rama 2	0,0036	1,0000	-0,0158
Rama 3	0,5018	-0,0158	1,0000

Tabla 7.10 Tabla de correlaciones entre los pasivos de la compañía.

Como se puede comprobar, la correlación existente entre la rama 1 y la rama 2, así como entre la rama 2 y la rama 3, son muy cercanas a cero, indicando que apenas comparten relaciones causales entre ambas. En este caso, la rama 2 parece poseer una

idiosincrasia ciertamente distinta de las otras dos, dado que la rama 1 y la rama 3 parecen mostrar correlaciones más altas. Tal y como se podrá comprobar y analizar más adelante, el modelo permitirá analizar el efecto de los distintos escenarios de correlación que puedan suceder.

Dado el anterior cuadro de correlaciones, a continuación se recoge un resumen de las volatilidades esperables de la compañía.

Primas agregadas (€)	100.000.000,00
Expected claims	49,76%
Expected claims vol	15,02%
Claims vol (tras divers.)	9,78%
Expected claims (€)	49.756.768,27

Tabla 7.11 Volatilidades esperadas en el ejercicio.

Como se puede comprobar, la volatilidad final de los pasivos de la compañía es sensiblemente inferior a la suma simple de las volatilidades aportadas por cada una de los ramos de negocio. Es esperable, para este ejemplo, que el elemento diversificador sea elevado, dado que uno de los ramos está prácticamente descorrelacionado con el resto. Conviene recordar que ésta es la volatilidad de los pasivos y no de los flujos de caja. Las distintas correlaciones de los activos con las ramas de negocio también poseerán un efecto diversificador siempre que sean distintas de cero. A efectos de ilustrar este último comentario, se comenzará primeramente, realizando un análisis similar para la estructura del activo de la compañía. Así, la matriz de correlaciones entre los distintos activos de la compañía será la siguiente:

CORR REAL	Activo 1	Activo 2	Activo 3	Activo 4	Mercado
Activo 1	1,0000	-0,3168	0,8970	-0,0416	0,0370
Activo 2	-0,3168	1,0000	-0,3622	-0,5577	0,8235
Activo 3	0,8970	-0,3622	1,0000	-0,1319	0,1294
Activo 4	-0,0416	-0,5577	-0,1319	1,0000	-0,8121
Activo 5	0,0370	0,8235	0,1294	-0,8121	1,0000

Tabla 7.12 Correlación entre los activos elegibles para la construcción de la cartera.

Como se ha señalado anteriormente, el activo número 5 se puede identificar como la cartera de mercado, que debe ser óptimo desde el punto de vista de Sharpe. Además, dichos activos tendrían las siguientes volatilidades, coherentes en un sentido transitivo con la tabla de correlaciones proporcionada arriba:

	Peso en cartera	Volatilidades
Activo 1	0,41%	3,00%
Activo 2	23,45%	7,00%
Activo 3	28,23%	11,00%
Activo 4	47,91%	16,00%
Mercado	0,00%	9,00%
	100,00%	12,42%

Tabla 7.13 Cartera de mercado, considerada eficiente en términos de Sharpe.

Por un lado, es necesario señalar que el peso en cartera que se ha tomado es puramente arbitrario, y escogido con propósitos ilustrativos. Por otro lado, señalar que de la misma manera que se hacía con la parte de pasivos, se puede calcular la volatilidad esperada para la cartera de activos si éstos carecen de correlación entre sí, y no comparten relaciones causales de ningún tipo, y compararla con la volatilidad real que resultaría de incorporar las correlaciones al cálculo.

Volatilidad de los activos (esperada)	12,42%
Volatilidad de los activos (real)	6,99%

Tabla 7.14 Volatilidad esperada y volatilidad final de los activos tras incorporar el elemento diversificador.

En este caso, el efecto de la diversificación reduce significativamente la volatilidad de los activos, como era esperable en un primer momento. A continuación cabe plantearse qué sucede si se observa el efecto agregado del balance, incorporando activos y pasivos. Conviene así recordar el efecto en volatilidad de los pasivos:

Volatilidad de los pasivos (esperada)	15,02%
Volatilidad de los pasivos (real)	9,78%

Tabla 7.15 Volatilidad esperada y volatilidad final de los pasivos tras incorporar el elemento diversificador.

Finalmente, en el caso expuesto, la volatilidad realizada de los flujos de caja de activos y pasivos sería de un 7,53%.

Otra de las restricciones fundamentales del modelo se trata del reparto en primas entre las distintas ramas de la compañía. En este modelo se cuenta con un importe inicial predefinido que se debe redirigir a cada uno de los frentes de negocio de la aseguradora. El peso total de los ramos de seguro debe ser igual a 1, y ningún peso puede ser negativo, esto es, que la compañía sea vendedora neta de riesgo en una rama en concreto. No se contempla la posibilidad de introducir el concepto de reaseguro en la estructura del modelo, aunque sería una herramienta válida para mitigar los riesgos de cola no deseados en cualquiera de las ramas de análisis, teniendo en cuenta tanto el coste adicional que esto supondría como el impacto en balance que tendría el incorporar

herramientas de mitigación del riesgo de crédito con la contrapartida reaseguradora, tales como el establecimiento de un depósito de reaseguro.

La estructura de negocio de la compañía dependerá de la fuerza de ventas planteada, así como de la configuración demográfica de la población objetivo y de otras fuerzas exógenas como la presión fiscal o el propio ecosistema del sector, que posiblemente fuerce a la especialización y a la competencia en precios. Es razonable por tanto pensar que la compañía no tendrá toda la flexibilidad y libertad que desearía para cambiar la estructura de ramos de negocio de la compañía, y que alcanzar la composición óptima de cartera podría tomar un período de tiempo considerable. Efectivamente, el modelo no está teniendo en cuenta factores como éstos, que complicarían y limitarían la optimización del balance de la compañía. A pesar de ello, el modelo sigue teniendo validez, dado que la compañía sí poseerá las herramientas necesarias para avanzar hacia el reparto óptimo establecido, a través de la implementación de incentivos y planes estratégicos de largo plazo.

7.4 PRINCIPALES OUTPUTS DEL MODELO.

En este apartado se describirán las principales métricas que se van a tomar en consideración para analizar el modelo. Se detallará el proceso de optimización seguido, la forma en que se observará el universo de estados de balance posibles y la forma de comparación de los diferentes resultados entre sí. La discusión se categorizará en los

dos siguientes temas, por un lado, el proceso de simulación y optimización, y por otro lado, las principales variables a observar.

7.4.1 Proceso de simulación y optimización.

El proceso de simulación en el modelo comprende distintas herramientas, que nos van a permitir calibrar dimensionalmente la compañía que se ha modelizado. El mismo, por motivos de optimización ofimática, se encuentra automatizado, y mientras que su principal virtud consiste en ser altamente maleable, su mayor defecto es que requiere tiempo y potencia de cálculo considerables[13].

Como se indicó con anterioridad, el modelo permitirá manipular individualmente cada uno de los inputs descritos con anterioridad, para analizar con posterioridad el impacto que estos cambios tendrán en las variables observadas. Tal y como posteriormente se comprobará, es necesario comentar qué tipo de indicadores se elegirán para comprobar el impacto que uno u otro cambio tiene en las métricas de la compañía y establecer así si dicha variación es razonable o no.

Cuando se analicen cambios de carácter individual, se mantendrán el resto de variables en su estado inicial, *ceteris paribus*, manteniendo así dos cuadros comparables y de los que se puedan extraer conclusiones válidas. Esto puede encontrar ciertas dificultades entre variables que, por su naturaleza, se encuentren correlacionadas entre sí, no obstante en este caso, se ignorará este efecto por el momento. En el siguiente

[13]Si bien es cierto que la base del modelo, tal y como está recogida en los anexos, está programada en Visual Basic, se recomienda utilizar herramientas de cálculo matricial más potentes en el futuro para trabajar con la totalidad de los generados, tales como Matlab, que reduciría los tiempos de cálculo considerablemente, aportando herramientas de análisis adicionales.

punto se detallarán las variables que se van a observar cuando se realicen determinados cambios, y se incluye una descripción detallada de cada una de ellas.

Una segunda funcionalidad del modelo se basa en su capacidad para lanzar simulaciones aleatorias del estado financiero de la compañía presente y futuro. Para comenzar, permite realizar un número prácticamente ilimitado de escenarios para los estados financieros de la compañía al finalizar el ejercicio. Éste proceso implica la generación de números aleatorios para cada uno de los escenarios (un vector por cada uno de ellos, con tantas columnas como activos y ramas se estén simulando) distribuidos de manera uniforme en el intervalo [0, 1]. Recordar que en este modelo se están incorporando las relaciones intrínsecas que existen entre los activos que componen la cartera y los pasivos que contiene la aseguradora, de manera que los números aleatorios generados deben respetar estas correlaciones. Como se ha comentado, aplicar un proceso de descomposición de Cholesky permitirá que los números generados aleatoriamente al inicio respeten las correlaciones que se establezcan *ad hoc*. Cada uno de los escenarios representará un estado futuro único que nos proporcionará una fotografía completa del estado de la compañía. Si se deseara simular la capacidad de reacción de la compañía ante determinados eventos que puedan suceder en el transcurso de un ejercicio, como puede ser, por ejemplo, un cambio significativo en la legislación aplicable que indique un cambio en la siniestralidad esperada de una de las ramas, se podrían simular pasos intermedios entre el estado inicial de la compañía y su estado final. Sin embargo, en este caso es necesario señalar que la necesidad de potencia de cálculo y el tiempo necesario para computar los resultados de la simulación crecerían significativamente.

Una vez se hayan proyectado un número determinado de escenarios, se podrá analizar la forma de nuestra distribución de flujos de caja al final del ejercicio y extraer conclusiones válidas, por ejemplo, del nivel de capital esperado o de la adecuación de las inversiones de la cartera. El hecho de poseer este perfil de la distribución nos va a permitir analizar y marcar como objetivos estadísticos de segundo orden la simetría del mismo o la kurtosis deseada de la compañía. Cabe notar que, por motivos de simplicidad, se utilizan distribuciones normales gaussianas, tanto en los pasivos como en los activos, pero sería más realista, o bien asumir una distribución que se ajuste mejor al perfil realizado de flujos de caja, o bien tomar directamente éstos. En este caso, ambas posibilidades se encuentran fuera de alcance, dado que se plantea el caso de una compañía de nueva creación.

La segunda dimensión en la que se pueden realizar simulaciones sobre la estructura del modelo se basa en las distintas variables o inputs definidos con anterioridad. Este tipo de simulación no afecta inicialmente a los escenarios que descritos antes. Por el contrario, cada una de las simulaciones que se realicen tendría posteriormente una serie diferenciada de simulaciones que observar, aunque no necesariamente es así. Para ilustrar esta capacidad, imagínese que se desea conocer el espectro de compañías que se podría construir para cada una de las combinaciones posibles de ramas de las que se disponen. Por definición, el modelo admitirá un número infinito de combinaciones posibles, dado que los pesos de las compañías admiten fracciones. Cada una de estas combinaciones posibles, a su vez, podría tener un número ilimitado de simulaciones que proyecten el estado final de la compañía, pero éste no es necesariamente un objetivo que se desee alcanzar. Se podrían, por ejemplo, mantener

los números aleatorios que determinan el estado futuro de la compañía simulada, para poder comprobar cómo las distintas combinaciones de ramas posibles se comportan ante los mismos escenarios y eliminar parte del componente estocástico del modelo.

Recapitulando lo anteriormente escrito, se podría simular, por una parte, los escenarios futuros a los que va a enfrentarse la compañía, y por otro, usar el modelo para generar un número infinito de réplicas y compararlas entre sí.

Una segunda característica del modelo es su capacidad para optimizar aquellas variables de salida que se deseen, en base a las condiciones que se quieren establecer de antemano. Sin embargo, su potencia sería más débil, dado que la capacidad de cálculo en el proceso de optimización se ve severamente mermada cuanto mayor es el número de restricciones que se quieran imponer. El proceso de optimización no está además exento de riesgos, dado que siempre que exista una única solución final se está ignorando la posibilidad de que, a la hora de optimizar, por ejemplo, se haya encontrado un máximo local, y se esté ignorando por completo una solución más óptima pero lo suficientemente distante como para que nuestro algoritmo de optimización no la haya tenido en cuenta, en el caso en el que la relación analizada no sea perfectamente lineal[14].

Sin embargo, los beneficios del proceso de optimización son evidentes: si el acceso al capital disponible de la compañía es limitado (como una de las principales restricciones del modelo, es una cantidad finita), se puede establecer un límite superior de capital y tratar de optimizar la estructura de la compañía que resulta en un mayor beneficio para el accionista. Del mismo modo, si el accionariado de la compañía exige

[14] En el apartado 10.1 se realiza un análisis pormenorizado de las problemáticas derivadas del uso de los distintos procesos de optimización propuestos.

un nivel de rentabilidad mínimo, se puede optimizar la estructura de la aseguradora para el menor nivel de capital posible o la mayor rentabilidad una vez remunerado el capital. Es razonable pensar que los accionistas de la compañía poseerán curvas de utilidad en las que relacionen el riesgo que asumen con la inversión que están realizando y la rentabilidad que obtienen de la misma, de esta forma, es nuestra labor optimizar la estructura de la compañía una vez conocidos uno de los dos puntos[15].

También es plausible optimizar el modelo desde el punto de vista de los flujos de caja asumidos por la compañía. Se podría por ejemplo elegir la cartera de activos óptima en términos de rentabilidad riesgo, ignorando los pasivos que arrastra la compañía, y viceversa, escoger una estructura de pasivos óptima independientemente de la relación que posean con los activos de la aseguradora. Sin embargo, la realización de un ejercicio tal se demuestra subóptima cuando se enfrenta a optimizaciones que tienen en cuenta procesos de ALM y de adecuación de activos contra pasivos[16].

7.4.2 Principales variables a observar.

Durante el proceso de análisis y simulación se realizarán cambios con el objetivo de analizar el impacto que cada una de las variables tiene en la estructura de la compañía, así como la sensibilidad a cada una de aquellas. Por este motivo, es necesario establecer una relación de los indicadores que servirían de apoyo a la hora de tomar una decisión de carácter cualitativo sobre el rumbo que se quiera que la compañía tome en el futuro.

[15] Ver Friedman y Savage (1948).
[16] Ver Cummins y Nye (1948), De la Peña (2002, 2004), y Binsberger y Brandt (2006).

Indicar, por una parte, que debido a las limitaciones del modelo, no es posible reproducir todo el espectro de incidencias que pueden darse en una compañía aseguradora real, si bien es cierto que se pueden recrear con suficiente detalle muchas de las constricciones que pueden presentarse en activos y pasivos en un entorno controlado.

Se procederá a estresar y forzar cambios en las variables iniciales de la parametrización, de tal manera que sea posible analizar eventos que, en principio, se encuentran fuera del alcance de los gestores de la compañía, como pueden ser cambios de corto plazo en el régimen de volatilidades de los activos, cambios en el cuerpo legal que distorsionen la configuración de los pasivos, o cambios permanentes en las correlaciones dentro del balance de la aseguradora. Pese a que la estabilidad en los datos es un apoyo necesario para extraer conclusiones robustas, no es improbable que se encuentren sucesos de estas características en la realidad. Tengan estos cambios o no un impacto permanente o duradero en las series analizadas, el tiempo en el que éstas vuelvan a comportarse de forma canónica puede ser determinante en la evolución de la cuenta de resultados. Precisamente por esto, la capacidad de adaptarse a los cambios en el medio plazo, así como un conocimiento profundo de las sensibilidades de la compañía a sus factores que la condicionan (tanto o más, si son exógenos), incrementa significativamente las probabilidades de mantener los límites de solvencia impuestos por el regulador y mantener la compañía en funcionamiento.

Así pues, a continuación se pasa a detallar los distintos indicadores que se seguirán en cada uno de los cambios que se realicen. En cuanto a los activos, se observará el comportamiento del retorno esperado de los mismos y su volatilidad

(individual, y una vez descontado el efecto de diversificación entre los mismos). Anteriormente, se había definido el retorno esperado de los activos como:

$$E(R_A) = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot E(R_i) \qquad (14)$$

El retorno esperado de los activos de manera agregada puede cambiar siempre que cambien los pesos que los mismos representan en la cartera, obviamente, pero también pueden cambiar si se produce un cambio en la prima de riesgo del mercado o el tipo libre de riesgo. Del mismo apartado descrito anteriormente, se tiene:

$$E(R_i) = RFR + \beta_{i,M}[E(R_M) - RFR] \qquad (15)$$

La prima de riesgo del mercado, determinada por el modelo CAPM que se acaba de describir, tendería a ser un elemento estable dentro de la ecuación, que va a permitir realizar un análisis de la bondad de los retornos actuales de mercado, por ejemplo. Sin embargo, en el análisis se asumirá que dicha prima de riesgo puede estar sujeta a variaciones significativas y que los cambios que en ella se produzcan, dependientes a su vez de otras variables con impacto en los mercados financieros, pueden ser de una importancia significativa y tener una larga duración.

Siguiendo con la enumeración, la volatilidad de los activos que componen la cartera tal y como se describió en el apartado correspondiente anterior, viene dada por:

$$\sigma_A^2 = A^2 \cdot \sigma_a^2 \qquad (16)$$

Siendo:

$$\sigma_a^2 = w'\Omega w$$

$$\Omega = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \rho_{2,1}\sigma_2\sigma_1 & \cdots & \rho_{n,1}\sigma_n\sigma_1 \\ \rho_{1,2}\sigma_1\sigma_2 & \sigma_2^2 & \cdots & \rho_{n,2}\sigma_n\sigma_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{1,n}\sigma_1\sigma_n & \rho_{2,n}\sigma_2\sigma_n & \cdots & \sigma_n^2 \end{pmatrix}$$

Por tanto, un cambio en el régimen de volatilidades de los activos tendrá a su vez un impacto en las correlaciones de los mismos, reduciendo o ampliando el factor de diversificación según Markowitz. Este mismo razonamiento se aplica tanto a los pasivos de manera individual como a la relación que ambos guardan en el balance de la compañía.

En cuanto a lo que a los pasivos se refiere, se observarán los cambios que se producen en los rescates o siniestros que los clientes demandarán de la compañía una vez se cumplan las contingencias aplicables a los productos que hayan contratado. Recordar que la siniestralidad de cada una de las ramas está directamente relacionada con la rentabilidad de la compañía, dado que un incremento no esperado en la misma reducirá la cantidad de prima no consumida al final del ejercicio y puede resultar que la viabilidad financiera de la aseguradora se vea comprometida.

No solamente interesará el cambio en la siniestralidad esperada de las primas, sino que también se estudiará el impacto que los distintos cambios que se apliquen tendrán en la volatilidad de las mismas de manera conjunta. Se comprobará si, al igual que sucede con los activos, una correlación inferior entre las distintas ramas de la compañía ayudaría a construir un balance más eficiente y que pueda soportar escenarios extremos de volatilidad de flujo de caja manteniendo unos niveles mínimos de capital. Según está definido el modelo, los cambios en las correlaciones que los pasivos poseen entre sí

tendrán un impacto en el componente diversificador que tiene para una compañía el apostar simultáneamente por cada una de las ramas ya que, como se ha indicado con anterioridad, los modelos matemáticos subyacentes poseen la misma base.

Sin embargo, y como se ha señalado en reiteradas ocasiones, es la composición agregada de activos y pasivos, así como la relación que existe entre ambos, la principal variable que ocupa el objeto de este trabajo. Será de especial interés medir la sensibilidad de cada uno de estos inputs desde el estado inicial cuando se realicen cambios en el modelo. La implicación más relevante se basa, por supuesto, en el importe de capital necesario para mantener la compañía dentro del estándar exigido por el regulador, o, por el contrario, del nivel absoluto que se desea tener al inicio del ejercicio.

Se analizará, además el impacto que tiene en variables métricas financieras, como el beneficio teórico que obtendría la compañía si se eliminaran los componentes estocásticos que producen variaciones en el resultado final, una vez llegado al término del ejercicio. En este caso, el beneficio de la compañía en términos relativos vendría dado por:

$$\Pi = \frac{\pi}{\sum_1^h C} \qquad (17)$$

Donde:

π representa el beneficio total esperado en términos absolutos

$\sum_1^h C$ representa el total de primas recibidas al inicio del ejercicio

De esta forma se puede definir el beneficio total esperado del siguiente modo:

$$\pi = \sum_1^h C - E(C) - CT + E(R_A) \qquad (18)$$

Donde

$E(C)$ representa los siniestros pagados a los clientes al final del ejercicio.

CT representa los costes totales (fijos y variables) de la compañía

$E(R_A)$ representa los beneficios obtenidos con los activos en los que se invirtió al inicio del ejercicio.

Este beneficio esperado sería antes de impuestos, aunque estos podrían ser incluidos en la fórmula del siguiente modo:

$$\Pi_{AT} = \Pi \cdot (1 - t) \qquad (19)$$

Donde

t representa el tipo impositivo del impuesto de sociedades que la compañía debería pagar siempre que el beneficio sea positivo.

Señalar que, en este caso, se está relacionando directamente el beneficio en términos absolutos que está obteniendo la compañía con el total de primas recibidas por los clientes al inicio del ejercicio. Esta medida permitiría una comparación directa entre una batería de compañías distintas, independientemente de su volumen en primas. La existencia de costes fijos similares, sin embargo, tendería a mostrar mayores eficiencias operativas en las compañías con un mayor volumen, debido a las economías de escala.

Dado que, como ya se ha dicho, la comparativa de beneficio por volumen de primas obtenidas puede resultar un indicador sesgado, precisamente, por el tamaño de aquellas, se introducirá como segunda variable a observar el retorno sobre el capital, definido de la siguiente forma:

$$\Pi = \frac{\pi}{C_e} \qquad (20)$$

Donde:

π representa los beneficios de la compañía en términos absolutos.

C_e representa el capital económico de la compañía.

Este ratio será de gran utilidad, ya que permitirá comparar directamente la principal variable que mide el beneficio operativo, junto con aquella que mide la cantidad de recursos de los que se ha dispuesto para alcanzar esos beneficios, permitiendo mantener el negocio dentro de los estándares regulatorios. Será, por tanto, una de las principales variables que se considerarán en el análisis de sensibilidades posterior. No obstante, cabe una crítica obvia para este último múltiplo, y es que presenta resultados asintóticos cuando el capital tiende a ser muy pequeño y puede llegar a desvirtuar el análisis realizado. Es por ello que se procede a efectuar otras comparativas con el beneficio de la compañía, incluyendo el beneficio sobre primas y el beneficio sobre activos. Se detalla el último caso a continuación:

$$\Pi = \frac{\pi}{A_t} \qquad (21)$$

Donde:

A representa el total de activos disponibles de la compañía al final del ejercicio.

Para finalizar, es necesario establecer una métrica que permita medir el cambio relativo que vaya a producirse en los beneficios de la compañía con respecto a las variaciones de capital que el balance requiera, una vez realizado el cambio. Así se medirá el cambio relativo en beneficio que se está asumiendo, en términos del cambio en capital que se produce por asumir dicho cambio.

$$\Delta\Phi = \frac{\Pi' - \Pi}{C_e{}' - C_e} = \frac{\Delta\Pi}{\Delta C_e} \qquad (22)$$

7.4.3 Capital de la compañía.

Un punto clave en el desarrollo del modelo es la metodología utilizada tanto para calcular el capital requerido, como la manera en que se seguirá y se observará dicha variable.

El capital mínimo requerido por la compañía, tal y como se ha definido, representa la cantidad total de activo inicial que es necesario mantener en la reserva de la compañía para cumplir con los estándares legales imprescindibles para poder continuar con la operativa normal del negocio. Por una parte constituye una cifra que debe ser satisfecha de cara a los cumplimientos normativos de la aseguradora, y por otra, una métrica razonable que soportará la fortaleza financiera de la compañía, dado que en un entorno desfavorable de la evolución del balance, dicha cuantía servirá para hacer frente a las posibles contingencias que puedan presentarse. Por tanto, cuanto mayor sea el capital inicial disponible en términos relativos al tamaño del balance de la

compañía, mayor será la capacidad de la misma para sobrevivir a las distintas variaciones de valor que puedan sobrevenir en el futuro.

En el modelo se han definido tales fluctuaciones como la variación esperada de los flujos de caja de la compañía, esto es, el rendimiento que se espera de los activos de la misma, contando con las primas inicialmente captadas, menos el total de gastos de la compañía y las contingencias pagadas a los asegurados. Puesto que se introducen factores aleatorios en el cálculo y evolución de cada una de estas variables a través de la simulación de escenarios, no se parte con una solución analítica inicial (si bien podría optimizarse dicha solución), sino con un espectro de estados finales del balance de la compañía. Dichos escenarios supondrán una herramienta efectiva para la observación de determinados estados específicos, tales como los que se producen en los extremos de las distribuciones de probabilidades, y ayudarán a calcular el valor en riesgo condicional, por ejemplo, que será de utilidad en el futuro.

La base de la metodología empleada en este cálculo está fundamentalmente basada en los modelos de valor en riesgo (en adelante VaR, por sus siglas en inglés, Value at Risk). Esta metodología permite aproximaciones muy distintas entre sí, dependiendo del uso que se desee hacer de él y la información de la que se dispone, incluyendo simulaciones históricas o análisis de escenarios. Como se verá más adelante, el uso más común de esta metodología, sin embargo, se basa en el cálculo de las covarianzas históricas de los activos que constituyen el estudio, y en tratar después de estimar el efecto que distintos factores de riesgo pueden tener en la cartera.

La metodología VaR fue primero propuesta por la entidad bancaria J.P. Morgan en 1995 bajo el paquete de herramientas de riesgo conocido como RiskMetrics, facilitando la composición de las matrices de varianzas y covarianzas para que los usuarios pudieran hacer uso de ellas a la hora de calcular los riesgos de su cartera. Diversos autores exploraron después la capacidad de este ratio para describir el comportamiento de determinadas carteras en escenarios extremos, tales como Beder (1995), o Hendriks (1996) conforme iba ganando peso como práctica en la comunidad financiera, siendo mencionado por el Banco Internacional de Pagos en 1994 o el G30 en 1993.

A continuación se describen las tres aproximaciones más frecuentes propuestas por la literatura en el cálculo del VaR, utilizando la estructura explicativa encontrada en Basu (2009):

7.4.3.1 Método de varianzas y covarianzas.

Con este método, se calcula la probabilidad de que el valor de la cartera caiga por debajo de un valor preestablecido. Para lograrlo, es necesario construir una función de densidad que recoja cada uno de los valores potenciales de nuestra cartera, y comprobar sus diferencias con respecto al valor inicial planteado.

Para calcularlo, se tendrán que identificar previamente aquellos activos que vayan a formar parte de nuestra simulación. Dichos activos tendrán que ser similares a instrumentos financieros existentes, con suficiente historia como para poder estudiar sus retornos pasados y extraer conclusiones válidas. Una vez compilada la batería de

activos, se extraerán sus rendimientos entre períodos, lo que permitirá, a su vez, calcular las varianzas de cada uno de ellos.

Es interesante detenerse en este punto para indicar la necesidad de plantearse de antemano qué longitud tendrán los períodos que se escojan dentro de la simulación, que tendrán la capacidad de ser tan densos como lo sea la serie de datos. Señalar que, cuanto menor sea la longitud del período, mayor será la granularidad y la información de los datos, y que posiblemente se extraigan conclusiones muy distintas si, por el contrario, dicha longitud es mayor. Si bien es cierto que es preferible que el tamaño de la muestra sea lo más grande posible, y así, poder escoger saltos de corta longitud, en muchas ocasiones nos condicionarán las características de las series temporales extraídas de los activos observados. Si uno de los activos de la cartera solamente posee valoraciones robustas una vez al mes, no será válido extraer precios y rentabilidades diarias, dado que la inexistencia en la variación de precios que exista entre un día y el siguiente, si el activo carece de valoración, va a generar que se esté infraestimando enormemente el riesgo de la cartera.

El último paso de esta metodología consiste en tomar los pesos de la cartera, que serán válidos para todo el período analizado (esto es, se asume que cada vez que existe una variación en los precios de mercado de cada uno de ellos la cartera es rebalanceada para mantener su posición inicial), y computar el valor en riesgo utilizando metodología Markowitz, usando la siguiente formulación, ya descrita en el apartado de activos financieros:

$$\sigma_a^2 = w'\Omega w \qquad (23)$$

$$\Omega = \begin{pmatrix} Cov_{1,1} & Cov_{1,2} & \dots & Cov_{1,j} \\ Cov_{2,1} & Cov_{2,2} & \dots & Cov_{2,j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Cov_{i,1} & Cov_{i,2} & \dots & Cov_{i,j} \end{pmatrix}$$

Con la asunción de normalidad en los retornos de los activos y de lognormalidad en los precios de los activos financieros de la cartera puede asegurarse que los impactos de los riesgos determinados previamente sigan también distribuciones normales. A la hora de asumir normalidad, se está indicando que el tamaño total del movimiento del retorno no es tan importante como su excentricidad, medida en unidades de desviación estadística con respecto a la media. Por tanto, un retorno elevado en un entorno de volatilidad elevada podría ser, en términos relativos, poco representativo estadísticamente hablando.

La metodología paramétrica, o de varianzas y covarianzas, como la se está definiendo en este capítulo, pese a ser relativamente sencilla en su cálculo y utilización, no está exenta de crítica[17]. Se necesitará, por un lado, identificar correctamente la distribución de los retornos: las conclusiones van a ser muy dependientes de la función de densidad escogida, sobre todo, si se quieren extraer conclusiones del comportamiento de la cartera en los extremos de aquella. Por supuesto, los datos utilizados en el origen de los cálculos deben serlo suficientemente robustos, y estar libres de error, dado que, en caso contrario, se podrían encontrar incorrecciones más adelante, a la hora de calcular la matriz de varianzas y covarianzas.

[17] Jorion (2000), Kaplanski (2002) y Alonso-Conde (2004),

Por otra parte, este tipo de análisis será válido siempre que los activos de la cartera mantengan una relación lineal entre los riesgos que les afectan y sus valoraciones. Cuando se introducen opcionalidades, como es el caso de las opciones financieras o bonos convertibles, el perfil de pérdidas y ganancias de la cartera puede sesgarse, mostrando convexidad, lo que inhabilita el análisis lineal de los riesgos de la compañía. Como se verá más adelante, existen métodos de simulación (como es el caso de Monte Carlo, o árboles de probabilidad binomiales o trinomiales) que permiten paliar este tipo de efectos, y se recomiendan, dada la complejidad que puede alcanzar la búsqueda de una solución de manera analítica.

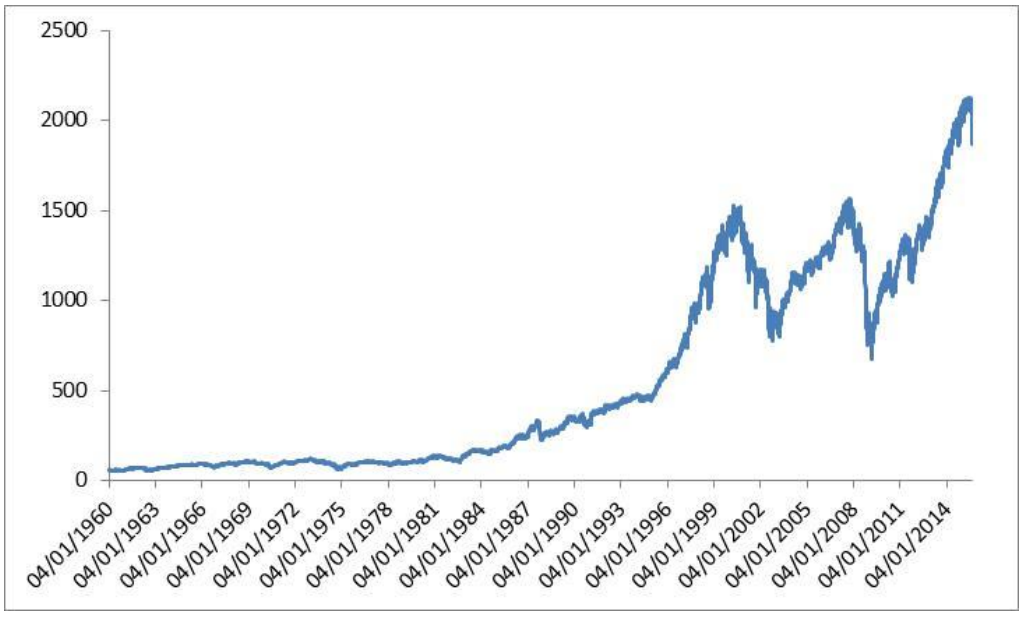
Un problema de mayor calado puede encontrarse cuando las variables no son estacionarias. Esto es, es necesario a asumir que la matriz de varianzas y covarianzas utilizada es exactamente la misma para todo el período que de estudio. Esto tiende a ser problemático, ya que no se puede asumir que las correlaciones o la variabilidad de los activos van a permanecer estables a lo largo del tiempo.

Existen muchos intentos de corregir errores como los descritos anteriormente. Hull y White (1990, 1993) trataron de romper la asunción de normalidad, tomando un tipo distinto de distribución. Otros autores, como Engle (2002) han tratado de incrementar la robustez de la matriz de varianzas y covarianzas, utilizando modelos autorregresivos (ARCH, y GARCH) para predecir mejor el comportamiento de los activos financieros.

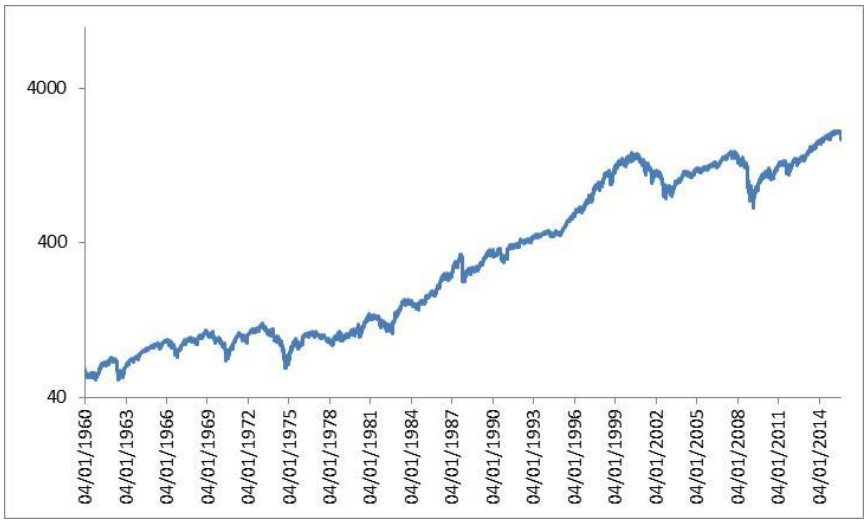
7.4.3.2 Simulación histórica.

La simulación histórica representa la manera más simple de estimar el VaR de un activo en concreto o de una cartera compuesta por varios activos. Se trata de tomar dicha cartera, comprobar los retornos pasados que hubiera tenido, y calcular los cambios que dicha cartera hubiera tenido en el pasado. Requiere contar con una tabla de varianzas y covarianzas derivada de los retornos históricos de los activos, como sucede en el cálculo del VaR paramétrico.

A modo de ejemplo, se considera una serie de precios histórica del índice americano Standard & Poors 500 desde 1.960 hasta2015, como se muestra en las gráficas 6.12 (datos diarios, serie sin modificar) y 6.13 (datos mostrados en escala logarítmica.



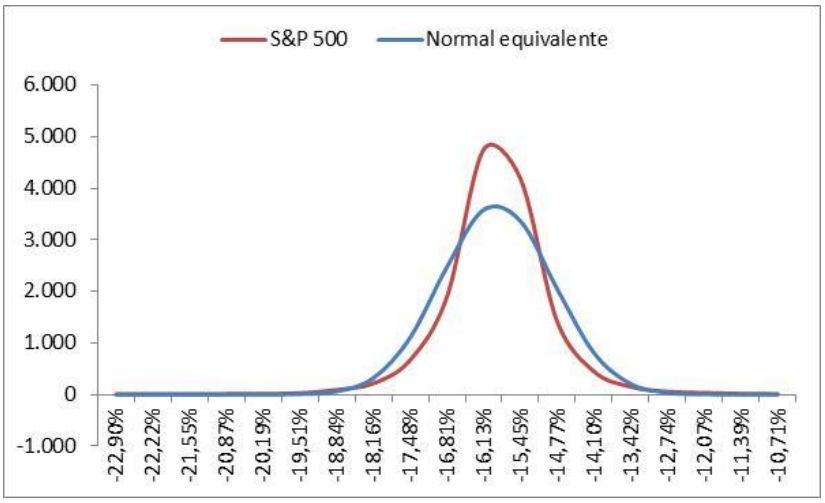
Gráfica 7.15 Serie de precios del índice bursátil S&P 500 en el período 1.960-2.015.



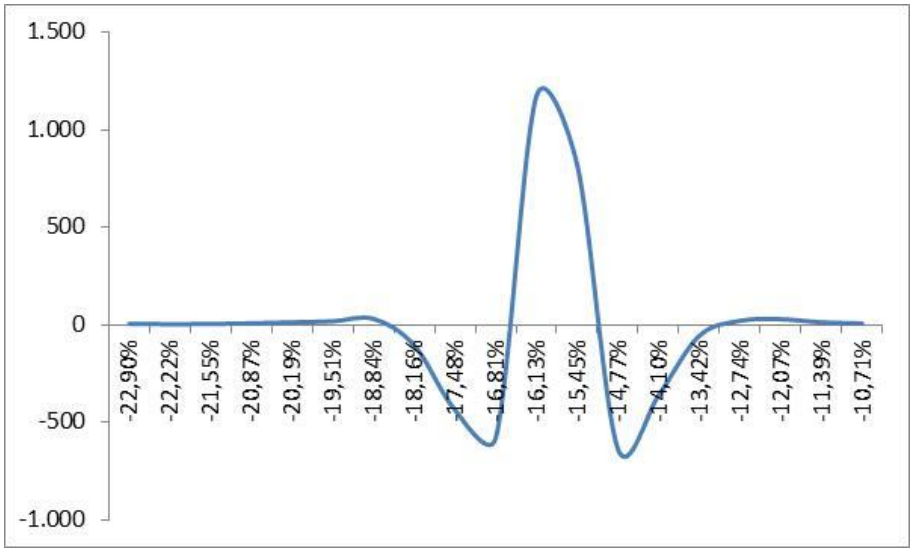
Gráfica 7.16 Serie de precios del índice bursátil S&P 500 en el período 1.960-2.015 mostrados en escala logarítmica.

Se trata de 14.009 observaciones de precios y 14.008 observaciones de retornos de la serie. Es imprescindible eliminar de la muestra fechas en las que el índice no ofrece precios, como fines de semana, días festivos y fechas en las que el mercado se encontraba cerrado; de otro modo, se podría estar sesgando el cálculo.

La gráfica 7.17 recoge la distribución de rendimientos de la serie, acotada por +/- 5 desviaciones estándar y la figura 7.18 muestra las diferencias que existen entre ambas para el mismo rango.



Gráfica 7.17 Distribución de rendimientos del índice bursátil S&P500 comparado con los rendimientos que se obtendrían usando una distribución normal.



Gráfica 7.18 Diferencias entre los rendimientos del índice bursátil S&P500 con los rendimientos que se obtendrían usando una distribución normal.

El proceso de cálculo de la simulación histórica consistiría en ordenar los rendimientos calculados, y obtener después el enésimo resultado que refleja el porcentaje de pérdida o ganancia que se desee calcular.

Los valores extremos de la serie son los siguientes:

Máxima pérdida registrada	-22,90%	19/10/1987
Máxima ganancia registrada	10,96%	13/10/2008

Tabla 7.16 Máxima pérdida y ganancias registradas en los rendimientos del índice bursátil S&P500.

Observando los beneficios obtenidos que se encuentran a la derecha de la distribución de probabilidades se encuentra lo siguiente:

Probabilidad	Ganancia/pérdida	Fecha
99,995%	10,25%	28/10/2008
99,990%	8,71%	21/10/1987
99,950%	5,57%	24/07/2002
99,900%	4,90%	27/05/1970
99,500%	3,42%	19/10/2000
99,000%	2,66%	06/04/1988
95,000%	1,49%	11/04/1983
90,000%	1,05%	26/02/1975

Tabla 7.17 Relación de las mayores ganancias registradas en una sola sesión en los rendimientos del índice bursátil S&P50.

Del mismo modo, las probabilidades a la izquierda de la serie son las siguientes:

Probabilidad	Ganancia/pérdida	Fecha
0,005%	-22,90%	19/10/1987
0,010%	-9,47%	15/10/2008
0,050%	-7,11%	27/10/1997
0,100%	-6,31%	19/11/2008
0,500%	-3,28%	27/09/2002
1,000%	-2,71%	09/10/1990
5,000%	-1,50%	29/09/2000
10,000%	-1,03%	26/05/2015

Tabla 7.18 Relación de las mayores pérdidas registradas en una sola sesión en los rendimientos del índice bursátil S&P50.

Estos porcentajes pueden leerse como intervalos de confianza válidos para las series analizadas. Por ejemplo, se puede concluir que, con un 99,5% de probabilidad, los retornos del índice van a encontrarse entre -3.28% y +3.42% o, lo que es lo mismo, 1,26 días de cada año (contando por 252 días hábiles de mercado) la pérdida o ganancia será de, al menos, el intervalo de confianza que se acaba de describir. Este matiz es fundamental para comprender la utilidad de las medidas VaR: la probabilidad calculada indica cuántas oportunidades tendrá la cartera de alcanzar un valor en concreto, pero no mide cuál será nuestra pérdida potencial una vez traspasada esa cifra. Para este propósito se usará el VaR condicional, como se explicará más adelante.

Una de las bondades del cálculo del VaR por simulación histórica es que no es necesario realizar ningún tipo de asunción en cuanto a la distribución de probabilidades que sigue la serie, dado que se considera el perfil de retornos que han sucedido en el

pasado[18]. Como contraprestación a esta ventaja, será complicado modelizar la curva de distribución de probabilidades en aquellos puntos en los que nunca ha existido un dato de mercado. Esto es, dado que los precios de mercado realizan saltos discrecionales entre precio y precio, no de forma continua, faltará información para poder predecir movimientos concretos en nuestra cartera.

Otro de los problemas de esta metodología es que cada una de las variaciones de valor que sufra el índice pesará lo mismo en el cómputo del VaR, dando la misma relevancia a sucesos recientes que a otros que transcurrieron en el inicio de la serie. Si se produjera un cambio en la variabilidad de la serie, esto es, si presenta un problema de heterocedasticidad, no se reflejaría correctamente el riesgo de la serie.

Por otra parte, usando esta metodología se asume que la historia tenderá a repetirse en el futuro, de manera que los cálculos van a ser enormemente dependientes del período escogido, dado que éste recogerá todos los riesgos posibles a los que podría exponerse el balance de la compañía.

Posibles soluciones a estos problemas podrían consistir en dar un mayor peso a aquellos datos que forman parte del pasado reciente, y penalizar aquellos que se encuentren más lejos, tal y como se ha propuesto en el trabajo de Bodoukh et al (1998). Esta corrección requeriría un factor de decaimiento exponencial en la serie de datos que se encuentra en el intervalo [0,1].

Otra opción disponible para dar robustez a la simulación histórica consistiría en usar datos históricos pero combinarlos con un modelo de series temporales, tal y como

[18] Zenti y Pallotta (2000).

proponen Cabedo y Moya (2003), quienes usaron un modelo ARMA (autorregresivo de media móvil) para estimar la variabilidad existente en los precios del petróleo.

En el presente modelo se descarta esta metodología por dos problemas notables: el primero de ellos consiste en que se está parametrizando activos teóricos, con una variabilidad basada en retornos gaussianos normales y que, por tanto, carecen de serie histórica. El segundo de ellos es que se pretenden realizar simulaciones a lo largo de toda la distribución de probabilidades, tanto si se han dado casos anteriormente o no (se considera nuestra función de distribución continua). Por otra parte, el utilizar funciones de densidad normales permite realizar asunciones que tienden a la sencillez, facilitando el análisis de sensibilidades posterior.

7.4.3.3 Simulación de Monte Carlo.

El cálculo de simulaciones en el entorno de Monte Carlo no dista demasiado del descrito bajo la metodología histórica: se comenzará tomando la matriz de varianzas y covarianzas identificada con anterioridad de aquellos mercados que se consideran óptimos para la inversión de la cartera de activos. Se necesita, sin embargo, especificar bajo qué tipo de distribución se encuentra cada uno de los activos a modelizar, y definir sus momentos estadísticos de primer, segundo y tercer orden.

Ésta flexibilidad en la definición de las funciones de densidad representa una de las mayores ventajas de este método, dado que va a permitir una libertad prácticamente absoluta para modelizar el comportamiento de los retornos. En este trabajo, se mantienen las hipótesis de normalidad. Una vez simulados los escenarios que se

consideren pertinentes, se realizará un cálculo muy similar al realizado en la simulación histórica: se pueden ordenar los retornos de los activos y tomar aquellos que se ajusten a la probabilidad deseada.

Comparte, del mismo modo, muchas de las críticas a la metodología de la simulación histórica, con varios matices: para comenzar, como es evidente, es un método altamente dependiente de la función de distribuciones con la que se desee trabajar. Si se falla escogiendo una función de densidad que no se ajusta a los retornos del activo que se está simulando, las conclusiones posiblemente carezcan de un soporte adecuado y, por tanto, no sean válidas. Por otra parte, la cantidad de recursos necesarios para hacer funcionar un número elevado de simulaciones debe ser tenida en cuenta. Cuanto mayor sea la complejidad y más profundo sea el entramado de simulaciones que se lleven a cabo, mayor será el tiempo y la potencia de cálculos requeridos para el modelo. La inmediatez en los resultados obtenidos también se ve comprometida, ya que con cada uno de los lanzamientos que se realicen, se requerirá tiempo de cálculo. En su favor, cuanto mayor sea el número de simulaciones realizado, mayor será la robustez de los datos obtenidos.

Una de las principales virtudes de éste método es que va a permitir la simulación de escenarios bajo premisas concretas. Es posible, por ejemplo, estimar qué es lo que presumiblemente se puede esperar que la cartera varíe ante determinados estados de los factores de riesgo analizados. Si uno de los defectos de la metodología VaR era que impedía conocer cuál era la pérdida de la cartera una vez rebasado cierto límite de pérdida en el período analizado, la simulación de escenarios va a permitir conocer qué es lo que se puede esperar una vez traspasados esos límites. Dado se trabaja con un

perfil de retornos que han traspasado las condiciones de normalidad, provocando que las asunciones iniciales sean menos válidas, es necesario tratar de estimar qué puede suceder.

Se han propuesto varias herramientas para mitigar algunos de los puntos débiles del proceso de simulación de Monte Carlo. El primero de ellos consiste en lanzar únicamente aquellos escenarios que sean necesarios para su cálculo, propuesto por Frye (1997). De este modo, se reduciría el tiempo de computación notablemente, a la par que se centra el análisis en aquellas áreas que se decidan a priori. La reducción del número de factores de riesgo analizados también alcanzaría un propósito similar, si bien es cierto que el grueso de la simulación tendría que simularse: lo recomendable sería encontrar el punto de eficiencia computacional y eficiencia en los datos. Para incrementar dicha potencia de cálculo, Glasserman et al (2000) proponen utilizar la matriz de varianzas y covarianzas, adoptando, eso sí, normalidad en los retornos de los activos.

Ésta última opción es la que, resulta más adecuada para el propósito de este trabajo. Ya que la simulación de Monte Carlo permite el análisis discrecional de un número elevado de escenarios, mientras que las hipótesis de normalidad permiten agilizar los cálculos en cuanto a VaR y capital económico. Por otra parte, contar con una matriz de varianzas y covarianzas es vital, dado que va a permitir realizar variaciones discretas en las correlaciones de los activos y los pasivos del balance y analizar los resultados de dichos cambios y su impacto en la estructura de la compañía.

7.4.3.4 VaR condicional (CVaR).

Una de las principales críticas que se realizan hacia el valor en riesgo de una cartera es que solamente tiene en cuenta la pérdida mínima que se debe esperar una vez se sobrepasa una determinada probabilidad, pero no de qué tamaño es esa pérdida, o cuánto se espera perder, en ese caso[19]. Parece lógico, dado que lo que está indicando el VaR es, precisamente la mayor pérdida que se tendría por debajo de determinada probabilidad: no hace referencia a escenarios extremos sino a lo que se debe esperar en un entorno de normalidad.

Por ello, el VaR condicional o CVaR trata de determinar qué pérdida se debería esperar una vez se sobrepasa la pérdida que marca el VaR. Se requiere, por tanto, y al igual que sucedía a la hora de computar el VaR, un intervalo de confianza, así como asunción de normalidad en los retornos de los activos.

7.4.3.5 Ejemplos de cálculo de capital.

En el presente modelo, se tomarán los activos y los pasivos de la compañía como series temporales construidas que guardan una correlación entre sí distinta de cero, con una matriz de varianzas y covarianzas ajustada. En cada uno de los escenarios que se simulen, se podrá encontrar con que una parte del balance ha contribuido positiva o negativamente, mientras que la relación que guarde con la otra va a determinar si esa contribución se suaviza o si, por el contrario, incrementa el movimiento que se observe en la cuenta de resultados. El resultado de analizar y ordenar el número de escenarios

[19] Ver Basak y Shapiro (2001).

determinará, según sea el tamaño del intervalo de confianza que se indique, la cantidad de capital que se necesita aportar.

A continuación se recogen una serie de ejemplos para ilustrar el procedimiento que se acaba de exponer anteriormente y que se utiliza en el modelo. Bajo el supuesto que el capital con el que se parte es de cero, siendo un ejercicio teórico, se desea determinar qué cantidad de capital se necesita para mantener operativa la compañía. Se invertirán las primas que se han captado de los clientes en una serie de activos financieros, que al final del ejercicio resultarán en una variación positiva o negativa, dependiendo del comportamiento de los mercados financieros. Además, se tendrá que hacer frente a una serie de gastos que son ineludibles y que forman parte de la actividad normal de la compañía, como son los gastos fijos (nóminas, alquiler de edificios, proveedores, etc.) y los variables (cantidad de recursos destinados a una nómina adicional, etc.). Por otra parte, y no menos importante, deberán pagarse de vuelta las primas en forma de contingencia a aquellos clientes que tengan derecho a percibirlas, según el contrato establecido al inicio del período. El resultado monetario que se halle al final del ejercicio, una vez se satisfaga el pago de impuestos, representaría el flujo de caja disponible de la compañía, que la compañía puede emplear en retornar a los accionistas o constituir parte de sus recursos propios, para así contar con un mayor capital inicial al comienzo del siguiente ejercicio. Típicamente esta última decisión dependerá de la capacidad de la compañía de generar un retorno sobre el capital superior al que los accionistas obtendrían invirtiendo por sí mismos en los mercados financieros, así como de la cantidad de oportunidades de crecimiento a través de nuevos proyectos que la aseguradora detecte. En este contexto, si el capital inicial de la

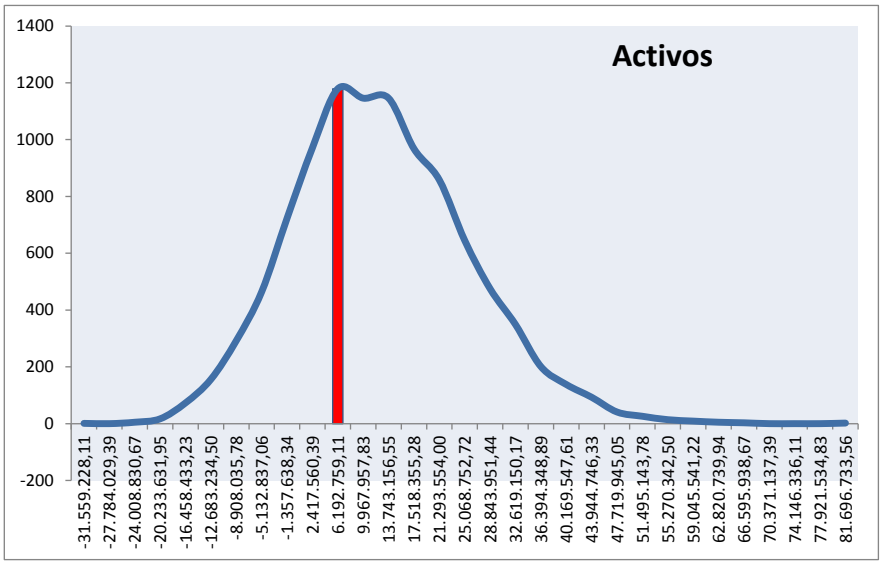
compañía fuera cero, se debería ver que en un porcentaje elevado de casos la posición del resultado final alcanza terreno negativo, ya que no existe un colchón de capital mínimo para hacer frente a posibles pérdidas. Si se realizan 10.000 simulaciones diferentes sobre la posición de capital de la compañía para este caso en concreto, el escenario sería el siguiente:

Posición actual de capital	0,00
Posición actual de capital	0,00%
Nº de casos	10.000,00
Capital shortfall	1.387,00
P-value	86,13%
CVaR	-5.733.518,81

Tabla 7.19 Muestra de la posición de capital de una compañía tras la simulación de 10.000 escenarios.

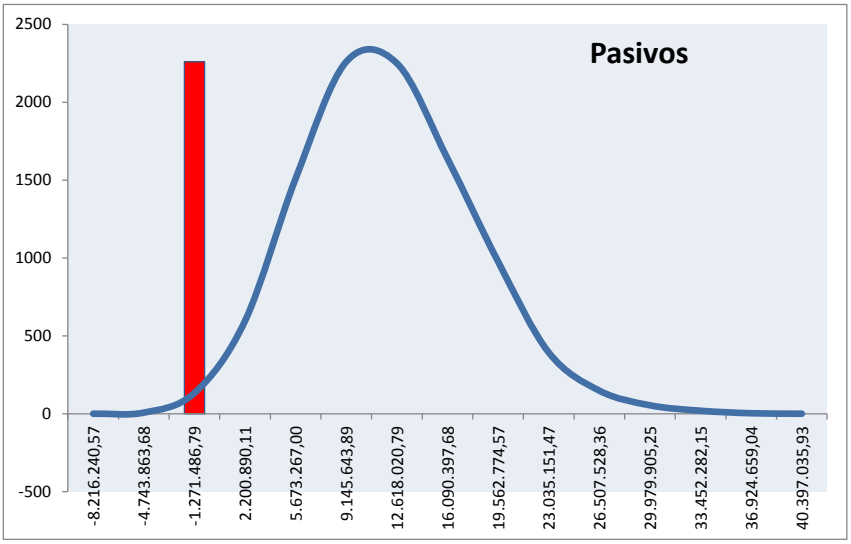
Como se ha indicado el capital inicial, tanto en términos absolutos como porcentuales, es cero. Si se dispone de una batería de 10.000 casos se encuentra que, dada la situación de partida de las variables de la compañía, se finalizará el ejercicio con un capital negativo en 1.387 casos o, lo que es lo mismo, se mantendrá una posición positiva en el 86.13% de los casos.

En el siguiente gráfico se puede observar el comportamiento de los activos que componen la cartera de la compañía:



Gráfica 7.19 Distribución de la variabilidad de los activos de una compañía aseguradora. La barra indica el punto en el cual su valoración pasa a ser negativa.

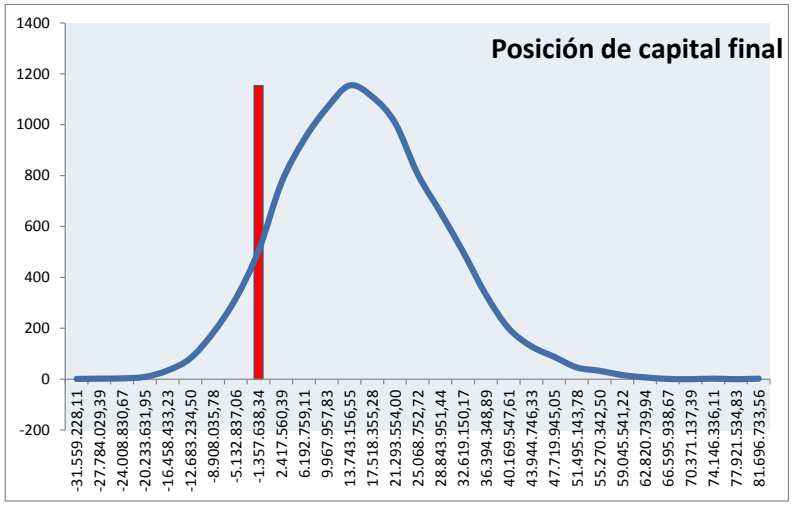
Se puede observar que la variabilidad esperada es elevada y que la distribución se encuentra centrada alrededor de cero. Esto está indicando el impacto que puede tener en la compañía un comportamiento adverso de los mercados financieros en los que se está invirtiendo el activo. Por otra parte, puede observarse también el comportamiento de los pasivos, incluyendo el coste operativo de la compañía:



Gráfica 7.20 Distribución de la variabilidad de los pasivos de una compañía aseguradora. La barra indica el punto en el cual su valoración pasa a ser negativa.

En el caso de los pasivos, se observa que posiblemente constituyan el total del grueso de la cuenta de resultados, dado que el punto de primera pérdida monetaria se encuentra alejado del centro de la distribución.

Si se consideran ambas variables, es decir, el resultado procedente de activos y pasivos una vez descontados costes operativos de la compañía, una descripción gráfica de la situación que se acaba de analizar sería la siguiente:



Gráfica 7.21 Distribución de la variabilidad del capital de una compañía aseguradora. La barra indica el punto en el cual pasa a ser negativo.

En este caso en concreto, sesgado por los valores iniciales que tome el modelo (en este caso, no demasiado relevantes, pues simplemente se está describiendo el cálculo del capital de la compañía), los valores que han tomado activos y pasivos después de la simulación son los siguientes:

Activos	
E(R) esperada	4,01%
Vol esperada	11,48%
E(R)	3,91%
Vol	11,95%

Pasivos	
E(R) esperada	0,00%
Vol esperada	15,02%
E(R)	0,00%
Vol	11,27%

Tabla 7.20 Rentabilidades y volatilidades esperadas por los activos y los pasivos de la compañía en un caso de ejemplo.

La simulación aleatoria ha permitido que la rentabilidad real obtenida por los activos haya sido 10 puntos básicos menor que la que se esperaría, y que la volatilidad que los mismos han mostrado también ha sido ligeramente superior. En el caso de los activos, no se espera un valor de rentabilidad generada, ya que no son activos financieros y su rentabilidad vendrá dada por el volumen de primas no distribuidas al final del ejercicio, pero sí se observa que la volatilidad realizada ha sido significativamente inferior a la esperada inicialmente. En este momento no se trata de realizar un estudio profundo sobre por qué estos valores difieren, aunque en análisis posteriores se tendrá en cuenta, primero, el papel que juega la generación de números aleatorios, y segundo, la calidad de la matriz de correlación. En teoría, cuanto mayor sea el número de simulaciones, más cerca se estará del resultado esperado inicialmente y mayor será la robustez del modelo. Por otra parte, las diferencias que se hallen entre la volatilidad esperada (que no es más que la media aritmética de las volatilidades de sus componentes) y la realizada (que incluye sus covarianzas) va a depender de las correlaciones que se hayan definido inicialmente, dado que dicha distancia medirá la capacidad diversificadora de la cartera.

La fortaleza financiera de la compañía, como se ha indicado con anterioridad, va a depender de su capacidad para soportar valoraciones extremas y escenarios en los que las pérdidas esperadas sean de una magnitud significativa. Cuanto menor sea el número relativo de escenarios en los que el capital de la compañía pasa a ser negativo, mayor será la fortaleza de la aseguradora. Se pueden, por tanto, tomar los datos que se han indicado con anterioridad para establecer el capital inicial con el que se quiere contar, esperando que se cubra un mayor número de escenarios con un capital positivo. Si, por

ejemplo, se deseara que el primer escenario en el que el capital es negativo sea el número 50, esto es, que en el 99.50% de los casos se posea capital suficiente para mantener el negocio, se debe compensar, al menos, la pérdida que se ha observado en la simulación en dicho ejercicio. En este caso:

Percentil	99,50%
Posición	50
Capital necesario	-16.401.615,44

Tabla 7.21 Capital necesario para la consecución de un percentil 99.50%.

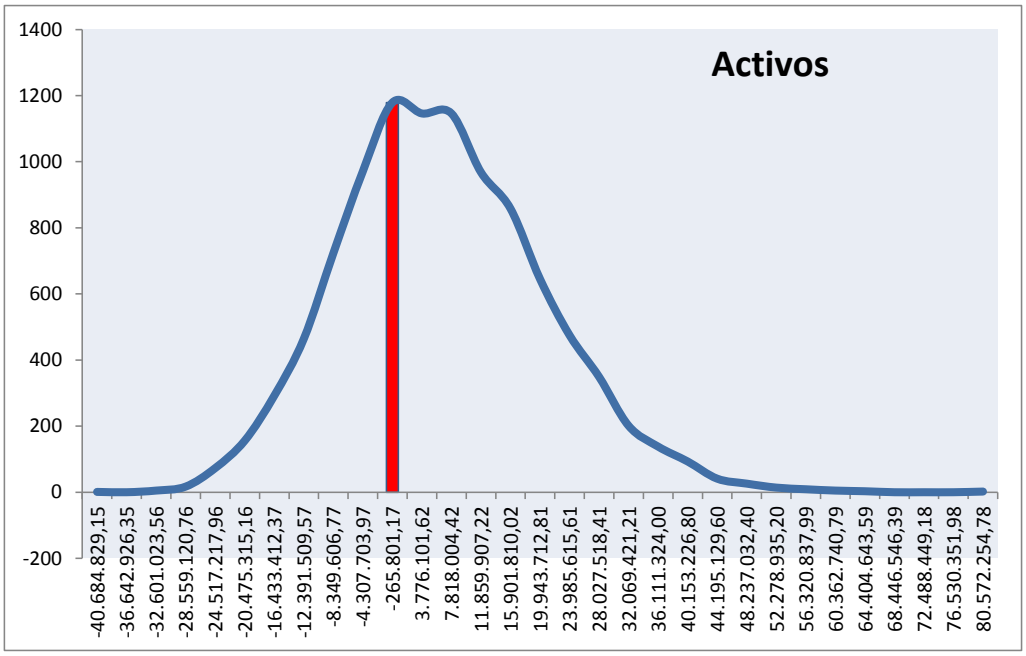
La intención inicial de este trabajo inicial es incrementar el capital de la compañía desde cero hasta 16.401.615 euros, con el propósito de mantener la compañía solvente en el 99.50% de los casos. Si el tamaño relativo de la compañía es de 100 millones de euros en primas, el capital disponible inicial sería de un 16.40%. A continuación se expone cuál es la situación de la compañía tras dicha inyección de capital:

Posición actual de capital	16.401.615,44
Posición actual de capital	16,40%
Nº de casos	10.000,00
Capital shortfall	110,00
P-value	98,90%
CVaR	-3.835.033,60

Tabla 7.22 Situación del balance de la compañía tras la inyección de capital que la situaría en un percentil 99.50%. Dado que dicho capital se invierte en los activos de la compañía, introduciendo variabilidad, el p-valor también se reduce.

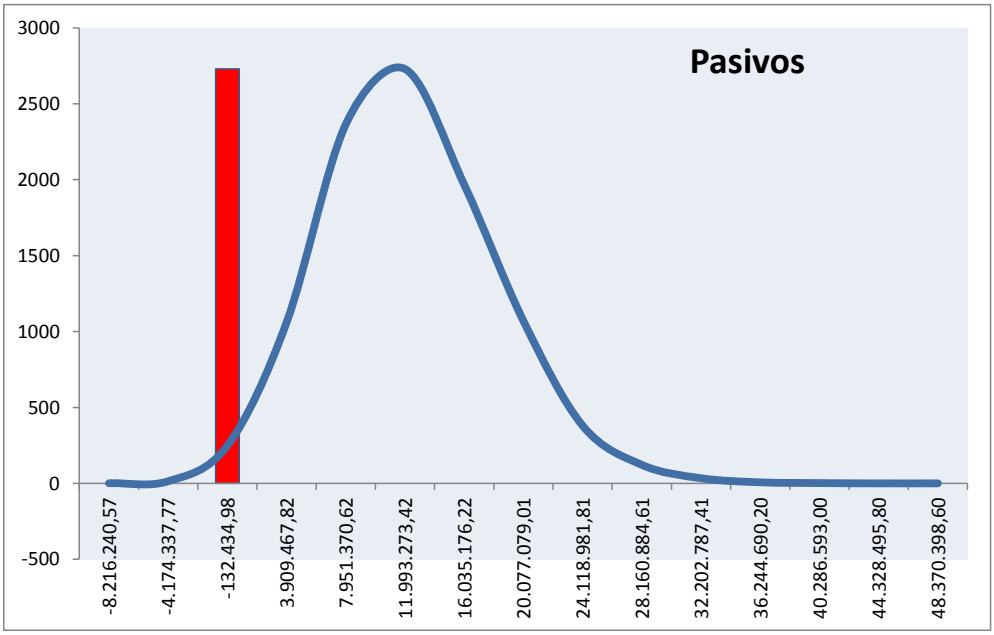
Se puede observar como el incremento de capital mejora la posición final, manteniéndose la compañía solvente en el 98.90% de los casos. El CVaR mejora en una cantidad cercana a los 2 millones de euros debido a la reducción de casos de quiebra,

mientras que el p-valor de la compañía se incrementa significativamente. La distribución de los activos quedaría entonces del siguiente modo:

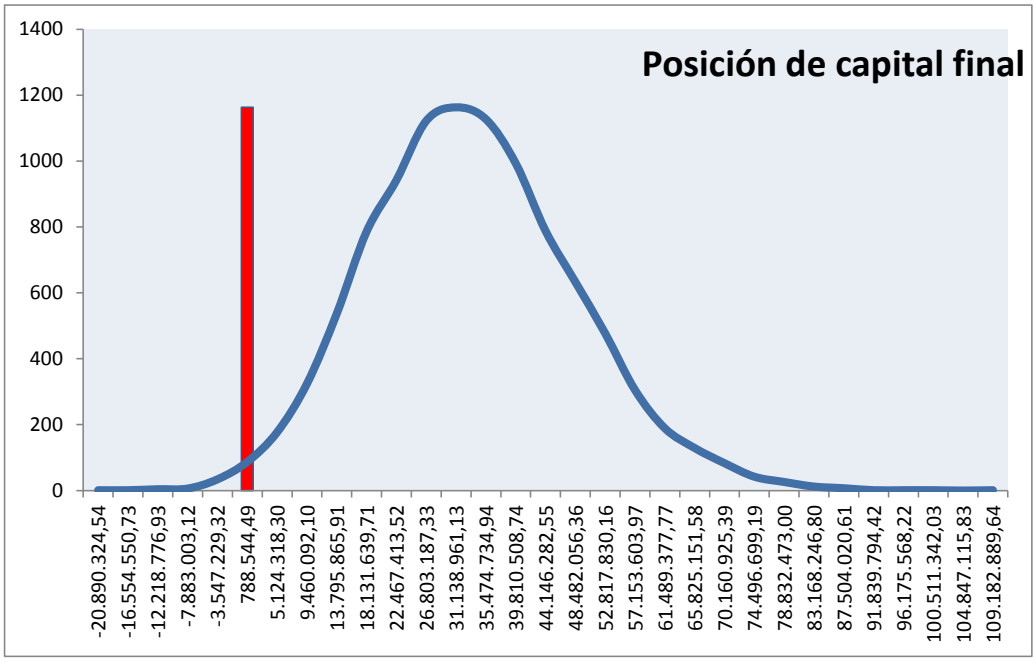


Gráfica 7.22 Distribución de la variabilidad de los activos tras realizar una inyección de capital.

Por su parte, en la gráfica 7.23 se puede observar que los pasivos permanecen inalterados, mientras que la situación agregada de la compañía se recoge en la gráfica 7.24:



Gráfica 7.23 Distribución de la variabilidad de los pasivos tras realizar una inyección de capital.



Gráfica 7.24 Distribución de la variabilidad del capital de la compañía tras realizar una inyección de capital.

No deja de ser llamativo el hecho de encontrar que el p-valor de la compañía antes mencionado no alcance el objetivo inicial de 99.50%. Esto se debe fundamentalmente a que el capital inyectado ha pasado a formar parte de los activos invertibles de la compañía, distorsionando la relación existente entre activos y pasivos y teniendo un impacto en la función de distribución final.

La búsqueda de un capital objetivo se convierte, en este caso, en un proceso autorrecurrente de cálculo, en el que se toma la posición anterior y se vuelve a inyectar capital, para comprobar si se encuentra más cerca del objetivo inicial. En este caso, y a modo de ejemplo, se comprueba que para alcanzar el percentil 99.50%, se debe realizar la siguiente operación:

Percentil	99,50%
Posición	50
Capital necesario	-3.251.506,41

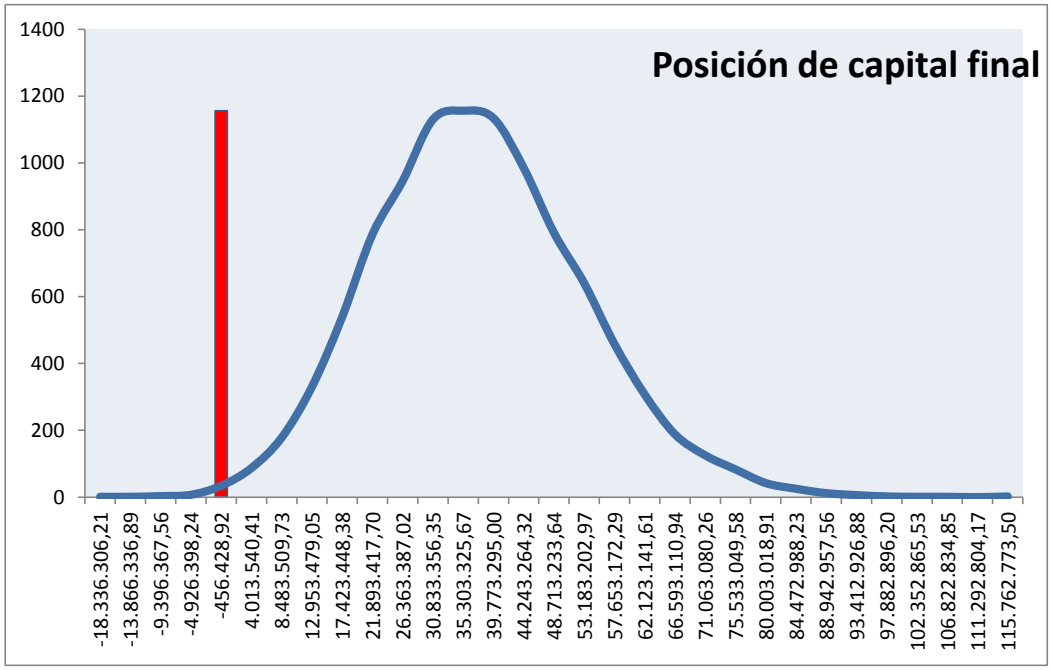
Tabla 7.23 Capital necesario para la consecución de un percentil 99.50%.

Conviene recordar de nuevo que es la configuración de las principales variables de la compañía la que está provocando mayores o menores variaciones en el capital propuesto. Esta inyección de capital realizada no está generando nuevas optimizaciones de cartera que busquen reducir el valor en riesgo de la compañía, proceso que, al avanzar en dos direcciones, generaría una mayor eficiencia en la estructura de la misma a largo plazo. Para finalizar con el caso ilustrativo del procedimiento a seguir en el modelo, se analiza el estado de fortaleza financiera de la compañía después de reiterar el proceso:

	1 repetición	2 repeticiones	10 repeticiones
Posición actual de capital	19.653.121,85	20.174.543,01	20.327.982,02
Posición actual de capital	19,65%	20,17%	20,33%
Nº de casos	10.000,00	10.000,00	10.000,00
Capital shortfall	61,00	51,00	50,00
P-value	99,39%	99,49%	99,50%
CVaR	-3.650.863,17	-3.922.210,59	-3.882.593,71

Tabla 7.24 Proceso iterativo que consigue alcanzar una solución estable de capital requerido para el 99.50% de los casos.

La iteración le ha dado robustez al cálculo del capital empleado, que se estabiliza en el 20.33%, donde se alcanza un p-valor de 99.50%. La distribución de capital final se recoge en la gráfica 7.25:



Gráfica 7.25 Posición de capital final tras la inyección de capital necesaria que sitúa el p-valor de la compañía en 99.50%.

8 ESTADO INICIAL DEL MODELO.

Este epígrafe comienza realizando una descripción detallada del diseño de la compañía, seguido de la posición inicial en la que la misma se encuentra en lo que a las relaciones de activos y pasivos se refiere, así como de los escenarios que se van a simular. A continuación, se realizarán cambios discretos en las principales variables (magnitudes) que afectan al modelo y se estudiará el impacto que éstos cambios tienen en las variables antes descritas, tratando de especificar si el mismo se está acercando o alejando del término óptimo en cada una de ellas.

Cabe señalar, además, que el punto de partida inicial no se plantea necesariamente como el estado óptimo de la compañía aseguradora; más al contrario, se trata de escoger una configuración aleatoria que permita estudiar los distintos cambios que se proponen. Sin embargo, cuando se estudie el espectro de configuraciones elegibles para la compañía se tratará de establecer al menos un punto óptimo desde el punto de vista del capital disponible.

8.1 DISEÑO DE LA COMPAÑÍA.

En la presente Tesis Doctoral se analiza el impacto que posee la optimización de una compañía de seguros teórica cuando dicho proceso se plantea para todo el balance en su conjunto, en contraposición a optimizar los distintos elementos de su actividad por separado. Así, se trata de dar respuesta a la hipótesis planteada, que establece que

pueden obtenerse beneficios de dicha optimización cuando existe una correlación distinta de cero entre los activos y los pasivos del balance.

El supuesto planteado se construye en torno a un modelo simplificado que analiza las principales variables que afectan a una compañía aseguradora. Esto es así porque la naturaleza de los riesgos y del negocio que cada compañía establece para sí no es, por lo general, de dominio público, y la información contenida en los estados financieros publicados puede estar sujeta a interpretaciones individuales de las propias compañías, así como considerarse en parte incompleta.

Bajo la premisa de que no se está realizando un estudio de campo de las distintas métricas que pueden obtenerse de las entidades aseguradoras, sino el desarrollo y estudio de un modelo de optimización concreto, sí que es necesario establecer y determinar las características de la compañía que se va a recrear bajo el mismo.

En el caso del presente trabajo, se escoge una compañía cuyos ramos de actividad pertenecen al sector de no vida, en la que no se contempla la posibilidad de reasegurar una parte de los pasivos adquiridos. La razón fundamental de esta elección se debe a que el proceso de asignación de activos contra pasivos en las compañías de ahorro implica, sobre todo, procesos de inmunización financiera del movimiento de los distintos elementos del balance, dado que lo que se pretende con dichos productos es remunerar en cierta medida el riesgo a los pasivos asumidos mediante la inversión en instrumentos que proveen de flujos de caja en el largo plazo. En este caso mencionado, por tanto, el riesgo de tipo de interés es el principal elemento que causa tensiones entre las valoraciones de activo y de pasivo.

Por el contrario, los productos de no vida, por naturaleza, poseen horizontes de inversión caracterizados por el corto plazo, en los que el principal elemento de riesgo de las pólizas es la correcta interpretación de las probabilidades de suceso de los siniestros que se están cubriendo con la misma. En este caso concreto, el riesgo de tipo de interés, aunque existente, no es, a priori, el principal elemento causante de volatilidad en el margen de solvencia de la compañía. Al realizar esta elección, podrán observarse con mayor amplitud los distintos elementos que tienen un impacto significativo en la volatilidad de los flujos de caja de la compañía.

Atendiendo a la riqueza del modelo, es necesario dotarle de un contexto coherente con lo que una compañía aseguradora podría encontrar en la realidad y, por tanto, es necesaria la creación de distintos puntos de exposición en el activo y pasivo de la compañía. Comenzando por el primero, se crearán una serie de activos sintéticos que conformarán el universo de inversión de la compañía, permitiendo ejercicios de optimización desde el punto de vista de Markowitz, al introducir una submatriz de correlaciones. Dichos activos poseerán características genéricas que permitan un uso razonable de las mismas en el proceso de automatización, de modo que no se explora en mayor profundidad el tipo de activo o cualidades que los acercarían con mayor precisión a instrumentos existentes en el mercado, con el objetivo de obtener conclusiones generales al final de la investigación. Con el objeto de cubrir un número lo suficientemente amplio de activos, se establece en 5 el número de inversiones disponibles para la compañía, que a su vez servirán para describir las principales cualidades del mercado en el que se invierte.

En cuanto a los pasivos, dado que se ha establecido que la naturaleza de la compañía es de no vida, deberán constituirse ramas de actividad diferenciadas entre sí, que a su vez, y tal y como sucedía en el caso de los activos, permitan establecer procesos de optimización basado en modelos de volatilidad como es el caso de Markowitz. Dichas ramas de pasivo contarán con características fundamentales que permitan al modelo la extracción de conclusiones generales, al igual que sucedía en el caso de los activos, de modo que para describirlos es únicamente suficiente establecer su volatilidad y el nivel de reservas necesario para su funcionamiento. Para mantener cierta sencillez en el desarrollo del modelo, se establece que el número de dichas ramas de negocio sea de 3.

8.2 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA.

A continuación se establecerán valores numéricos para el modelo descrito, que permitan reconocer e identificar de manera empírica aquellos valores que tienen un mayor impacto en las variables fundamentales de la compañía, tanto aquellas variables que son exógenas al modelo, como en las que se tiene algún poder de decisión en el medio plazo.

8.2.1 Configuración de la compañía.

El presente modelo deberá escoger un perfil concreto y determinado de características que, más adelante, condicionará la extracción de conclusiones válidas del análisis de sensibilidades que se realice.

El nivel de primas agregadas que la compañía ha captado comercialmente se establecerá en 100.000.000 euros. Un número lo suficientemente grande como para asimilar cambios de un tamaño relativo en las capacidades de la compañía. A partir de esta cifra, muchos de los elementos de la aseguradora podrán expresarse tanto en términos absolutos, es decir, en divisa, como porcentuales, como es el caso de los costes variables de la compañía. Siguiendo el ejemplo de los costes de la compañía, los costes fijos de la misma serán de 20.000.000 de euros, mientras que los costes variables, atendiendo a la fórmula definida con anterioridad, serán de un 20% por cada prima contratada. La suma de ambos conceptos sitúa los costes totales de la aseguradora en un 40% sobre las primas contratadas, o 40.000.000 de euros. Esta cifra de costes varía enormemente entre una compañía aseguradora y otra y es altamente dependiente de la estructura de su negocio, tanto de forma interna, en términos de eficiencia, como de forma agregada, dado que los estados financieros consolidados de las mismas pueden incluir componentes y divisiones en distintas geografías, con distintas estructuras salariales y de competitividad, que van a afectar en gran medida a los márgenes de las compañías. La presencia de otros factores externos, como la competitividad interna o el tamaño del mercado van a determinar en gran medida la capacidad de la compañía de operar con un mayor o menor grado de eficiencia. Como es natural, una cifra tan sensible a la naturaleza del negocio de una compañía no está siempre sujeta al escrutinio público, de modo que se extraerán conclusiones partiendo de los estados financieros consolidados públicos y cuyo acceso no está restringido a analistas e inversores.

Con propósitos ilustrativos, se tomarán cuatro ejemplos, de dos compañías europeas y dos americanas (vida y no vida), en 2014:

Región	Ramo	Compañía	Ingresos (B)	Costes operativos (A)	Ratio (A/B)
USA	Vida	Metlife Inc	73.316,00	64.512,00	87,99%
	No vida	Aon Plc	12.019,00	10.079,00	83,86%
EURO	Vida	Prudential Plc	60.126,00	50.736,00	84,38%
	No vida	Allianz Se-Reg	103.161,00	94.314,00	91,42%
	Promedio vida				86,19%
	Promedio no vida				87,64%

Tabla 8.1 Muestra seleccionada de compañías americanas y europeas de los ramos de vida y no-vida, que compara ingresos y costes operativos. Fuente: Estados financieros publicados.

En el ramo de no vida, que es aquel del que se ocupa el presente trabajo por la estructura del modelo se cuenta con unos costes operativos superiores al 87% en la muestra que se ha tomado. Estos costes operativos incluyen conceptos tales como la amortización de activos intangibles, que no tendrían cabida en el modelo, y también otros como el total de primas pagadas y los costes operativos de la compañía. Para poder realizar comparaciones es necesario delimitar cuál va a ser la elección en lo que a las ramas de la compañía y los siniestros esperados de cada una se refiere. Tema que se detallará en apartados siguientes.

Como ya se ha dicho, la compañía contará con tres ramas de negocio diferenciadas entre sí, que representan el espectro elegible de negocios por parte de la aseguradora. Es necesario, sin embargo, definir con más detalle cuáles serán las características de cada una de estas ramas de negocio. Los dos parámetros que, según el modelo, van a definir a una rama de negocio serán la cantidad de reservas iniciales que se debe destinar a la misma y la volatilidad de cada una de ellas.

En cuanto a las reservas iniciales, se recuerda que no es otra cifra que el número esperado de siniestros que, si se elimina el componente estocástico asociado a su evolución el tiempo, se espera que se produzcan.

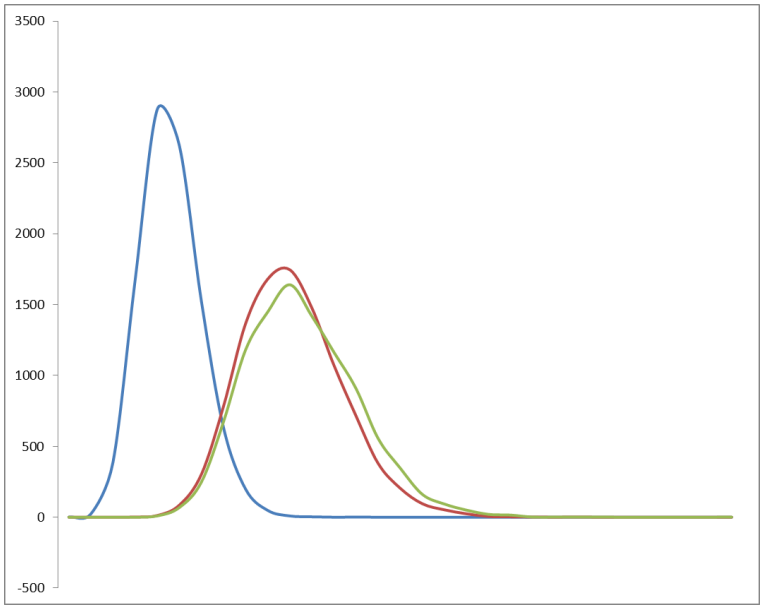
En la tabla 8.2 se reproduce el cuadro de las tres ramas que se van a analizar en el modelo:

Rama 1	29,96%
Reservas iniciales	60,00%
Stdev 1	14,00%
Rama 2	37,65%
Reservas iniciales	50,00%
Stdev 2	15,00%
Rama 3	32,39%
Reservas iniciales	40,00%
Stdev 3	16,00%
Total ramas	100,00%

Tabla 8.2 Pasivos iniciales de la compañía.

Se observa que el promedio de reservas iniciales es del 50%. Esto es, nuevamente, si se elimina el componente de aleatoriedad del negocio, se debería esperar que el 50% de la cantidad aportada por los partícipes en forma de primas se quede, al final del ejercicio, en el balance de la compañía en forma de beneficio realizado. Sin embargo, cada una de las ramas debe poseer, además, un componente aleatorio que impida realizar predicciones certeras de su evolución en el futuro, reflejando, en parte, la naturaleza del negocio asegurador. En este caso, el promedio de volatilidad se sitúa en el 15%, si bien es cierto que la composición de las ramas en el negocio y el componente diversificador que exista entre ellas provocará que la volatilidad agregada de las mismas sea menor. El peso asignado a cada una de ellas representa el estado inicial de las mismas y ha sido asignado al azar pero de manera muy próxima a un reparto por tercios del total del balance de la compañía.

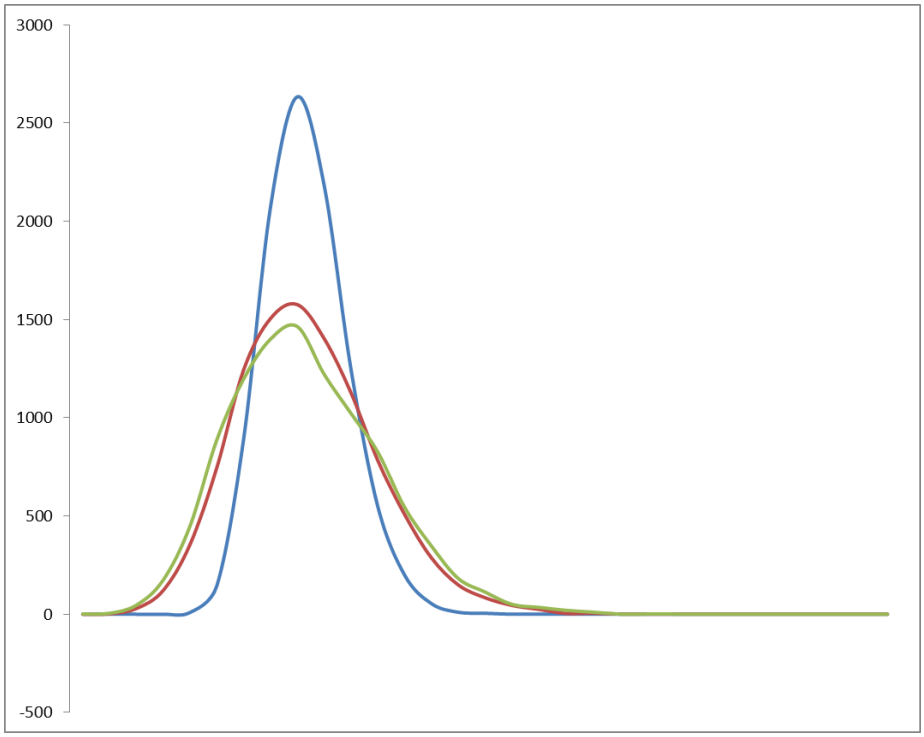
La distribución de resultados de cada una de las tres ramas, no ajustado por el volumen de cada una de ellas, es la siguiente:



Gráfica 8.1 Distribución del valor de cada uno de los pasivos de la compañía: rama 1 (azul), rama 2 (rojo) y rama 3 (verde).

Obviamente, el peso inicial de cada una de las compañías, así como el valor de reserva que se determine va a propiciar un mayor o menor impacto en el resultado al final del ejercicio. Puede ocurrir que se exijan unas reservas iniciales muy bajas, pero con una volatilidad muy elevada, de tal manera que el perfil de riesgo de la compañía se incremente enormemente. Éste y otros análisis serán realizados más adelante.

Si, en este caso, se ajusta por el volumen total de cada una de ellas, se encuentra el siguiente perfil:



Gráfica 8.2 Distribución del valor de cada uno de los pasivos de la compañía ajustadas por volumen: rama 1 (azul), rama 2 (rojo) y rama 3 (verde).

Como puede observarse, las diferencias en términos de volatilidad entre unas compañías y otras tienen implicaciones directas en la estructura de pagos a la que la aseguradora se enfrenta al final del período analizado.

Recapitulando estos datos junto con los definidos con anterioridad relativos a los costes totales de las compañías, se llega a la conclusión de que el modelo, inicialmente, está teniendo unos costes operativos promedios del 90%, (un 40% de costes operativos fijos y variables, y un 50% promedio de siniestros esperados por la compañía) ligeramente superiores a la muestra que se toma de compañías representativas en los

mercados americano y europeo en el cierre de 2.014. Al final del ejercicio, se contará con un perfil de costes operativos que va a ser cierto, como es el caso de los costes fijos y variables que se definieron al principio, y una cantidad no determinada de siniestros a pagar que, en promedio será del 90%.

Con una estructura de ramas como la descrita, las primas no consumidas al inicio del ejercicio serán las siguientes:

Primas no consumidas 1	29.957.776,97
Primas no consumidas 2	37.652.128,71
Primas no consumidas 3	32.390.094,32

Tabla 8.3 Primas no consumidas en cada uno de los pasivos al inicio del ejercicio.

Con un total agregado de 100.000.000 euros en primas, mencionado con anterioridad, en el transcurso de un período parcial entre el inicio del ejercicio y su final (se recuerda la consideración en el modelo de solamente un paso), la probabilidad de realización o no realización de los siniestros variará, teniendo un impacto directo en la cuenta de resultados.

8.2.2 Capital inicial de la compañía.

El valor del capital inicial de la compañía es una variable que es recomendable introducir inicialmente y con un valor superior a cero, para poder realizar un análisis de sensibilidades con suficiente margen de variación. No comenzará, por tanto, en cero, para después alcanzar un punto deseable u óptimo, sino que se partirá de una posición

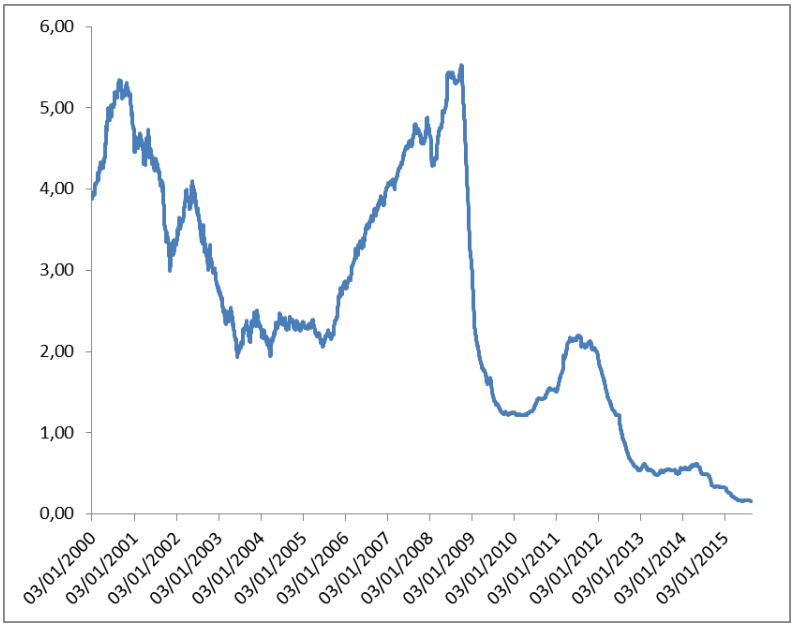
arbitraria y se tratará después de observar los cambios en las necesidades de capital que surgen a través de dichas variaciones.

En el capítulo 7, en que se ha descrito la manera en que se calcula el capital se llegó a una posición de capital óptima de un 20.33% para un intervalo de confianza del 99.50%. Para analizar las sensibilidades del modelo, se implementará un capital inicial algo por debajo de este nivel de equilibrio, y se optará por un 15%, o 15.000.000 de euros. Como se ha indicado, este nivel inicial de capital es puramente arbitrario, no es la intención inicial de este trabajo el que dicho punto se encuentre intencionalmente cerca del punto de equilibrio para la compañía.

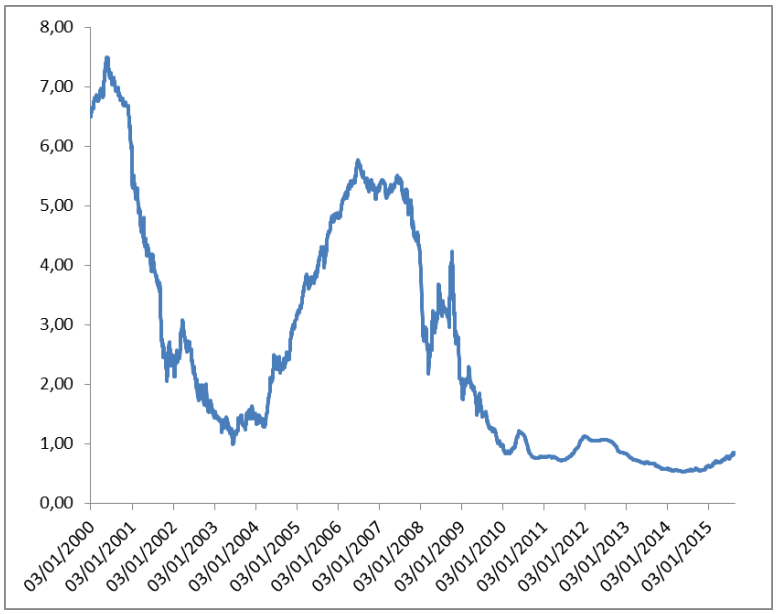
8.2.3 Tipo libre de riesgo.

Usualmente se considera dicho tipo de interés como la rentabilidad que se obtendrá en una inversión en un período de tiempo determinado en un activo cuyo perfil de riesgo es considerado como muy seguro. Esto es, la tasa de quiebra o *default* a cualquier horizonte en el tiempo es cero, o muy cercana a cero. Este tipo de inversiones y rentabilidades se asemejan a las que se obtendría si se invirtieran los activos a corto plazo en instrumentos financieros ligados a economías desarrolladas con un perfil de fortaleza financiera muy elevado, y con gran estabilidad política y monetaria a largo plazo, de forma que los inversores esperan recuperar sus intereses y capital en el futuro con una probabilidad cercana a 1. Varios ejemplos de este tipo de activo pueden encontrarse en la curva Euribor en Europa o los tipos Libor en Estados Unidos. En el caso de Europa, dentro de la curva Euribor, el referente más frecuente es el tipo a 12 meses fijado por el Banco Central Europeo (ver gráfica 8.3). En el caso americano, el

punto de referencia más comúnmente usado es el tipo Libor a 12 meses, que muestra un perfil similar para el mismo período, siendo su divisa base dólares estadounidenses (ver gráfica 8.4).



Gráfica 8.3 Tipo EURIBOR a 12 meses, período comprendido entre los años 2000-2015.



Gráfica 8.4 Tipo LIBOR a 12 meses, período comprendido entre los años 2000-2015.

A continuación se adjunta un cuadro de rentabilidades promedio (en términos absolutos) y desviaciones estándar de ambas series.

	Período 2000 - 2015		Período 2009 - 2015	
	Promedio	Desviación típica	Promedio	Desviación típica
Euribor 12M	2,51	1,52	1,09	0,65
Libor 12M	2,56	1,95	0,91	0,35

Tabla 8.4 Rentabilidades promedio de EURIBOR y LIBOR en el período 2000-2015 y 2009-2015.

En ambos casos, el cambio de régimen que parece producirse en 2009 provoca que el tipo de interés promedio sea significativamente menor, en el entorno de 150 puntos básicos. Por ello, para empezar se establece el tipo libre de riesgo de forma

arbitraria en 1.00%, teniendo en cuenta su evolución en los últimos años y los niveles actuales de tipos de interés en Europa.

Señalar, tal y como se hizo cuando se describieron los activos de la compañía, que el activo libre de riesgo puede asumir una tasa de quiebra cercana a cero, pero sin embargo es necesario reflexionar sobre las variaciones de valor que pueda sufrir el activo si el número de períodos que se está analizando es superior a uno. Distintos cambios en las políticas fiscales y monetarias de las economías desarrolladas producirán una variedad de precios de equilibrio para los tipos de interés a corto plazo, deformando así el perfil lineal de la inversión a vencimiento.

8.2.4 Prima de riesgo.

Se define la prima de riesgo como la rentabilidad extraordinaria que un inversor requeriría para invertir en el mercado por encima del tipo libre de riesgo que se acaba de describir en el apartado anterior. Este requerimiento de rentabilidad positivo en el largo plazo tiene como principal inconveniente el asumir una volatilidad distinta de cero y un componente estocástico, que impide al inversor conocer el resultado de los rendimientos de sus activos *a posteriori*. Existen distintos conceptos aplicables a la idea de una prima de riesgo sobre la rentabilidad del mercado, a saber[20]:

- Prima de riesgo esperada: diferencial de retorno exigido por los inversores sobre el tipo de interés del bono del tesoro de referencia.

[20] Ver Miller y Scholes (1972), Mehra et al (2008) y Fernández (2015).

- Prima de riesgo histórica: diferencial de retorno histórico observado entre el mercado de renta variable y el mercado de renta fija, constituido este último por los bonos del tesoro del país soberano de referencia.

- Prima de riesgo implícita: es el diferencial de rentabilidad que descuenta el mercado actualmente entre los mercados de renta fija y renta variable, asumiendo que el nivel de precios de ambos se encuentra en un estado de estabilidad económica.

- Prima de riesgo requerida: es el exceso de retorno que el inversor exige sobre el mercado de renta fija (de nuevo, representados por el mercado de bonos soberanos de referencia) por asumir el incremento de riesgo que supone invertir en mercados de renta variable.

En este trabajo se tomará éste último concepto, el de prima de riesgo requerida, por ser el que más se acerca a la idea que se quiere abordar. Es destacable, sin embargo, el poco consenso que existe entre los autores[21] en cuanto al concepto de prima de riesgo y la mejor manera de abordarlo, si bien es cierto que una estimación común de la misma se basa en tomar como válidos los resultados obtenidos de calcular la prima de riesgo histórica. En este caso, el hecho de asumir que los inversores están dispuestos a asumir una cantidad de riesgo distinta de cero a cambio de una rentabilidad superior sugiere que existe una curva de preferencias en las decisiones de los inversores. Se está asumiendo, con el objeto de simplificar, que los inversores de la compañía son neutrales al riesgo, y que sus curvas de indiferencia no exhiben por tanto concavidad.

[21] Ver Fernández (2015).

Existen diversos métodos válidos para su cálculo. A continuación se detallarán algunos de ellos, escogiendo aquel que mejor se adecúa a este propósito, y se justificará su elección, apuntando además las principales críticas que del mismo puedan hacerse.

8.2.4.1 Modelo CAPM.

Tomando como punto de referencia el modelo de Sharpe (1964), y más adelante Lintner (1965), Mossin (1966), Black (1972) y Black et al (1972), el modelo CAPM comienza asumiendo que todos los activos de riesgo están disponibles para todos los inversores y que todos ellos poseen una información simétrica a la de los gestores de las mismas. Esta información perfecta impide que los participantes del mercado obtengan beneficios extraordinarios aplicando estrategias recurrentes, en lo que se conoce como visión fuerte del mercado[22].

Además, requiere asumir que todos los inversores en el mercado son adversos al riesgo y que toman decisiones en el sentido eficiente del término, utilizando metodología de Markowitz. El mercado en su conjunto habría alcanzado ya su equilibrio, y es aquel en el que los pesos del mismo se definen como la capitalización total de cada uno de los activos sobre el total de capitalización del mercado. Teóricamente, los activos con una mayor demanda tenderían a ver su precio y retornos incrementados, de forma que el peso de estos activos en la cartera del mercado va a ser dinámico y dependiente de la oferta y la demanda en cada momento. Por tanto, no se requeriría de cálculo alguno para establecer los pesos óptimos del mercado,

[22] Ver Samuelson (1965).

simplemente se deben tomar los valores de capitalización de cada una de las compañías en un momento determinado.

Como restricción, el modelo inicial no contempla el préstamo de títulos, de modo que el peso de cada uno de los componentes, incluyendo el peso que se asigne al activo libre de riesgo, siempre será positivo. En una versión ampliada del mismo, los agentes de mercado podrán prestar y tomar prestado a la tasa libre de riesgo, ganando apalancamiento, para incrementar sus retornos a cambio de un perfil de riesgo más agresivo.

Se ha descrito este modelo de manera parcial con anterioridad del siguiente modo:

$$E(R_i) = RFR + \beta_{i,M}[E(R_M) - RFR] \qquad (24)$$

Siendo el primer componente de la ecuación el tipo libre de riesgo el cual se ha descrito en el apartado anterior. Se requiere asimismo del uso de una beta estimada, lo que añade una mayor complejidad al modelo. Esta beta introduce en el modelo un componente de riesgo sistémico, como se analizará más adelante.

Siguiendo la formulación anterior, todas las combinaciones de activos caerán en la recta de mercado de capitales (CML por sus siglas en inglés, *Capital Market Line*), que se define de la siguiente manera:

$$E(R) = RFR + \frac{[E(R_M) - RFR]}{\sigma_M} \cdot \sigma \qquad (25)$$

Señalar que no es sino una reformulación del modelo CAPM, en el que se observa una recta cuya pendiente representa la cantidad de prima de riesgo extra asumida por cada unidad de riesgo que la cartera del mercado aporta determinando, en cierta medida, el precio del riesgo asumido:

$$Pendiente = \frac{[E(R_M) - RFR]}{\sigma_M} \quad (26)$$

Si un activo poseyera correlación cero con respecto al mercado de referencia, los beneficios de incluirlo en la cartera de referencia serían claros, ya que el componente diversificador del mismo podría hacer el perfil de retorno contra riesgo de la cartera agregada de forma más eficiente. Siendo esto en la práctica algo difícilmente planteable, permite analizar el supuesto teórico de cómo construir una cartera cuyo riesgo agregado sea prácticamente nulo. Si se lograra algo así, incluyendo una amalgama de activos con unos patrones de correlación entre sí muy cercanos a cero, se estaría logrando la rentabilidad del activo libre de riesgo.

De este modo, el modelo CAPM plantea que el inversor solamente obtiene beneficios de aquellos riesgos de los que no puede diversificarse mediante la inversión en otro tipo de activos. En este caso, beta es la medida de diversificación de los riesgos de la cartera, y las betas individuales de los activos son percibidas como el riesgo no diversificable de las mismas. Se recuerda la fórmula que se emplea para su cálculo:

$$\beta = \frac{\sigma_i \cdot \sigma_m \cdot \rho_{i,m}}{\sigma_m^2} \quad (27)$$

Como se ha comentado con anterioridad, una correlación entre el mercado y el activo *i* de cero provocaría que la beta, identificada como riesgo no diversificable, fuera también de cero, obteniendo en ese caso la rentabilidad del activo libre de riesgo. Por tanto, puede concluirse que un mayor valor de beta debería incrementar el retorno requerido del inversor.

Fama y French (2002a, 2002b) analizaron la bondad del modelo, comparando los retornos predichos por la herramienta con los que reproduciría el mercado más adelante, concluyendo que, si bien es cierto que existe una relación positiva entre ambos componentes, la pendiente de la regresión resulta ser demasiado plana. Su uso, en cualquier caso, requiere precaución.

8.2.4.2 Modelo APM (Arbitrage Pricing Model).

El modelo APM, originalmente propuesto por Ross (1976), y más tarde corregido por diversos autores (Roll (1977), Connor (1982), Huberman (1982), Ingersoll (1984), entre otros) trata de encontrar los precios de equilibrio que explican la variación de retornos entre los distintos activos en un período de tiempo determinado. Cuando dichos precios se encuentran en equilibrio, se dice que los activos carecen de oportunidades de arbitraje, es decir, no se pueden extraer beneficios sin asumir ningún tipo de riesgo por parte de los inversores, siempre que no posean información privilegiada.

Intuitivamente, este modelo postula que la mayor parte de los retornos de una cartera pueden ser explicados con un número limitado de variables que pueden estimarse de antemano. Este modelo resulta de gran utilidad a la hora de construir carteras de activos, dado que permite escoger el grado de exposición a factores de carácter fundamental que afectan a los retornos de la cartera, de modo que pueden neutralizarse parcialmente riesgos no deseados o, al menos, ganar un mayor entendimiento de los factores a los que se expone el balance.

Se debe aclarar que los factores a los que se hace referencia son aquellos que tienen un carácter sistemático, por ser aquellos que reflejaría una cartera debidamente

diversificada, y que no cuenta con los posibles efectos de riesgo idiosincrático de los activos que poseamos, o de efectos con un impacto puntual en los retornos de los activos (un ejemplo de esto puede ser las variaciones en el precio del petróleo).

De este modo, el retorno de un activo podría definirse de la siguiente forma:

$$E(R_c) = RFR + \lambda_1\beta_{c,1} + \lambda_2\beta_{c,2} + \cdots + \lambda_k\beta_{c,k} \quad (28)$$

Donde

λ Representa la prima de riesgo atribuible al factor 1.

$\beta_{c,1}$ Representa la sensibilidad del activo al factor 1.

En el modelo original, la relación entre el retorno del activo (o de la cartera, de forma similar) y los factores se plantea de forma lineal. A diferencia del modelo CAPM, en el que solamente la beta refleja un único riesgo, esto es, el de mercado, el modelo APT incluye una variedad de factores explicativos del retorno, y que vendrán definidos según sea la naturaleza del activo cuyos rendimientos se estén tratando de explicar.

Sí se está incluyendo, al igual que en el modelo CAPM, la tasa libre de riesgo, que cuenta como el retorno mínimo que se debe esperar para el activo en cuestión, y que permite balancear la ecuación cuando planteamos estrategias de arbitraje. Esto es, el modelo se encontrará en equilibrio cuando la rentabilidad que podemos obtener invirtiendo en el activo o la cartera que analizamos sea idéntica a aquella que se obtendría cuando se está invirtiendo una cantidad de dinero equivalente al tipo libre de riesgo ajustado por el riesgo asumido anteriormente.

Sin embargo, la identificación de estos factores no resulta tarea sencilla, ya que corremos el riesgo de caer en problemas estadísticos derivados de una mala especificación de los mismos. Además, se encuentran también problemas de

multicolinealidad en el modelo, dado que muchas de las variables explicativas que se encuentran posiblemente guarden una relación estrecha entre ellas.

Roll y Ross (1995) encontraron que las principales fuerzas que afectan al mercado americano de renta variable son 1) la inflación no anticipada por los consumidores, 2) los cambios en los niveles esperados de producción industrial, 3) cambios no anticipados en las primas de riesgo y 4) cambios no anticipados en la estructura temporal de tipos de interés.

En este caso, y debido fundamentalmente a su sencillez, se optará por implementar la metodología CAPM, que va a permitir además extraer información adicional de los activos que se está introduciendo en las carteras.

Se hace necesario volver a destacar que no deja de ser significativa la gran disensión que existe entre los académicos en cuanto a la estimación de esta prima de riesgo, tanto en la metodología que plantean inicialmente, como en las conclusiones obtenidas.

En este trabajo, se aplicará una prima de riesgo de 2.50% anualizado a los retornos de los activos. De nuevo, y al igual que sucedía con el tipo libre de riesgo, se señálala arbitrariedad de este número, sin que en la pretensión de este trabajo se encuentre el determinar cuál de todas las referencias calculadas por los distintos autores es correcta. Posiblemente se trate de una asunción conservadora, pero razonable en un contexto de escaso crecimiento global tras la crisis bancaria primero, y soberana después, que los mercados desarrollados han vivido desde 2.008. En cualquier caso, es necesario destacar que el objetivo en el análisis es identificar la medida en la cual cada

una de estas variables tiene un impacto en la estructura de la compañía y, por lo tanto, los niveles iniciales reflejados por el modelo seguramente merezcan una atención relativa.

8.2.5 Rentabilidad esperada del mercado.

La rentabilidad esperada del mercado ha sido definida implícitamente en capítulos anteriores y, tal y como se entiende en este trabajo, es el resultado de incorporar al tipo libre de riesgo el exceso de retorno requerido por los inversores para compensar la volatilidad de los activos.

El modelo desarrollado en este trabajo se plantea dicha rentabilidad como la suma aritmética de ambos componentes. Si bien es cierto que esta aproximación puede resultar demasiado simplista, va a permitir realizar cambios en dichas variables y estudiar sus efectos de manera claramente aislada, lo que puede, en conjunto, enriquecer el resultado del análisis.

Dicha rentabilidad esperada adolece de los mismos defectos destacados a la hora de describir la prima de riesgo exigida por el mercado, puesto que será el componente que más peso tenga en su propio cálculo. En concreto, destacamos su debilidad predictiva, dado que, como se ha señalado con anterioridad, algunos autores indican que altas rentabilidades esperadas inicialmente no siempre acompañan rendimientos positivos en el futuro[23]. Sin embargo, se considera que es un buen indicador de la salud actual de un activo o un mercado en concreto ya que recoge elementos de riesgo tales

[23] Ver Jegadeesh (1990), Jegadeesh y Titman (1993) y Grinblatt y Moskowitz (2004).

como la volatilidad del mercado relativa a la del activo que se está analizando el nivel absoluto del tipo libre de riesgo.

Este número agregado, en este caso, será del 3.50%, dadas las cifras indicadas en los apartados anteriores. Esta cifra, como su propio nombre indica, hace referencia a la rentabilidad esperada por el mercado en su conjunto. En el caso en que se deseara extraer la rentabilidad de cada uno de los activos que componen la cesta, sería necesario, como se verá más adelante, detalles descriptivos de cada uno de los activos y, por tanto, la rentabilidad esperada final será mayor o menor que la del mercado, dependiendo, fundamentalmente, de la beta o la relación de riesgo sistémico que el activo tenga con el mercado global.

8.2.6 Activos financieros que componen el mercado.

Las distintas asunciones que se han ido realizando, así como la elección de determinadas variables al inicio del análisis de sensibilidades ha generado un impacto significativo en el cálculo de las principales variables que afectan a los activos de mercado. A continuación se describe esta cesta de activos, así como los pesos iniciales en los que se situará la simulación.

Las volatilidades de esta cesta de activos, junto con la correlación que se simule dentro del propio modelo será vital para determinar las características de las inversiones de la compañía. Una de las premisas, que implícitamente se está aceptando, es que la compañía debe invertir el total que ingresa de sus clientes a través de las primas en activos financieros del mercado. Se podría suponer, por ejemplo, que si así no fuera, la tesorería total de la compañía formaría parte de la valoración teórica de los activos de la

compañía sin diversificación alguna, esto es, sobreexponiendo el resultado de su cuenta de pérdidas y ganancias a la evolución de la compañía.

Las volatilidades que se definen inicialmente, recogidas en la tabla 8.5, son coherentes con la naturaleza de cada uno de los activos. Se incluye, además, la volatilidad teórica del mercado en un punto intermedio. Es de esperar que los activos que presentan una volatilidad mayor, también tiendan a mostrar betas superiores a las del mercado, siempre y cuando estén altamente correlacionados con el mismo. Es decir, si seguimos el modelo CAPM, los activos de mayor volatilidad estarían ofreciendo un mayor riesgo a cambio de una rentabilidad superior. Por tanto, y dado que este modelo solamente comprende un tipo de riesgo (el riesgo sistémico) como la única variable explicativa sobre los retornos de los activos individuales de mercado, se puede concluir que de acuerdo al modelo CAPM, si las rentabilidades y el riesgo son más altos, también lo será su beta.

Activo 1	3,00%
Activo 2	7,00%
Activo 3	11,00%
Activo 4	16,00%
Mercado	9,00%

Tabla 8.5 Volatilidades esperadas de los activos y del mercado.

La matriz de correlaciones de la que se parte para definir las relaciones de los activos es la siguiente:

CORR	Activo 1	Activo 2	Activo 3	Activo 4	Mercado
Activo 1	1,0000	0,8627	0,7627	0,9431	0,8749
Activo 2	0,8627	1,0000	0,4939	0,8567	0,7422
Activo 3	0,7627	0,4939	1,0000	0,7104	0,8825
Activo 4	0,9431	0,8567	0,7104	1,0000	0,8943
Activo 5	0,8749	0,7422	0,8825	0,8943	1,0000

Tabla 8.6 Matriz de correlaciones esperada entre los activos que componen el mercado.

En el estado inicial del modelo, las correlaciones de los activos entre sí son fundamentalmente positivas, si bien algunas correlaciones cruzadas se aproximan ligeramente a cero. Éste déficit del modelo es consecuencia de una de las asunciones necesarias que se debe realizar para poder afirmar que, en el largo plazo, las rentabilidades de los activos que componen el mercado son positivas, y poder resolver después el problema de optimización a través de Markowitz. Si se asumieran correlaciones, y por tanto covarianzas, negativas, varios de los activos poseerían rentabilidades negativas en el largo plazo. A consecuencia de ello, la optimización expulsaría del conjunto de soluciones aportadas todos aquellos activos cuya rentabilidad a largo plazo fuera negativa, incluso si su inclusión incrementara el efecto diversificador global de la cartera. Esta asunción tiene, adicionalmente, un impacto en las ramas en las que va a invertir la compañía, de modo que afectará sin duda al proceso de optimización global[24].

La matriz de Cholesky generada a partir de esta matriz de correlaciones y necesaria para desarrollar la serie de números aleatorios que definirá los distintos escenarios, es la siguiente:

CHOL	Activo 1	Activo 2	Activo 3	Activo 4	Mercado
Activo 1	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Activo 2	0,8627	0,5057	0,0000	0,0000	0,0000
Activo 3	0,7627	-0,3245	0,5595	0,0000	0,0000
Activo 4	0,9431	0,0851	0,0333	0,3196	0,0000
Activo 5	0,8749	-0,0247	0,3703	0,1844	0,2507

Tabla 8.7 Matriz de Cholesky generada para los activos del mercado.

[24]En el apartado de crítica a los resultados obtenidos, se volverá a analizar esta cuestión y se tratará de proponer soluciones para minimizar el impacto de estos efectos, manteniendo una estructura del modelo.

Una vez definidos dichos escenarios, se podrá calcular cuál es la correlación real mostrada entre los distintos activos y compararlos con la matriz de correlaciones inicial. Los resultados son los siguientes:

CORR REAL	Activo 1	Activo 2	Activo 3	Activo 4	Mercado
Activo 1	1,0000	0,8528	0,7584	0,9387	0,8661
Activo 2	0,8528	1,0000	0,4815	0,8512	0,7265
Activo 3	0,7584	0,4815	1,0000	0,7033	0,8880
Activo 4	0,9387	0,8512	0,7033	1,0000	0,8840
Activo 5	0,8661	0,7265	0,8880	0,8840	1,0000

Tabla 8.8 Correlación experimentada por los activos del mercado.

La matriz de diferencias, recogido en la tabla 8.9, permite comprobar que las discrepancias en las correlaciones halladas a posteriori no son muy elevadas, si bien es cierto que conforme se incrementa el número de simulaciones, se deberían encontrar valores cada vez más consistentemente cercanos a cero. El propio efecto de la aleatoriedad en la generación de los números, acompañado del tamaño de la muestra propicia que, en este caso, los valores no estén más cercanos aún a cero.

Diferencias	Activo 1	Activo 2	Activo 3	Activo 4	Mercado
Activo 1	0,0000	-0,0099	-0,0043	-0,0044	-0,0088
Activo 2	-0,0099	0,0000	-0,0124	-0,0055	-0,0158
Activo 3	-0,0043	-0,0124	0,0000	-0,0071	0,0056
Activo 4	-0,0044	-0,0055	-0,0071	0,0000	-0,0103
Activo 5	-0,0088	-0,0158	0,0056	-0,0103	0,0000

Tabla 8.9 Matriz de diferencias halladas entre la correlación deseada y la experimentada tras el proceso de descomposición de Cholesky.

Por otra parte, dado que se posee la matriz de correlaciones entre los activos, así como la volatilidad de los mismos, se puede también deducir la composición de la matriz de varianzas y covarianzas, que queda definida de la siguiente manera:

VarCovar	Activo 1	Activo 2	Activo 3	Activo 4	Mercado
Activo 1	0,0009	0,0018	0,0025	0,0045	0,0024
Activo 2	0,0018	0,0049	0,0038	0,0096	0,0047
Activo 3	0,0025	0,0038	0,0121	0,0125	0,0087
Activo 4	0,0045	0,0096	0,0125	0,0256	0,0129
Activo 5	0,0024	0,0047	0,0087	0,0129	0,0081

Tabla 8.10 Matriz de varianzas y covarianzas generada para los activos del mercado.

Como método de comprobación, la raíz de la matriz diagonal generada a partir de la matriz de varianzas y covarianzas debería tener como resultado una matriz diagonal que incorpore las volatilidades de los activos y el mercado. El resultado es el siguiente:

Desvest	Activo 1	Activo 2	Activo 3	Activo 4	Mercado
Activo 1	0,0300				
Activo 2		0,0700			
Activo 3			0,1100		
Activo 4				0,1600	
Activo 5					0,0900

Tabla 8.11 Matriz de volatilidades de los activos del mercado.

La tabla 8.12 muestra las betas de estos activos con respecto al mercado. Se comprueba que están lo suficientemente dispersas, y que la beta del mercado para consigo mismo es de 1. Estas betas son coherentes con el modelo CAPM que se ha descrito con anterioridad.

	Beta
Activo 1	0,292
Activo 2	0,577
Activo 3	1,079
Activo 4	1,590
Mercado	1,000

Tabla 8.12 Betas de los activos del mercado en base al modelo CAPM.

Adicionalmente, es necesario definir el peso inicial de los activos de mercado en las carteras. Al igual que se ha hecho anteriormente, se define un valor inicial arbitrario, no necesariamente cercano al punto teórico de optimización, que permita más adelante realizar cambios que tengan un impacto significativo en las sensibilidades del modelo. Así, el vector de pesos iniciales de los activos será el siguiente:

	Peso en cartera
Activo 1	0,409%
Activo 2	23,448%
Activo 3	28,233%
Activo 4	47,909%
Mercado	0,000%

Tabla 8.13 Pesos iniciales de los activos del mercado en la cartera.

Lógicamente, el peso de la cartera de inversiones en la cartera del mercado es de cero, puesto que se está utilizando únicamente como punto de referencia para la descripción numérica del resto de activos financieros.

Los retornos esperados de cada uno de los activos, definidos siguiendo el modelo de CAPM (incorporando el tipo libre de riesgo, la prima de riesgo y la beta de cada uno de ellos) estarán definidos por el siguiente vector:

	E(R)
Activo 1	1,73%
Activo 2	2,44%
Activo 3	3,70%
Activo 4	4,97%
Mercado	3,50%

Tabla 8.14 Retornos esperados por los activos de mercado consecuentes con el modelo CAPM.

Tal y como se ha descrito con anterioridad, aquellos activos con mayor beta también poseen el mayor retorno esperado total. Por otra parte, el mercado, dado que tiene una beta igual a la unidad, es simplemente la suma aritmética del tipo libre de riesgo y la prima de riesgo, en este caso, 3.50%. Asimismo, la rentabilidad esperada de esta cartera, dadas sus rentabilidades individuales y el peso de cada una, será la suma-producto de ambos vectores, cuyo resultado, en este caso, es de 4.01%. La volatilidad esperada de la misma, calculada suponiendo que no existe relación alguna entre los activos entre sí, es de 12.42%, dado que simplemente corresponde a la suma aritmética de los pesos de los activos por cada una de sus desviaciones estándar. Si se incorpora la matriz de covarianzas al cálculo de ésta desviación típica, se tendrá una volatilidad esperada de 11.48%, número que se aproximará mejor al comportamiento real de la cartera. Se puede concluir, por tanto, que el factor diversificador en el estado inicial de la cartera, y correspondiente únicamente al activo, es de 0.95% o 95 puntos básicos. Cabe recordar que esta volatilidad, afectando únicamente a uno de los dos componentes principales del balance, no tiene valor por sí misma dentro del modelo, y no se puede concluir, por el momento, que una composición determinada de cartera sea superior en términos de Markowitz a otra, siempre que no se tenga en consideración los pasivos del balance.

8.2.7 Matriz de varianzas y covarianzas del balance de la compañía.

Hasta el momento se han descrito, por separado, las distintas relaciones que se espera de los pasivos de la compañía, por una parte, y del activo, por otra, mencionando que entre estos elementos también debe existir un componente diversificador, puesto

que una de las premisas del modelo es que, además, dicho elemento es una potencial fuente de ahorro de capital para la compañía. La matriz conjunta de varianzas y covarianzas va a incorporar las dos submatrices antes mencionadas y, al ser una matriz cuadrada, las dos matrices diagonales simétricas incorporarán la relación entre los pasivos de la compañía y los activos de la misma. En este caso, dicha matriz vendrá dada por:

CORR	Activo 1	Activo 2	Activo 3	Activo 4	Mercado	Rama 1	Rama 2	Rama 3
Activo 1	1,0000	0,9116	0,5755	0,7271	0,7991	0,9504	0,9195	0,8585
Activo 2	0,9116	1,0000	0,7650	0,8961	0,8384	0,8595	0,8215	0,7117
Activo 3	0,5755	0,7650	1,0000	0,8655	0,5202	0,6033	0,5929	0,4377
Activo 4	0,7271	0,8961	0,8655	1,0000	0,6543	0,7229	0,7599	0,5377
Activo 5	0,7991	0,8384	0,5202	0,6543	1,0000	0,7042	0,7288	0,7401
Rama 1	0,9504	0,8595	0,6033	0,7229	0,7042	1,0000	0,8786	0,8884
Rama 2	0,9195	0,8215	0,5929	0,7599	0,7288	0,8786	1,0000	0,7748
Rama 3	0,8585	0,7117	0,4377	0,5377	0,7401	0,8884	0,7748	1,0000

Tabla 8.15 Matriz de correlaciones entre todos los elementos del balance de la compañía.

Su matriz de Cholesky asociada, por otra parte, será la siguiente:

CHOL	Activo 1	Activo 2	Activo 3	Activo 4	Mercado	Rama 1	Rama 2	Rama 3
Activo 1	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Activo 2	0,9116	0,4111	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Activo 3	0,5755	0,5846	0,5719	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Activo 4	0,7271	0,5673	0,2018	0,3298	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Activo 5	0,7991	0,2675	-0,1680	-0,1352	0,4933	0,0000	0,0000	0,0000
Rama 1	0,9504	-0,0167	0,1156	0,0546	-0,0486	0,2789	0,0000	0,0000
Rama 2	0,9195	-0,0406	0,1529	0,2532	0,1313	-0,0754	0,2061	0,0000
Rama 3	0,8585	-0,1724	0,0775	-0,0132	0,2258	0,2591	-0,1954	0,2658

Tabla 8.16 Matriz de Cholesky asociada a la matriz de correlaciones deseada entre todos los elementos que conforman el balance de la compañía.

Por tanto, la matriz inicial obtenida de varianzas y covarianzas será la siguiente:

COVAR	Activo 1	Activo 2	Activo 3	Activo 4	Mercado	Rama 1	Rama 2	Rama 3
Activo 1	0,0009	0,0019	0,0019	0,0035	0,0022	0,0040	0,0017	0,0041
Activo 2	0,0019	0,0049	0,0059	0,0100	0,0053	0,0084	0,0058	0,0080
Activo 3	0,0019	0,0059	0,0121	0,0152	0,0051	0,0093	0,0040	0,0077
Activo 4	0,0035	0,0100	0,0152	0,0256	0,0094	0,0162	0,0113	0,0138
Mercado	0,0022	0,0053	0,0051	0,0094	0,0081	0,0089	0,0096	0,0107
Rama 1	0,0040	0,0084	0,0093	0,0162	0,0089	0,0196	0,0069	0,0199
Rama 2	0,0017	0,0058	0,0040	0,0113	0,0096	0,0069	0,0225	0,0097
Rama 3	0,0041	0,0080	0,0077	0,0138	0,0107	0,0199	0,0097	0,0256

Tabla 8.17 Matriz de varianzas y covarianzas de todos los elementos del balance.

Esta matriz de varianzas y covarianzas es segregable en dos bloques, pertenecientes a los activos y a los pasivos, como se muestra a continuación:

COVAR	Activo 1	Activo 2	Activo 3	Activo 4	Mercado
Activo 1	0,0009	0,0019	0,0019	0,0035	0,0022
Activo 2	0,0019	0,0049	0,0059	0,0100	0,0053
Activo 3	0,0019	0,0059	0,0121	0,0152	0,0051
Activo 4	0,0035	0,0100	0,0152	0,0256	0,0094
Mercado	0,0022	0,0053	0,0051	0,0094	0,0081

COVAR	Rama 1	Rama 2	Rama 3
Rama 1	0,0196	0,0069	0,0199
Rama 2	0,0069	0,0225	0,0097
Rama 3	0,0199	0,0097	0,0256

Tabla 8.18 Submatrices de varianzas y covarianzas a partir de la matriz original.

9 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES APLICADO AL MODELO.

En el siguiente apartado se realizarán cambios discrecionales en todas las variables descritas anteriormente, analizando su relación con el resto de universo de variables de la simulación, así como su impacto en las diversas variables financieras relevantes para la gestión de la compañía. Tratando de incrementar el nivel de complejidad paulatinamente, se comenzará analizando los cambios que puedan producirse en la estructura de costes de la compañía y el volumen de primas contratadas. Ambos casos representan ejemplos de variables que se encuentran parcialmente en territorio de decisión por parte de la aseguradora en la mayor parte de las ocasiones, es necesario un período de tiempo considerable para que puedan tener un impacto financiero de largo plazo. Más adelante se estudiarán posibles cambios en los pasivos de la compañía, desde la estructura de la misma hasta cambios discrecionales en las correlaciones de las mismas. Un análisis similar seguirá al de los activos de la compañía y, en ambos casos, se expondrán las sensibilidades cruzadas que se hallen entre éstos y aquellos.

Cada una de estas variaciones debería conducir a un sistema de incentivos de medio y largo plazo tal que pueda alcanzarse la estructura considerada como óptima por parte de los gestores de las compañías. Si, por el contrario, se parte de una posición inicial en la que no se posee ningún tipo de carga en el pasivo, el proceso se trataría más bien de una optimización, como se verá más adelante. Ambos resultados deben ser coherentes entre sí y, en cualquier caso, la continuidad de la compañía aseguradora verá incrementada su supervivencia en cuanto los gestores de la misma conozcan mejor el

comportamiento de aquellas variables que acaban por tener un impacto significativo en su cuenta de resultados.

9.1 CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DE COSTES DE LA COMPAÑÍA.

Los cambios en la estructura de costes de la compañía pueden tener orígenes muy distintos, dado que en el análisis de este trabajo se incorpora este concepto como parte de los costes operativos de la compañía. Un ejemplo de dicha composición es, por ejemplo, el total de los salarios pagados a empleados, así como el coste total derivado de la adquisición o alquiler de centros de trabajo, con acceso a comodidades que permitan la actividad normal de la compañía.

9.1.1 Cambio en la cuantía de los costes fijos.

Como se especificó en el punto 7.1.1, los costes totales de la compañía van a estar conformados por aquellos que poseen un carácter variable, en contraposición con aquellos que lo posean fijo. En cualquiera de los dos casos, la capacidad de la compañía de mantener su capacidad operativa óptima va a ser determinante a la hora de incrementar el retorno por unidad de capital.

En el modelo planteado, se sitúan los costes fijos como un 20% del balance inicial presupuestado por la compañía (20 millones) y un 20% adicional por cada una de las pólizas contratadas. Si se incrementa el importe de estos costes fijos en un 10%, hasta

representar un 22% del balance inicial de la compañía antes de capital, el primer impacto se observará en el total de los costes de la misma:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Costes operativos	40,00%	**Costes operativos**	42,00%	2,00%
Costes operativos (€)	40.000.000,00	**Costes operativos (€)**	42.000.000,00	2.000.000,00
Costes fijos	20.000.000,00	**Costes fijos**	22.000.000,00	2.000.000,00

Tabla 9.1 Cambios experimentados tras un incremento en los costes operativos de la compañía.

Las métricas de beneficio también se ven afectadas de manera lineal, ya que al final del ejercicio se deja de recibir un 2% del total de los ingresos de la compañía, como se puede comprobar:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Beneficio esperado	14,85%	**Beneficio esperado**	12,85%	-2,00%
Beneficio esperado (€)	14.851.207,51	**Beneficio esperado (€)**	12.851.207,51	-2.000.000,00
Tax rate	21,00%	**Tax rate**	21,00%	0,00%
ROE	78,22%	**ROE**	67,68%	-10,53%

Tabla 9.2 Cambios experimentados en la rentabilidad de la compañía tras un cambio en los costes operativos de la misma.

Se observa que el retorno sobre capital (ROE) se reduce en más de un 10%, indicando el peso representativo del concepto de costes dentro de la cuenta de resultados de los accionistas de la compañía. Por otro lado, y dado que los costes finales son superiores, también es de esperar que la factura total de impuestos se reduzca proporcionalmente:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Pasivos	68.361.985,31	**Pasivos**	67.941.985,31	-420.000,00
Primas no consumidas 1	11.983.110,79	Primas no consumidas 1	11.983.110,79	0,00
Primas no consumidas 2	18.826.064,36	Primas no consumidas 2	18.826.064,36	0,00
Primas no consumidas 3	19.434.056,59	Primas no consumidas 3	19.434.056,59	0,00
Hacienda	3.118.753,58	Hacienda	2.698.753,58	-420.000,00
Capital	15.000.000,00	Capital	15.000.000,00	0,00
Activos	68.361.985,31	**Activos**	67.941.985,31	-420.000,00
Activos financieros	68.361.985,31	Activos financieros	67.941.985,31	-420.000,00
P&L		**P&L**		0,00
Primas no consumidas	50.243.231,73	Primas no consumidas	50.243.231,73	0,00
E(R) activos	4.607.975,77	E(R) activos	4.607.975,77	0,00
Gastos devengados	-40.000.000,00	Gastos devengados	-42.000.000,00	-2.000.000,00
Impuestos	-3.118.753,58	Impuestos	-2.698.753,58	420.000,00
P&L (+ ganancia)	11.732.453,93	P&L (+ ganancia)	10.152.453,93	-1.580.000,00

Tabla 9.3 Cambios experimentados en el balance inicial de la compañía tras un cambio en los costes operativos de la misma.

Como se puede comprobar, tanto los pasivos, en forma de reducción de impuestos a pagar, como los activos finales, que se reducen en la misma proporción, son coherentes con un incremento de los costes de la compañía. Los gastos devengados son, asimismo, superiores. Se observa que el resultado final del cambio es negativo en 1.580.000 euros, esto es, se deja de ingresar el coste adicional que se experimentó previamente, con el ahorro ya comentado de los costes en impuestos. Es, además, relevante, el impacto que un cambio en esta variable posee en la posición de capital esperada por la compañía al final del ejercicio:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Posición actual de capital	15.000.000,00	**Posición actual de capital**	15.000.000,00	0,00
Posición actual de capital	15,00%	**Posición actual de capital**	15,00%	0,00%
Nº de casos	10.000,00	**Nº de casos**	10.000,00	0,00
Capital shortfall	189,00	**Capital shortfall**	283,00	94,00
P-value	98,11%	**P-value**	97,17%	-0,94%
CVaR	-4.481.104,37	**CVaR**	-4.669.218,47	-188.114,10

Tabla 9.4 Cambios experimentados en la posición de capital de la compañía tras un cambio en los costes operativos de la misma.

Como era de esperar, el número de escenarios en los que el capital se acerca a terreno negativo se incrementa en 94, y consecuentemente el p-valor cae 94 puntos básicos, hasta situarse en 97.17%. El CVaR también se reduce, ya que en la muestra de escenarios que se está introduciendo para su cálculo se está incorporando 94 escenarios cuya pérdida es muy cercana a cero, de tal forma que esta mejora teórica es claramente ilusoria.

9.1.2 Cambio en la eficiencia de costes variables de la compañía.

Si a continuación se realiza el mismo ejercicio retornando a la posición inicial y modificando, por el contrario, los costes variables de la compañía a través de un impacto similar, se observará que se producen impactos del mismo tamaño que los que se acaba de describir. A modo de ejemplo, aunque sin mostrar resultados exhaustivos:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Costes operativos	40,00%	**Costes operativos**	42,00%	2,00%
Costes operativos (€)	40.000.000,00	**Costes operativos (€)**	42.000.000,00	2.000.000,00
Costes fijos	20.000.000,00	**Costes fijos**	20.000.000,00	0,00
Beneficio esperado	14,85%	**Beneficio esperado**	12,85%	-2,00%
Beneficio esperado (€)	14.851.207,51	**Beneficio esperado (€)**	12.851.207,51	-2.000.000,00
Tax rate	21,00%	**Tax rate**	21,00%	0,00%
ROE	78,22%	**ROE**	67,68%	-10,53%

Tabla 9.5 Cambios experimentados en la estructura de costes de la compañía tras un cambio en los costes variables de la misma.

En la tabla 9.5 se observa que el impacto en los ratios de beneficio es idéntico. Así mismo, el balance final presupuestado de las compañías se mantiene inalterado (ver tabla 9.6).

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Balance final presupuestado		**Balance final presupuestado**		0,00%
Primas consumidas (informativo)		**Primas consumidas (informativo)**		0,00
Primas consumidas 1	17.974.666,18	Primas consumidas 1	17.974.666,18	0,00
Primas consumidas 2	18.826.064,36	Primas consumidas 2	18.826.064,36	0,00
Primas consumidas 3	12.956.037,73	Primas consumidas 3	12.956.037,73	0,00
Pasivos	68.361.985,31	**Pasivos**	67.941.985,31	-420.000,00
Primas no consumidas 1	11.983.110,79	Primas no consumidas 1	11.983.110,79	0,00
Primas no consumidas 2	18.826.064,36	Primas no consumidas 2	18.826.064,36	0,00
Primas no consumidas 3	19.434.056,59	Primas no consumidas 3	19.434.056,59	0,00
Hacienda	3.118.753,58	Hacienda	2.698.753,58	-420.000,00
Capital	15.000.000,00	Capital	15.000.000,00	0,00
Activos	68.361.985,31	**Activos**	67.941.985,31	-420.000,00
Activos financieros	68.361.985,31	Activos financieros	67.941.985,31	-420.000,00
P&L		**P&L**		0,00
Primas no consumidas	50.243.231,73	Primas no consumidas	50.243.231,73	0,00
E(R) activos	4.607.975,77	E(R) activos	4.607.975,77	0,00
Gastos devengados	-40.000.000,00	Gastos devengados	-42.000.000,00	-2.000.000,00
Impuestos	-3.118.753,58	Impuestos	-2.698.753,58	420.000,00
P&L (+ ganancia)	11.732.453,93	P&L (+ ganancia)	10.152.453,93	-1.580.000,00

Tabla 9.6 Cambios experimentados en el balance inicial de la compañía tras un cambio en los costes variables de la misma.

De esta forma, se concluye que el análisis de los costes variables implica la variación implícita del tamaño de las primas de la compañía.

9.2 CAMBIOS EN EL VOLUMEN DE PRIMAS AGREGADAS CONTRATADAS.

El cambio que se realiza en este apartado, referido al total de primas contratadas por los clientes de la aseguradora, responde a un posible impacto en el volumen no esperado de las ventas realizadas durante la puesta en marcha de la compañía, o una desviación significativa en el presupuesto de dichas ventas. Este análisis va a permitir estudiar el impacto que posee en la compañía un cambio en el volumen agregado de

pólizas, ya que la estructura de la compañía se mantiene estable y relativa al volumen de primas previsto inicialmente.

El incremento en el volumen de primas se realizará de manera proporcional, de modo que las nuevas cuantías se repartirán equitativamente entre las ramas de negocio existentes, manteniendo la misma proporción inicial. Más adelante se realizarán estudios de incremento marginal en cada una de las ramas, para analizar el impacto de una posible desviación en el crecimiento de las mismas.

Como se ha indicado con anterioridad, los costes operativos de la compañía no se ajustarán en la misma proporción en lo que respecta a costes fijos, pero sí tendrán un impacto en la definición de los costes variables, dado que afectan a cada una de las primas contratadas. Sería de esperar, en un caso real, cierta corrección en los costes fijos siempre que la compañía muestre crecimientos marginales decrecientes. Dicho efecto se alcanza parcialmente en la simulación, dado que, como se ha señalado, los costes variables sí experimentan variación. Se incrementará, con el propósito antes descrito, un 10% el volumen de primas contratadas agregadas, pasando de 10.000.000 a 110.000.000. Este incremento de primas tendrá, como primera consecuencia, un incremento proporcional en el capital requerido para la puesta en funcionamiento de la compañía que, a su vez, tendrá un impacto en la retribución que deseará recibir el accionista (mayor, dado que su aportación será más elevada, si no se asume cambio alguno en el retorno sobre capital requerido inicialmente).

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Capital disponible (%)	15,00%	**Capital disponible (%)**	15,00%	0,00%
Capital disponible (€)	15.000.000,00	**Capital disponible (€)**	16.500.000,00	1.500.000,00

Tabla 9.7 Efecto en el capital disponible tras el cambio en el volumen de primas contratadas.

Se observarán, además, los activos incrementados en la misma cuantía que las primas incrementadas más el capital disponible, de tal forma que el retorno absoluto de los activos se incrementará, del mismo modo. En este modelo, el tamaño relativo de la aseguradora no es lo suficientemente elevado como para que un incremento en su demanda tenga efecto alguno en los precios de los activos, de modo que el retorno esperado de los mismos, expresado en términos porcentuales, no variará.

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Total activos (€)	115.000.000,00	**Total activos (€)**	126.500.000,00	11.500.000,00
E(R) de los activos	4,01%	**E(R) de los activos**	4,01%	0,00%
E(R) de los activos (€)	4.607.975,77	**E(R) de los activos (€)**	5.068.773,35	460.797,58
Volat de los activos	11,48%	**Volat de los activos**	11,48%	0,00%
Volat de los activos (€)	13.201.727,13	**Volat de los activos (€)**	14.521.899,85	1.320.172,71

Tabla 9.8 Efecto en las rentabilidades y volatilidades de la cartera tras el cambio en el volumen de primas contratadas.

El incremento en las primas agregadas provocará, a su vez, una subida de la siniestralidad esperada por la compañía, obviamente. Los costes operativos relativos al tamaño del balance de la compañía, en los que se cuenta tanto costes variables como fijos, se reducen hasta situarse en 38.18%.

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Primas agregadas (€)	100.000.000,00	**Primas agregadas (€)**	110.000.000,00	10.000.000,00
Expected claims	49,76%	**Expected claims**	49,76%	0,00%
Expected claims vol	15,02%	**Expected claims vol**	15,02%	0,00%
Claims vol (tras divers.)	14,72%	**Claims vol (tras divers.)**	14,72%	0,00%
Expected claims (€)	49.756.768,27	**Expected claims (€)**	54.732.445,09	4.975.676,83
Costes operativos	40,00%	**Costes operativos**	38,18%	-1,82%
Costes operativos (€)	40.000.000,00	**Costes operativos (€)**	42.000.000,00	2.000.000,00
Costes fijos	20.000.000,00	**Costes fijos**	20.000.000,00	0,00

Tabla 9.9 Efecto en los costes operativos de la compañía tras el cambio en el volumen de primas contratadas.

Esta reducción de los costes totales relativos de la compañía hace que se incrementen, de manera simétrica, los beneficios esperados de la aseguradora. El efecto

en el retorno sobre capital también es significativo, alcanzando un incremento, como se puede observar en la siguiente tabla, del 9.58%, debido al efecto apalancamiento que existe al contar con un retorno significativamente más alto, comparado con una posición de capital requerido más reducida.

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Beneficio esperado	14,85%	**Beneficio esperado**	16,67%	1,82%
Beneficio esperado (€)	14.851.207,51	**Beneficio esperado (€)**	18.336.328,26	3.485.120,75
Tax rate	21,00%	**Tax rate**	21,00%	0,00%
ROE	78,22%	**ROE**	87,79%	9,58%

Tabla 9.10 Efecto en el retorno esperado de la compañía tras el cambio en el volumen de primas contratadas.

No se aprecian cambios, tal y como se ha señalado anteriormente, en las volatilidades de los activos ni de los pasivos. Convendría plantearse, sin embargo, si el incremento no esperado en el tamaño total de las primas contratadas corresponde a una política de precios demasiado agresiva, que atraiga a aquellos clientes con un perfil de riesgo superior y que, por tanto, encuentran barata la cobertura de los ramos contratados. Este problema de selección adversa deriva del carácter asimétrico que poseen los contratos de seguro en el momento de su negociación, y puede ser reducido mediante el uso de encuestas y, en general, de estudios que incrementen el conocimiento de la masa demográfica de los clientes de la compañía y que permitan un ajuste razonable de sus precios.

En lo que al balance se refiere, se encuentra un incremento esperable en las primas consumidas al final del ejercicio, coherente con el incremento inicial de los clientes de la compañía. Se incrementarán, del mismo modo, los impuestos pagaderos al final del período. Sin embargo, dicho incremento de gastos no es suficiente para compensar la subida en el total de ganancias registradas:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Balance final presupuestado		**Balance final presupuestado**		
Primas consumidas (informativo)		**Primas consumidas (informativo)**		
Primas consumidas 1	17.974.666,18	Primas consumidas 1	19.772.132,80	1.797.466,62
Primas consumidas 2	18.826.064,36	Primas consumidas 2	20.708.670,79	1.882.606,44
Primas consumidas 3	12.956.037,73	Primas consumidas 3	14.251.641,50	1.295.603,77
Pasivos	68.361.985,31	**Pasivos**	75.618.183,84	7.256.198,53
Primas no consumidas 1	11.983.110,79	Primas no consumidas 1	13.181.421,87	1.198.311,08
Primas no consumidas 2	18.826.064,36	Primas no consumidas 2	20.708.670,79	1.882.606,44
Primas no consumidas 3	19.434.056,59	Primas no consumidas 3	21.377.462,25	1.943.405,66
Hacienda	3.118.753,58	Hacienda	3.850.628,93	731.875,36
Capital	15.000.000,00	Capital	16.500.000,00	1.500.000,00
Activos	68.361.985,31	**Activos**	75.618.183,84	7.256.198,53
Activos financieros	68.361.985,31	Activos financieros	75.618.183,84	7.256.198,53
P&L		**P&L**		0,00
Primas no consumidas	50.243.231,73	Primas no consumidas	55.267.554,91	5.024.323,17
E(R) activos	4.607.975,77	E(R) activos	5.068.773,35	460.797,58
Gastos devengados	-40.000.000,00	Gastos devengados	-42.000.000,00	-2.000.000,00
Impuestos	-3.118.753,58	Impuestos	-3.850.628,93	-731.875,36
P&L (+ ganancia)	11.732.453,93	P&L (+ ganancia)	14.485.699,32	2.753.245,39

Tabla 9.11 Efecto en el balance inicial de la compañía tras el cambio en el volumen de primas contratadas.

En cuanto a la posición de capital de la compañía, se encuentra que posee 1.500.000 más de lo estrictamente necesario para mantenerse en funcionamiento, al inicio del ejercicio. Tal y como sucedía cuando se analizaron los ingresos de la compañía, se encuentra que, al no variar la estructura de costes fijos, se entra en déficit de capital en un menor número de escenarios y que, consecuentemente, el p-valor se incrementa proporcionalmente, hasta situarse en 98.64%. El CVaR de la aseguradora empeora ligeramente, aunque de manera poco apreciable:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Posición actual de capital	15.000.000,00	**Posición actual de capital**	16.500.000,00	1.500.000,00
Posición actual de capital	15,00%	**Posición actual de capital**	15,00%	0,00%
Nº de casos	10.000,00	**Nº de casos**	10.000,00	0,00
Capital shortfall	189,00	**Capital shortfall**	136,00	-53,00
P-value	98,11%	**P-value**	98,64%	0,53%
CVaR	-4.481.104,37	**CVaR**	-4.484.235,23	-3.130,86

Tabla 9.12 Efecto en el capital necesario para la compañía tras el cambio en el volumen de primas contratadas.

9.3 CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DE LOS PASIVOS DE LA COMPAÑÍA.

En este apartado se analizarán los cambios que podrían producirse en la configuración de los pasivos de la compañía. Dado que son muchos los factores que afectan a dicha parte del balance, serán estudiados de manera separada y del mismo modo se extraerán conclusiones de forma aislada.

La principal fuente de variabilidad, aquella que se corresponde más a los cambios que se pueden experimentar en la realidad, se refiere a la propia naturaleza de los pasivos adquiridos y cómo éstos se relacionan con el resto del balance de la compañía. Son, por su condición, difícilmente cuantificables y, por definición, no será posible sino efectuar un análisis de su variabilidad a posteriori, y no sin contar antes con una muestra lo suficientemente grande como para poder extraer conclusiones válidas. Ésta característica está condicionada inicialmente por el uso de métricas que requieren, asimismo, tamaños de muestra elevados, por una parte, y que son observadas a posteriori, por otra, como son las matrices de varianzas y covarianzas y la desviación típica de las ramas de seguro.

El modelo será dependiente también, del nivel de reservas iniciales planteadas. Es una cifra exenta de sencillez en su cálculo, y además va a tener un impacto elevado en la cuenta de resultados de la compañía. Cabe preguntarse qué sucede, por ejemplo, si los siniestros de una determinada rama se encuentran muy por encima de lo presupuestado inicialmente. No sólo se experimentará un incremento inicial de la desviación estándar contemplada, dado que el promedio que se esperaba se encuentra sesgado, sino que el

propio promedio puede tener un efecto considerable en los retornos de la aseguradora. Se analizará este efecto en detalle en el apartado 9.3.

Se estudiará, además, el impacto que tiene el incrementar el peso de cada una de las ramas, dada su correlación inicial con el resto de componentes del balance, con especial atención al impacto que dicho cambio tendrá en el capital de la compañía. Será interesante extraer conclusiones acerca del efecto que dicho impacto en balance y, consecuentemente, en la rentabilidad por unidad de capital aportada, tiene en el precio de las primas de cada uno de los ramos del negocio.

9.3.1 Cambios en las desviaciones estándar de la siniestralidad de las ramas de negocio.

Los cambios en las desviaciones estándar de la siniestralidad de las compañías pueden poseer una multitud de orígenes distintos. Entre ellos, destacan aquellos que se refieren a errores metodológicos en su estimación, como desviaciones procedentes de cambios en la demografía de los perfiles asegurados. Los errores procedentes de la metodología de estimación de estas desviaciones estándar pueden derivarse de la extrapolación de resultados de una muestra pequeña, por ejemplo, tanto en términos de pólizas como de ejercicios de análisis. Contar con una base poblacional elevada permitirá que los problemas de muestras tiendan a corregirse en el largo plazo, mientras que la experiencia puede aportar el resto de conocimiento necesario para su correcta estimación. Es necesario que, en todo el proceso de análisis, los condicionados de los contratos asumidos por la compañía no cambien significativamente, como por ejemplo, la inclusión o exclusión de nuevas coberturas. De lo contrario se plantearían productos fundamentalmente distintos y es esperable que su comportamiento también difiera, invalidando el análisis.

En lo que a los errores derivados de los cambios en la demografía de primas de la compañía, es relevante, además de complejo de estimar y anticipar. Ejemplos de ello son la evolución de la longevidad en los países desarrollados en el caso de las compañías de vida lo cual posee un impacto en la estimación de las rentas vitalicias, o el cambio en el uso de materiales de construcción en el caso de los seguros de hogar, que pueden incrementar o disminuir los daños en caso de siniestro. Este tipo de errores de estimación requerirá ajustes periódicos en el precio de las pólizas, dado que, de otro modo, se estará perdiendo competitividad con respecto a otras compañías, o bien incrementando la base de primas con un riesgo superior al contratado, en lo que se conoce como ciclo de suscripción[25].

Se comenzará incrementando la desviación estándar de la rama de negocio que más peso posee en el balance. En el modelo, se trata de la rama 2, con unas reservas iniciales del 50%, una desviación estándar de 15%, y un peso específico de 37.65% en balance. Se incrementará la volatilidad en un 10%, hasta 16,5%.

No se observan cambios en el capital disponible inicial, así como el total de activos o la rentabilidad esperada de los mismos ni su volatilidad:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Capital disponible (%)	15,00%	**Capital disponible (%)**	15,00%	0,00%
Capital disponible (€)	15.000.000,00	**Capital disponible (€)**	15.000.000,00	0,00
Total activos (€)	115.000.000,00	**Total activos (€)**	115.000.000,00	0,00
E(R) de los activos	4,01%	**E(R) de los activos**	4,01%	0,00%
E(R) de los activos (€)	4.607.975,77	**E(R) de los activos (€)**	4.607.975,77	0,00
Volat de los activos	11,48%	**Volat de los activos**	11,48%	0,00%
Volat de los activos (€)	13.201.727,13	**Volat de los activos (€)**	13.201.727,13	0,00

Tabla 9.13 Cambios en el retorno esperado y las volatilidades de los activos tras un cambio en las desviaciones estándar de la siniestralidad de los pasivos.

[25] Ver Fitzpatrick (2004).

El primer cambio se observa en la volatilidad de los pasivos, dado que uno de los componentes de la misma experimenta ahora una mayor dispersión:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Primas agregadas (€)	100.000.000,00	**Primas agregadas (€)**	100.000.000,00	0,00
Expected claims	49,76%	**Expected claims**	49,76%	0,00%
Expected claims vol	15,02%	**Expected claims vol**	15,59%	0,56%
Claims vol (tras divers.)	14,72%	**Claims vol (tras divers.)**	15,28%	0,56%
Expected claims (€)	49.756.768,27	**Expected claims (€)**	49.756.768,27	0,00

Tabla 9.14 Cambios en las primas a pagar esperadas al final del período tras un cambio en las desviaciones estándar de la siniestralidad de los pasivos.

Tampoco existe cambio alguno en los beneficios esperados de la compañía. Esto es coherente con nuestro supuesto inicial, dado que el momento estadístico que se está modificando es de segundo orden y, por tanto, no cabe esperar variaciones significativas en las posiciones esperadas:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Beneficio esperado	14,85%	**Beneficio esperado**	14,85%	0,00%
Beneficio esperado (€)	14.851.207,51	**Beneficio esperado (€)**	14.851.207,51	0,00
Tax rate	21,00%	**Tax rate**	21,00%	0,00%
ROE	78,22%	**ROE**	78,22%	0,00%
Cash flow (assets)	4.607.975,77	**Cash flow (assets)**	4.607.975,77	0,00
Premiums	100.000.000,00	**Premiums**	100.000.000,00	0,00
Cash flow (liabilities)	89.756.768,27	**Cash flow (liabilities)**	89.756.768,27	0,00
Cash flow	14.851.207,51	**Cash flow**	14.851.207,51	0,00

Tabla 9.15 Cambios en el retorno esperado y la variabilidad de los flujos de caja tras un cambio en las desviaciones estándar de la siniestralidad de los pasivos.

Sí se experimentan cambios, sin embargo, en la variabilidad de los flujos de caja agregados de la compañía, aquel que resulta de agregar volatilidades de los activos y de los pasivos, y que viene definitivamente influido por éstos:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Asset volatility (expected)	12,42%	**Asset volatility (expected)**	12,42%	0,00%
Asset volatility (real)	11,48%	**Asset volatility (real)**	11,48%	0,00%
Liability volatility (expected	15,02%	**Liability volatility (expected**	15,59%	0,56%
Liability volatility (real)	14,72%	**Liability volatility (real)**	15,28%	0,56%
Cash flow vol (real)	13,57%	**Cash flow vol (real)**	13,69%	0,12%

Tabla 9.16 Cambios en la volatilidad de los activos y los pasivos tras un cambio en las desviaciones estándar de la siniestralidad de los pasivos.

Como se puede comprobar, se incrementa la desviación estándar del flujo de caja de la compañía en 12 puntos básicos, de forma que no toda la variabilidad que se ha introducido en esta rama de negocio en concreto se transfiere inmediata e íntegramente a la volatilidad del balance.

El balance esperado, como se ha indicado con anterioridad, no experimenta cambios en su posición central:

Balance final presupuestado		**Balance final presupuestado**		
Primas consumidas (informativo)		**Primas consumidas (informativo)**		
Primas consumidas 1	17.974.666,18	Primas consumidas 1	17.974.666,18	0,00
Primas consumidas 2	18.826.064,36	Primas consumidas 2	18.826.064,36	0,00
Primas consumidas 3	12.956.037,73	Primas consumidas 3	12.956.037,73	0,00
Pasivos	68.361.985,31	**Pasivos**	68.361.985,31	0,00
Primas no consumidas 1	11.983.110,79	Primas no consumidas 1	11.983.110,79	0,00
Primas no consumidas 2	18.826.064,36	Primas no consumidas 2	18.826.064,36	0,00
Primas no consumidas 3	19.434.056,59	Primas no consumidas 3	19.434.056,59	0,00
Hacienda	3.118.753,58	Hacienda	3.118.753,58	0,00
Capital	15.000.000,00	Capital	15.000.000,00	0,00
Activos	68.361.985,31	**Activos**	68.361.985,31	0,00
Activos financieros	68.361.985,31	Activos financieros	68.361.985,31	0,00
P&L		**P&L**		0,00
Primas no consumidas	50.243.231,73	Primas no consumidas	50.243.231,73	0,00
E(R) activos	4.607.975,77	E(R) activos	4.607.975,77	0,00
Gastos devengados	-40.000.000,00	Gastos devengados	-40.000.000,00	0,00
Impuestos	-3.118.753,58	Impuestos	-3.118.753,58	0,00
P&L (+ ganancia)	11.732.453,93	P&L (+ ganancia)	11.732.453,93	0,00

Tabla 9.17 Cambios en el balance inicial de la compañía tras un cambio en las desviaciones estándar de la siniestralidad de los pasivos.

En lo que al capital requerido se refiere, se observan cambios notables ya que, en este caso, es de sumo interés lo que sucede en los extremos de la distribución de flujos de caja de la compañía.

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Posición actual de capital	15.000.000,00	**Posición actual de capital**	15.000.000,00	0,00
Posición actual de capital	15,00%	**Posición actual de capital**	15,00%	0,00%
Nº de casos	10.000,00	**Nº de casos**	10.000,00	0,00
Capital shortfall	189,00	**Capital shortfall**	201,00	12,00
P-value	98,11%	**P-value**	97,99%	-0,12%
CVaR	-4.481.104,37	**CVaR**	-4.500.276,59	-19.172,22
Percentil	99,50%	**Percentil**	99,50%	0,00%
Posición	50	**Posición**	50	0
Capital necesario	-6.211.939,62	**Capital necesario**	-6.555.548,76	-343.609,14

Tabla 9.18 Cambios en el capital necesario de la compañía tras un cambio en las desviaciones estándar de la siniestralidad de los pasivos.

Se comprueba que el número de casos en los que la compañía requiere de una inyección de capital se incrementa en 12 casos o, en términos porcentuales, un 0.12%, lo que es coherente con un incremento de la variabilidad de la rama de negocio escogida. Del mismo modo, el CVaR cae, como consecuencia de introducir un mayor número de casos cuya pérdida estimada es muy cercana a cero. Sin embargo, es necesaria una cuantía mayor si se desea alcanzar un percentil de seguridad del 99.50%, debido al incremento en las pérdidas que han de producirse si se alcanza, como es el caso, un escenario tan adverso.

9.3.2 Cambios en las reservas iniciales de la compañía.

A continuación se analiza el impacto que tiene el incrementar las reservas iniciales de una de las ramas de negocio de la compañía. Dicho cambio se producirá cuando, como se ha comentado con anterioridad, el nivel de siniestralidad de una de las ramas se desvíe significativamente de aquél que se previó al inicio de la simulación, y cuyos orígenes requerirán de un análisis pormenorizado, con el fin de corregir, en su caso, el precio de las pólizas asociadas a la rama de negocio correspondiente.

En este caso, se optará por modificar las reservas iniciales de la rama 2, al igual que en el ejercicio anterior, en un 10%, desde el 50% inicial hasta un 55%. Se espera que con este cambio, parte de la rentabilidad de la compañía se vea dañada, ya que el total de siniestros es superior y, por tanto, las reservas deberían agotarse más deprisa.

Al igual que en el apartado anterior, y como es de esperar, no se percibe variación alguna en los activos de la compañía. Como es natural, las reservas esperadas sufren un incremento proporcional:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Primas agregadas (€)	100.000.000,00	**Primas agregadas (€)**	100.000.000,00	0,00
Expected claims	49,76%	**Expected claims**	51,64%	1,88%
Expected claims vol	15,02%	**Expected claims vol**	15,02%	0,00%
Claims vol (tras divers.)	14,72%	**Claims vol (tras divers.)**	14,72%	0,00%
Expected claims (€)	49.756.768,27	**Expected claims (€)**	51.639.374,70	1.882.606,44
Costes operativos	40,00%	**Costes operativos**	40,00%	0,00%
Costes operativos (€)	40.000.000,00	**Costes operativos (€)**	40.000.000,00	0,00
Costes fijos	20.000.000,00	**Costes fijos**	20.000.000,00	0,00

Tabla 9.19 Cambio en las reservas esperadas tras incrementar las reservas de la rama 2 desde 50% hasta 55%.

Los indicadores de rentabilidad también se ven dañados, dado que se tiene una menor capacidad para extraer beneficios de las pólizas vendidas:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Beneficio esperado	14,85%	**Beneficio esperado**	12,97%	-1,88%
Beneficio esperado (€)	14.851.207,51	**Beneficio esperado (€)**	12.968.601,07	-1.882.606,44
Tax rate	21,00%	**Tax rate**	21,00%	0,00%
ROE	78,22%	**ROE**	68,30%	-9,92%

Tabla 9.20 Cambio en la rentabilidad esperada tras incrementar las reservas de la rama 2 desde 50% hasta 55%.

Dicha caída en rentabilidad, medida como retorno sobre el capital aportado, sufre una caída proporcional, un 9,92%.

El hecho de incrementar el promedio de siniestros de esta rama genera que la volatilidad de los flujos de caja de la compañía se reduzca, dado que existe una menor incertidumbre en cuanto a la cuantía que se debe devolver a los asegurados en forma de contingencias de sus pólizas:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Asset volatility (expected)	12,42%	Asset volatility (expected)	12,42%	0,00%
Asset volatility (real)	11,48%	Asset volatility (real)	11,48%	0,00%
Liability volatility (expected	15,02%	Liability volatility (expected	15,02%	0,00%
Liability volatility (real)	14,72%	Liability volatility (real)	14,72%	0,00%
Cash flow vol (real)	13,57%	Cash flow vol (real)	13,45%	-0,12%

Tabla 9.21 Cambio en las volatilidades esperadas tras incrementar las reservas de la rama 2 desde 50% hasta 55%.

A continuación cabe plantearse acerca de qué cambios se producen en el balance económico simplificado. Se observa como al igual que se acaba de indicar, las primas no consumidas se reducen en una cuantía idéntica, y como, al reducirse el beneficio, el resultado del pago deudor a la hacienda pública también disminuye. A consecuencia de ello, los activos financieros de la compañía serán inferiores al final del período, redundando en un menor beneficio que es igual al incremento en primas distribuidas que se han forzado anteriormente:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Balance final presupuestado		**Balance final presupuestado**		
Primas consumidas (informativo)		**Primas consumidas (informativo)**		
Primas consumidas 1	17.974.666,18	Primas consumidas 1	17.974.666,18	0,00
Primas consumidas 2	18.826.064,36	Primas consumidas 2	20.708.670,79	1.882.606,44
Primas consumidas 3	12.956.037,73	Primas consumidas 3	12.956.037,73	0,00
Pasivos	68.361.985,31	**Pasivos**	66.084.031,52	-2.277.953,79
Primas no consumidas 1	11.983.110,79	Primas no consumidas 1	11.983.110,79	0,00
Primas no consumidas 2	18.826.064,36	Primas no consumidas 2	16.943.457,92	-1.882.606,44
Primas no consumidas 3	19.434.056,59	Primas no consumidas 3	19.434.056,59	0,00
Hacienda	3.118.753,58	Hacienda	2.723.406,23	-395.347,35
Capital	15.000.000,00	Capital	15.000.000,00	0,00
Activos	68.361.985,31	**Activos**	66.084.031,52	-2.277.953,79
Activos financieros	68.361.985,31	Activos financieros	66.084.031,52	-2.277.953,79
P&L		**P&L**		0,00
Primas no consumidas	50.243.231,73	Primas no consumidas	48.360.625,30	-1.882.606,44
E(R) activos	4.607.975,77	E(R) activos	4.607.975,77	0,00
Gastos devengados	-40.000.000,00	Gastos devengados	-40.000.000,00	0,00
Impuestos	-3.118.753,58	Impuestos	-2.723.406,23	395.347,35
P&L (+ ganancia)	11.732.453,93	P&L (+ ganancia)	10.245.194,85	-1.487.259,08

Tabla 9.22 Cambio en el balance simplificado tras incrementar las reservas de la rama 2 desde 50% hasta 55%.

El empeoramiento en las condiciones de siniestralidad de la rama número dos también posee un impacto significativo en las cifras proyectadas de capital. Se observa cómo el número de escenarios negativos se incrementa en 77, o 77 puntos básicos. Si el criterio de riesgo nos exigiera llegar a cubrir el 99.5% de los escenarios, se debería aportar una cantidad inicial de capital equivalente a 1.541.000 euros, como se muestra a continuación:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Posición actual de capital	15.000.000,00	**Posición actual de capital**	15.000.000,00	0,00
Posición actual de capital	15,00%	**Posición actual de capital**	15,00%	0,00%
Nº de casos	10.000,00	**Nº de casos**	10.000,00	0,00
Capital shortfall	189,00	**Capital shortfall**	266,00	77,00
P-value	98,11%	**P-value**	97,34%	-0,77%
CVaR	-4.481.104,37	**CVaR**	-4.533.307,39	-52.203,02
Percentil	99,50%	**Percentil**	99,50%	0,00%
Posición	50	**Posición**	50	0
Capital necesario	-6.211.939,62	**Capital necesario**	-7.753.647,51	-1.541.707,88

Tabla 9.23 Cambio en el capital necesario tras incrementar las reservas de la rama 2 desde 50% hasta 55%.

9.3.3 Cambios discretos en el peso de los ramos de negocio.

Una pregunta legítima que los gestores de la compañía podrían hacerse podría ser si es igualmente rentable el crecimiento de la aseguradora en cada una de los ramos específicos que componen el negocio. A priori, y tal y como se ha evaluado en los puntos anteriores, aquellos ramos de negocio con un menor requisito de reservas iniciales deberían mostrar al final del ejercicio un mayor beneficio esperado pero, como también se ha indicado con anterioridad, el efecto de momentos estadísticos de segundo orden, como la volatilidad, puede tener un impacto significativo en el capital requerido y, por tanto, en la rentabilidad final obtenida por su actividad.

No es, sin embargo, tan sencillo como discriminar entre aquellas actividades con un mayor margen esperado, dado que otros factores que no son inmediatamente obvios juegan un papel fundamental. Además del factor de la volatilidad antes mencionado, es necesario tener en cuenta la relación que existe entre la composición actual de la cartera, el resto de pasivos y la rama seleccionada, como se verá más adelante. Encontrar una respuesta a la pregunta anteriormente expuesta supondría obtener una herramienta enormemente valiosa para la gestión de la compañía, ya que permitirá establecer incentivos o desincentivos al crecimiento orgánico en una determinada rama en detrimento de otra. Por otra parte, favorecerá ser más competitivos a la hora de establecer los precios de nuestras primas, erosionando parte de la base de clientes de la competencia, y promoviendo el crecimiento a largo plazo de la compañía.

Es igualmente relevante, de forma adicional, el patrón de correlaciones que existe entre las ramas de negocio, dado que si el universo de ramas inicial es extenso, va a permitir escoger aquellos que, dada una estructura de activos determinada, ofrezcan

mayores posibilidades de optimización del balance. Presumiblemente, se desearían correlaciones cercanas a cero, lo que nos va a permitir reducir la volatilidad de los flujos de caja de la compañía.

Con el objetivo de obtener una perspectiva completa de lo que cada uno de los incrementos en peso supone, se analizará el impacto que dichos crecimientos tendría en las tres ramas de negocio de la compañía, para, a posteriori, establecer una comparación y extraer conclusiones en base a las relaciones previas que existen entre las ramas de negocio.

Se incrementará, por tanto, el peso en un 1% sobre el total del balance de la compañía una de las ramas de negocio, reduciendo 0.5% y 0.5% en las ramas restantes, y después se comprobará el efecto global en el balance de la aseguradora. Dado que es de esperar que tengan un impacto en beneficios mayor aquellas ramas de negocio que posean un nivel superior de reservas iniciales, al final del apartado se realizarán una simulación similar, en la que se equiparará las reservas, para observar si existen diferencias significativas en los impactos obtenidos.

Los pesos iniciales de las compañías son los siguientes:

Rama 1	29,96%
Reservas iniciales	60,00%
Stdev 1	14,00%
Rama 2	37,65%
Reservas iniciales	50,00%
Stdev 2	15,00%
Rama 3	32,39%
Reservas iniciales	40,00%
Stdev 3	16,00%
Total ramas	100,00%

Tabla 9.24 Pesos iniciales de los pasivos de la compañía.

Del mismo modo, la correlación existente entre las mismas es la siguiente:

CORR	Rama 1	Rama 2	Rama 3
Rama 1	1,0000	0,9368	0,8842
Rama 2	0,9368	1,0000	0,9828
Rama 3	0,8842	0,9828	1,0000

Tabla 9.25 Correlaciones entre los pasivos de la compañía.

Cuando se incrementa el peso de la primera rama de negocio, los pesos finales dentro del volumen agregado de primas serían del siguiente modo:

Rama 1	30,96%
Reservas iniciales	60,00%
Stdev 1	14,00%
Rama 2	37,15%
Reservas iniciales	50,00%
Stdev 2	15,00%
Rama 3	31,89%
Reservas iniciales	40,00%
Stdev 3	16,00%
Total ramas	100,00%

Tabla 9.26 Pesos finales de los pasivos de la compañía al incrementar el peso de la primera de ellas en un 1%.

La situación de primas de la compañía ha experimentado cambios, tal y como recoge la siguiente tabla:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Primas agregadas (€)	100.000.000,00	**Primas agregadas (€)**	100.000.000,00	0,00
Expected claims	49,76%	**Expected claims**	49,91%	0,15%
Expected claims vol	15,02%	**Expected claims vol**	15,01%	-0,01%
Claims vol (tras divers.)	14,72%	**Claims vol (tras divers.)**	14,70%	-0,02%
Expected claims (€)	49.756.768,27	**Expected claims (€)**	49.906.768,27	150.000,00
Costes operativos	40,00%	**Costes operativos**	40,00%	0,00%
Costes operativos (€)	40.000.000,00	**Costes operativos (€)**	40.000.000,00	0,00
Costes fijos	20.000.000,00	**Costes fijos**	20.000.000,00	0,00

Tabla 9.27 Cambio en las primas esperadas tras incrementar el peso de la rama 1 en un 1%.

Se encuentra que la siniestralidad esperada de la compañía se ha incrementado en 0.15% o 150.000, lo que sin duda tendrá un impacto en la rentabilidad de la compañía, como se verá más adelante. Sin embargo, también desplaza la volatilidad de las primas hacia el centro, lo que podría beneficiarnos en los requerimientos legales de capital.

Dado que la siniestralidad esperada aumenta, también se debería esperar un retroceso en la rentabilidad de la aseguradora. Concretamente, el beneficio esperado cae un 0.15%: y la rentabilidad medida en unidades de capital ha descendido 79 puntos básicos.

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Beneficio esperado	14,85%	**Beneficio esperado**	14,70%	-0,15%
Beneficio esperado (€)	14.851.207,51	**Beneficio esperado (€)**	14.701.207,51	-150.000,00
Tax rate	21,00%	**Tax rate**	21,00%	0,00%
ROE	78,22%	**ROE**	77,43%	-0,79%

Tabla 9.28 Cambio en el beneficio esperado tras incrementar el peso de la rama 1 en un 1%.

Por otra parte, los flujos de la compañía han visto reducir su volatilidad en apenas 1 punto básico.

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Asset volatility (expected)	12,42%	**Asset volatility (expected)**	12,42%	0,00%
Asset volatility (real)	11,48%	**Asset volatility (real)**	11,48%	0,00%
Liability volatility (expected	15,02%	**Liability volatility (expected**	15,01%	-0,01%
Liability volatility (real)	14,72%	**Liability volatility (real)**	14,70%	-0,02%
Cash flow vol (real)	13,57%	**Cash flow vol (real)**	13,56%	-0,01%

Tabla 9.29 Cambio en los flujos de la compañía tras incrementar el peso de la rama 1 en un 1%.

El balance cambia de forma coherente con los cambios realizados, adquiriendo la siguiente forma:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Balance final presupuestado		**Balance final presupuestado**		
Primas consumidas (informativo)		**Primas consumidas (informativo)**		
Primas consumidas 1	17.974.666,18	Primas consumidas 1	18.574.666,18	600.000,00
Primas consumidas 2	18.826.064,36	Primas consumidas 2	18.576.064,36	-250.000,00
Primas consumidas 3	12.956.037,73	Primas consumidas 3	12.756.037,73	-200.000,00
Pasivos	68.361.985,31	**Pasivos**	68.180.485,31	-181.500,00
Primas no consumidas 1	11.983.110,79	Primas no consumidas 1	12.383.110,79	400.000,00
Primas no consumidas 2	18.826.064,36	Primas no consumidas 2	18.576.064,36	-250.000,00
Primas no consumidas 3	19.434.056,59	Primas no consumidas 3	19.134.056,59	-300.000,00
Hacienda	3.118.753,58	Hacienda	3.087.253,58	-31.500,00
Capital	15.000.000,00	Capital	15.000.000,00	0,00
Activos	68.361.985,31	**Activos**	68.180.485,31	-181.500,00
Activos financieros	68.361.985,31	Activos financieros	68.180.485,31	-181.500,00
P&L		**P&L**		0,00
Primas no consumidas	50.243.231,73	Primas no consumidas	50.093.231,73	-150.000,00
E(R) activos	4.607.975,77	E(R) activos	4.607.975,77	0,00
Gastos devengados	-40.000.000,00	Gastos devengados	-40.000.000,00	0,00
Impuestos	-3.118.753,58	Impuestos	-3.087.253,58	31.500,00
P&L (+ ganancia)	11.732.453,93	P&L (+ ganancia)	11.613.953,93	-118.500,00

Tabla 9.30 Cambio en el balance de la compañía tras incrementar el peso de la rama 1 en un 1%.

La variación de primas consumidas entra dentro del espectro esperable, dada la naturaleza de los cambios realizados. Siendo la rama número uno aquella cuyas reservas son superiores, no debería sorprendernos el incremento neto agregado de las mismas. Al reducirse nuestro beneficio esperado, también los pagos en forma de tributaciones disminuyen. Ambos elementos se compensan entre sí, con el resultado final de una detracción neta en el beneficio total de la compañía.

Ahora bien, a continuación se plantea la cuestión de qué sucede con nuestra situación final de capital y cómo afecta este cambio, lo que se puede observar en la siguiente tabla:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Posición actual de capital	15.000.000,00	Posición actual de capital	15.000.000,00	0,00
Posición actual de capital	15,00%	Posición actual de capital	15,00%	0,00%
Nº de casos	10.000,00	Nº de casos	10.000,00	0,00
Capital shortfall	189,00	Capital shortfall	191,00	2,00
P-value	98,11%	P-value	98,09%	-0,02%
CVaR	-4.481.104,37	CVaR	-4.548.833,91	-67.729,54
Percentil	99,50%	Percentil	99,50%	0,00%
Posición	50	Posición	50	0
Capital necesario	-6.211.939,62	Capital necesario	-6.340.719,20	-128.779,57

Tabla 9.31 Cambio en los parámetros de riesgo tras incrementar el peso de la rama 1 en un 1%.

Como se puede ver, la situación apenas varía, encontrando que se mueven únicamente 2 escenarios en términos de p-valor, con una variación mínima en el VaR condicional alcanzado. Con este cambio en la parametrización se ha contabilizado una pérdida de 150.000 euros en las ganancias de la compañía, incrementándose nuestra necesidad de capital desde el punto de partida en 128.779,57 euros. Si se comprueba y se hace relativa la rentabilidad obtenida con este cambio de política comercial, al capital que se exige para mantener la estructura de la compañía, se observa que no sería eficiente, ya que el ratio de ambas variables cae, desde 0.7001 hasta 0.6889:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Rentabilidad	14.851.207,51	Rentabilidad	14.701.207,51	-1,01%
Capital requerido	21.211.939,62	Capital requerido	21.340.719,20	0,61%
Ratio	0,700134348	Ratio	0,688880603	-1,61%

Tabla 9.32 Cambio en las métricas de capital tras incrementar el peso de la rama 1 en un 1%.

No es eficiente, por tanto, hacer crecer a la rama de negocio número 1 en detrimento de las ramas 2 y 3. Este resultado es consecuencia del alto impacto que tiene el que las reservas iniciales de este negocio sean muy elevadas.

Se realiza el mismo análisis para el ramo número 2. En este caso, el porcentaje de participación en cada compañía es el siguiente:

Rama 1	29,46%
Reservas iniciales	60,00%
Stdev 1	14,00%
Rama 2	38,65%
Reservas iniciales	50,00%
Stdev 2	15,00%
Rama 3	31,89%
Reservas iniciales	40,00%
Stdev 3	16,00%
Total ramas	100,00%

Tabla 9.33 Pesos de las ramas de pasivo de la compañía tras incrementar el peso de la rama 2 en un 1%.

Al encontrarse en el punto intermedio lineal entre la rama 1 y la rama 3, en términos de reservas iniciales y desviación estándar, se extraerá muy poca información en el cambio de pesos realizado. El cambio esperado en las volatilidades y en rentabilidad de la compañía, como se puede comprobar, es prácticamente inexistente:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Primas agregadas (€)	100.000.000,00	**Primas agregadas (€)**	100.000.000,00	0,00
Expected claims	49,76%	**Expected claims**	49,76%	0,00%
Expected claims vol	15,02%	**Expected claims vol**	15,02%	0,00%
Claims vol (tras divers.)	14,72%	**Claims vol (tras divers.)**	14,72%	0,00%
Expected claims (€)	49.756.768,27	**Expected claims (€)**	49.756.768,27	0,00
Costes operativos	40,00%	**Costes operativos**	40,00%	0,00%
Costes operativos (€)	40.000.000,00	**Costes operativos (€)**	40.000.000,00	0,00
Costes fijos	20.000.000,00	**Costes fijos**	20.000.000,00	0,00
Beneficio esperado	14,85%	**Beneficio esperado**	14,85%	0,00%
Beneficio esperado (€)	14.851.207,51	**Beneficio esperado (€)**	14.851.207,51	0,00
Tax rate	21,00%	**Tax rate**	21,00%	0,00%
ROE	78,22%	**ROE**	78,22%	0,00%
Cash flow (assets)	4.607.975,77	**Cash flow (assets)**	4.607.975,77	0,00
Premiums	100.000.000,00	**Premiums**	100.000.000,00	0,00
Cash flow (liabilities)	89.756.768,27	**Cash flow (liabilities)**	89.756.768,27	0,00
Cash flow	14.851.207,51	**Cash flow**	14.851.207,51	0,00

Tabla 9.34 Cambios en las volatilidades y métricas de beneficios de la compañía tras incrementar el peso de la rama 2 en un 1%.

El balance experimenta cambios simétricos, como se ha comentado con anterioridad, que propician que la posición final sea muy similar:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Balance final presupuestado		**Balance final presupuestado**		
Primas consumidas (informativo)		**Primas consumidas (informativo)**		
Primas consumidas 1	17.974.666,18	Primas consumidas 1	17.674.666,18	-300.000,00
Primas consumidas 2	18.826.064,36	Primas consumidas 2	19.326.064,36	500.000,00
Primas consumidas 3	12.956.037,73	Primas consumidas 3	12.756.037,73	-200.000,00
Pasivos	68.361.985,31	**Pasivos**	68.361.985,31	0,00
Primas no consumidas 1	11.983.110,79	Primas no consumidas 1	11.783.110,79	-200.000,00
Primas no consumidas 2	18.826.064,36	Primas no consumidas 2	19.326.064,36	500.000,00
Primas no consumidas 3	19.434.056,59	Primas no consumidas 3	19.134.056,59	-300.000,00
Hacienda	3.118.753,58	Hacienda	3.118.753,58	0,00
Capital	15.000.000,00	Capital	15.000.000,00	0,00
Activos	68.361.985,31	**Activos**	68.361.985,31	0,00
Activos financieros	68.361.985,31	Activos financieros	68.361.985,31	0,00
P&L		**P&L**		0,00
Primas no consumidas	50.243.231,73	Primas no consumidas	50.243.231,73	0,00
E(R) activos	4.607.975,77	E(R) activos	4.607.975,77	0,00
Gastos devengados	-40.000.000,00	Gastos devengados	-40.000.000,00	0,00
Impuestos	-3.118.753,58	Impuestos	-3.118.753,58	0,00
P&L (+ ganancia)	11.732.453,93	P&L (+ ganancia)	11.732.453,93	0,00

Tabla 9.35 Cambio en el balance inicial de la compañía tras incrementar el peso de la rama 2 en un 1%.

El único cambio percibido se traduce en un ligero decremento del capital necesario requerido, dado que los parámetros de análisis de riesgo apenas muestran cambios:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Posición actual de capital	15.000.000,00	**Posición actual de capital**	15.000.000,00	0,00
Posición actual de capital	15,00%	**Posición actual de capital**	15,00%	0,00%
Nº de casos	10.000,00	**Nº de casos**	10.000,00	0,00
Capital shortfall	189,00	**Capital shortfall**	189,00	0,00
P-value	98,11%	**P-value**	98,11%	0,00%
CVaR	-4.481.104,37	**CVaR**	-4.481.278,53	-174,16
Percentil	99,50%	**Percentil**	99,50%	0,00%
Posición	50	**Posición**	50	0
Capital necesario	-6.211.939,62	**Capital necesario**	-6.208.161,84	3.777,79

Tabla 9.36 Cambios en la posición de capital de la compañía tras incrementar el peso de la rama 2 en un 1%.

La consecuencia lógica de todo esto es que los ratios de capital apenas varían y que, por tanto, sería prácticamente indiferente aportar crecimiento a esta rama de

negocio, si eso supone un decremento en las ramas 1 y 3. El análisis del ratio lo muestra del siguiente modo:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Rentabilidad	14.851.207,51	**Rentabilidad**	14.851.207,51	0,00%
Capital requerido	21.211.939,62	**Capital requerido**	21.208.161,84	-0,02%
Ratio	0,700134348	**Ratio**	0,700259062	0,02%

Tabla 9.37 Cambios en las métricas de capital de la compañía tras incrementar el peso de la rama 2 en un 1%.

El análisis de la rama número 3, por otra parte, posee algo más de significado para un análisis similar. Los pesos de cada una de las ramas serán los siguientes:

Rama 1	29,46%
Reservas iniciales	60,00%
Stdev 1	14,00%
Rama 2	37,15%
Reservas iniciales	50,00%
Stdev 2	15,00%
Rama 3	33,39%
Reservas iniciales	40,00%
Stdev 3	16,00%
Total ramas	100,00%

Tabla 9.38 Pesos de las ramas de pasivo de la compañía tras incrementar el peso de la rama 3 en un 1%.

Esta rama tiene un nivel de reservas iniciales inferior a la de sus pares, por lo que es de esperar mejoras en la posición de beneficios final.

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Primas agregadas (€)	100.000.000,00	**Primas agregadas (€)**	100.000.000,00	0,00
Expected claims	49,76%	**Expected claims**	49,61%	-0,15%
Expected claims vol	15,02%	**Expected claims vol**	15,04%	0,02%
Claims vol (tras divers.)	14,72%	**Claims vol (tras divers.)**	14,74%	0,02%
Expected claims (€)	49.756.768,27	**Expected claims (€)**	49.606.768,27	-150.000,00
Costes operativos	40,00%	**Costes operativos**	40,00%	0,00%
Costes operativos (€)	40.000.000,00	**Costes operativos (€)**	40.000.000,00	0,00
Costes fijos	20.000.000,00	**Costes fijos**	20.000.000,00	0,00
Beneficio esperado	14,85%	**Beneficio esperado**	15,00%	0,15%
Beneficio esperado (€)	14.851.207,51	**Beneficio esperado (€)**	15.001.207,51	150.000,00
Tax rate	21,00%	**Tax rate**	21,00%	0,00%
ROE	78,22%	**ROE**	79,01%	0,79%

Tabla 9.39 Cambios en la volatilidad y las métricas de beneficio de la compañía tras incrementar el peso de la rama 3 en un 1%.

El efecto en la volatilidad de las primas y la volatilidad de las mismas es prácticamente equivalente a la modificación que se hizo en la rama número 1, pero con signo contrario. Se comprueba que, de forma similar al ejercicio mencionado, las reservas finales esperadas son 150.000 inferiores, que pasarían a incrementar el beneficio de la aseguradora, con un impacto en el retorno sobre el capital de 79 puntos básicos.

En lo que al balance se refiere, se pueden extraer conclusiones similares en el análisis de impactos:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Balance final presupuestado		**Balance final presupuestado**		
Primas consumidas (informativo)		**Primas consumidas (informativo)**		
Primas consumidas 1	17.974.666,18	Primas consumidas 1	17.674.666,18	-300.000,00
Primas consumidas 2	18.826.064,36	Primas consumidas 2	18.576.064,36	-250.000,00
Primas consumidas 3	12.956.037,73	Primas consumidas 3	13.356.037,73	400.000,00
Pasivos	68.361.985,31	**Pasivos**	68.543.485,31	181.500,00
Primas no consumidas 1	11.983.110,79	Primas no consumidas 1	11.783.110,79	-200.000,00
Primas no consumidas 2	18.826.064,36	Primas no consumidas 2	18.576.064,36	-250.000,00
Primas no consumidas 3	19.434.056,59	Primas no consumidas 3	20.034.056,59	600.000,00
Hacienda	3.118.753,58	Hacienda	3.150.253,58	31.500,00
Capital	15.000.000,00	Capital	15.000.000,00	0,00
Activos	68.361.985,31	**Activos**	68.543.485,31	181.500,00
Activos financieros	68.361.985,31	Activos financieros	68.543.485,31	181.500,00
P&L		**P&L**		0,00
Primas no consumidas	50.243.231,73	Primas no consumidas	50.393.231,73	150.000,00
E(R) activos	4.607.975,77	E(R) activos	4.607.975,77	0,00
Gastos devengados	-40.000.000,00	Gastos devengados	-40.000.000,00	0,00
Impuestos	-3.118.753,58	Impuestos	-3.150.253,58	-31.500,00
P&L (+ ganancia)	11.732.453,93	P&L (+ ganancia)	11.850.953,93	118.500,00

Tabla 9.40 Cambios en el balance inicial de la compañía tras incrementar el peso de la rama 3 en un 1%.

El análisis de p-valor y capital requerido muestra que se mejora en 4 puntos básicos y 121.236,76 euros respectivamente:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Posición actual de capital	15.000.000,00	**Posición actual de capital**	15.000.000,00	0,00
Posición actual de capital	15,00%	**Posición actual de capital**	15,00%	0,00%
Nº de casos	10.000,00	**Nº de casos**	10.000,00	0,00
Capital shortfall	189,00	**Capital shortfall**	185,00	-4,00
P-value	98,11%	**P-value**	98,15%	0,04%
CVaR	-4.481.104,37	**CVaR**	-4.461.260,20	19.844,17
Percentil	99,50%	**Percentil**	99,50%	0,00%
Posición	50	**Posición**	50	0
Capital necesario	-6.211.939,62	**Capital necesario**	-6.090.702,86	121.236,76

Tabla 9.41 Cambios en las métricas de riesgo de la compañía tras incrementar el peso de la rama 3 en un 1%.

El análisis del ratio de rentabilidad por unidad de capital aportada es el siguiente:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Rentabilidad	14.851.207,51	**Rentabilidad**	15.001.207,51	1,01%
Capital requerido	21.211.939,62	**Capital requerido**	21.090.702,86	-0,57%
Ratio	0,700134348	**Ratio**	0,711271104	1,59%

Tabla 9.42 Cambios en las métricas de capital de la compañía tras incrementar el peso de la rama 3 en un 1%.

Se observa que la rentabilidad mejora un 1.01% y que el capital requerido cae un 0.57%. El ratio de la compañía mejora desde 0.7001 hasta 0.7113, o un 1,59%. Por tanto, incrementar el peso de la rama número 3 con respecto a las dos anteriores se consideraría eficiente desde el punto de vista del capital.

Esto permite afirmar que cuando existen diferencias significativas en las reservas iniciales de cada una de las compañías, son las primas no consumidas al final del ejercicio aquellas que determinan el impacto agregado en el balance de resultados de la aseguradora. Por tanto, se necesita realizar algún ajuste al modelo que nos permita excluir este efecto, homogeneizando la estructura de pasivos. A continuación se realizarán un análisis similar, pero manteniendo una estructura de reservas del 50% en las tres ramas de negocio analizadas, y distanciando las volatilidades de las mismas del siguiente modo:

Rama 1	29,96%
Reservas iniciales	50,00%
Stdev 1	12,00%
Rama 2	37,65%
Reservas iniciales	50,00%
Stdev 2	15,00%
Rama 3	32,39%
Reservas iniciales	50,00%
Stdev 3	20,00%
Total ramas	100,00%

Tabla 9.43 Pesos de las ramas de pasivo de la compañía manteniendo un nivel de reservas del 50% en todas ellas.

Se comenzará incrementando el peso de la rama 1 en un 1%, en detrimento de las ramas 2 y 3, al igual que en el supuesto anterior. En esta ocasión, sin embargo, únicamente se hará referencia al análisis del ratio de rentabilidad por unidad de capital.

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Rentabilidad	14.607.975,77	**Rentabilidad**	14.607.975,77	0,00%
Capital requerido	21.676.761,57	**Capital requerido**	21.643.756,13	-0,15%
Ratio	0,673900284	**Ratio**	0,674927942	0,15%

Tabla 9.44 Cambios en las métricas de capital manteniendo un nivel de reservas del 50% en todos los pasivos de la compañía e incrementando el peso de la rama 1 en un 1%.

En este escenario, el capital requerido es sensiblemente inferior, mientras que la rentabilidad de la compañía se mantiene constante, dado que el nivel de reservas es idéntico en los tres casos.

Si se repite el mismo ejercicio para la rama número 2, haciendo caer el peso en las ramas 1 y 3, se encuentra el siguiente caso:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Rentabilidad	14.607.975,77	**Rentabilidad**	14.607.975,77	0,00%
Capital requerido	21.676.761,57	**Capital requerido**	21.682.945,45	0,03%
Ratio	0,673900284	**Ratio**	0,67370809	-0,03%

Tabla 9.45 Cambios en las métricas de capital manteniendo un nivel de reservas del 50% en todos los pasivos de la compañía e incrementando el peso de la rama 2 en un 1%.

Resulta ineficiente desde el punto de vista del retorno sobre el capital, aunque se permanece muy próximo al punto de equilibrio. La mejora no es, sin embargo, equiparable a la que se experimenta al incrementar el peso en la primera rama de la compañía.

En el caso del ramo número 3, siendo la compañía con una mayor volatilidad en sus flujos de caja, se espera un empeoramiento en el ratio de capital. Se muestra el análisis a continuación:

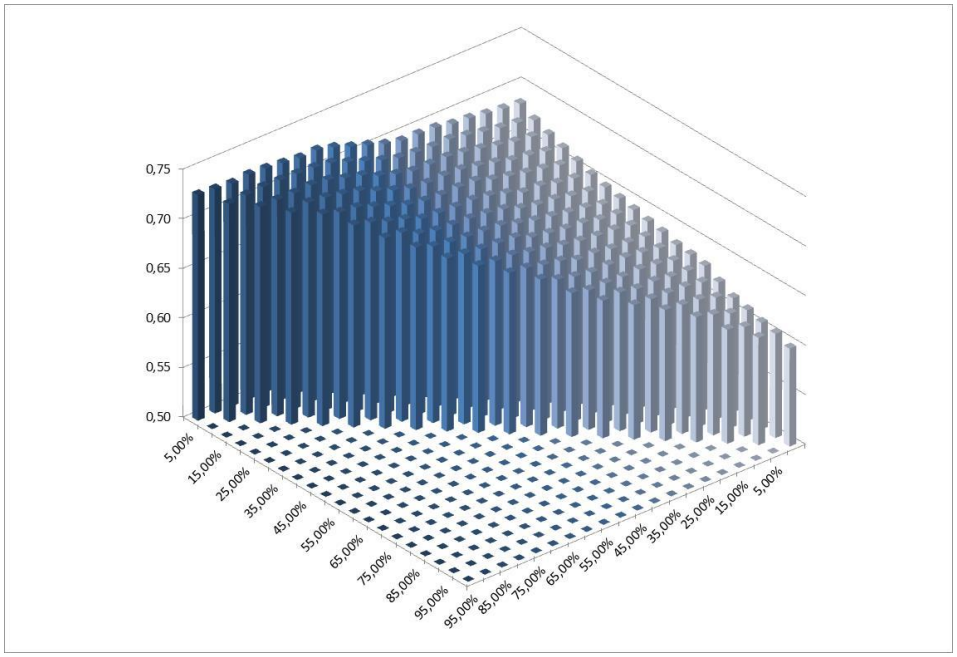
Situación inicial		Situación actual		Cambio
Rentabilidad	14.607.975,77	**Rentabilidad**	14.607.975,77	0,00%
Capital requerido	21.676.761,57	**Capital requerido**	21.740.214,06	0,29%
Ratio	0,673900284	**Ratio**	0,671933392	-0,29%

Tabla 9.46 Cambios en las métricas de capital manteniendo un nivel de reservas del 50% en todos los pasivos de la compañía e incrementando el peso de la rama 3 en un 1%.

Se comprueba cómo el capital requerido se incrementa en 29 puntos básicos, lo que provoca que el ratio de rentabilidad por unidad de capital caiga hasta 0.6720.

A continuación se reproducen las distintas configuraciones de pasivo a las que se puede enfrentar una compañía como la descrita anteriormente. Los ejes horizontales representan la inversión necesaria en la rama número 1 (izquierda) y en la rama número

3 (derecha). El remanente de primas hasta el 100% se invertirían en la rama 2, no representada en este gráfico. La altura de los ejes representa el ratio de rentabilidad obtenida entre el capital requerido por el regulador:



Gráfica 9.1 Mapa del ratio de rentabilidad obtenida por unidad de capital empleada (altura de las barras) ante diferentes pesos de las ramas de pasivo de la compañía (izquierda rama 1, derecha rama 3).

Se encuentra una solución de esquina, en la que el modelo derivaría la inversión hacia la rama número 1, en el que el ratio total alcanzado es de 0.7275, el máximo de la simulación. Los valores más altos resultan de pesos muy elevados en las ramas 1 y 2, coherentes con una menor volatilidad de los siniestros, mientras que los más bajos plantean pesos elevados en la rama número 3. Para una lectura más cómoda se reproduce a continuación una muestra de los datos obtenidos en el gráfico:

Peso en la rama número 1 \ Peso en la rama número 3	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%
95,00%	0,727							
90,00%	0,726	0,720						
85,00%	0,725	0,721	0,718					
80,00%	0,726	0,723	0,718	0,714				
75,00%	0,726	0,722	0,718	0,716	0,713			
70,00%	0,724	0,721	0,718	0,715	0,708	0,704		
65,00%	0,722	0,720	0,716	0,711	0,706	0,699	0,692	
60,00%	0,722	0,718	0,711	0,707	0,699	0,693	0,690	0,684
55,00%	0,718	0,712	0,707	0,699	0,693	0,688	0,682	0,678
50,00%	0,711	0,705	0,699	0,693	0,687	0,681	0,678	0,675
45,00%	0,706	0,699	0,694	0,688	0,684	0,680	0,676	0,673
40,00%	0,700	0,694	0,690	0,686	0,682	0,679	0,676	0,672
35,00%	0,696	0,693	0,689	0,686	0,683	0,679	0,674	0,670
30,00%	0,696	0,691	0,690	0,685	0,682	0,676	0,671	0,665
25,00%	0,695	0,692	0,687	0,682	0,676	0,671	0,665	0,661
20,00%	0,692	0,688	0,684	0,678	0,673	0,665	0,661	0,658
15,00%	0,690	0,685	0,680	0,673	0,669	0,664	0,660	0,655
10,00%	0,687	0,682	0,676	0,671	0,666	0,660	0,656	0,652
5,00%	0,685	0,680	0,674	0,668	0,663	0,658	0,653	0,649
0,00%	0,683	0,675	0,669	0,664	0,659	0,654	0,650	0,648

Tabla 9.47 Representación numérica del gráfico anterior. Ratios de rentabilidad obtenida por unidad de capital empleada ante diferentes pesos de las ramas de pasivo de la compañía (izquierda rama 1, derecha rama 3).

Presumiblemente, la estructura óptima de la compañía se encontrará en niveles cercanos a los representados en la tabla anterior. Se deberá aún, sin embargo, optimizar los activos de la cartera y ajustar la posición de capital final antes de poder concretar la estructura de balance adecuada.

Se observa, consecuentemente, que mayor será la capacidad de optimización de los pasivos de la compañía cuanto más similares sean las reservas iniciales que cada una de las ramas debe contabilizar en el ejercicio. En los supuestos anteriores se comprueba como la práctica totalidad de los beneficios de la aseguradora provienen de su capacidad de escoger aquellos ramos de negocio con un menor nivel de siniestros esperados (y, por tanto, mayores márgenes operativos). El cómputo de niveles óptimos de estructura

de balance estará condicionado, por tanto, por la similitud interna de los pasivos de la compañía. Cabe señalar, como se ha apuntado con anterioridad, que muchas de las variables y parámetros que hemos estudiado y modificado en este apartado podrían mostrar características dinámicas en un entorno real, algo que escapa a la complejidad del modelo analizado, que cuenta con niveles de siniestros estables en el tiempo. Dicha variabilidad requiere cierto juicio profesional a la hora de escoger aquellas ramas de negocio en las cuales la compañía ha decidido crecer, y sin duda la prudencia aconsejará mantener algún tipo de diversificación en la cuenta de pérdidas y ganancias de la compañía atendiendo al origen de las mismas.

9.4 CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DE LOS ACTIVOS FINANCIEROS DEL MERCADO.

Hasta el momento, se han analizado los posibles cambios que pueden darse en los pasivos de la compañía, y se ha estudiado cómo impactan en la estructura del balance agregado de la aseguradora, con especial énfasis en los parámetros de rentabilidad por capital. En este apartado se realizará un análisis similar, manteniendo la estructura de los pasivos constante y efectuando cambios discretos que nos permitan discernir la sensibilidad de cada una de las variables del modelo.

Una de las asunciones más representativas que realiza el modelo es que los gestores de la compañía disponen de unos activos iniciales compuestos por el capital aportado por los socios (que servirá a su vez de base para medir la rentabilidad en términos relativos de la compañía) y por las primas provenientes de los contratos de seguro. Dichos activos iniciales, según el modelo, deben invertirse en un universo de

activos reducido, cuyas características derivan de los parámetros básicos que define el modelo de CAPM y las correlaciones que aquellos guardan entre sí y con el resto del balance de la compañía. Los activos de la compañía pasan a ser, por consiguiente, una potencial fuente de riesgos adicional que debe ser monitorizada y, si es posible, optimizada en su uso. En este trabajo se postula que es necesario tomar en cuenta todo el balance de la aseguradora para optimizar activos y pasivos, de forma que se entremezcla el enfoque de optimización de carteras tradicional con la metodología ALM. La optimización que se realice o el entorno de simulaciones que se muestre dependerán entonces de la estructura inicial de pasivos que se mantenga en la simulación, de manera que no va a anticiparse en estos momentos los resultados de la posible optimización que se realice más adelante en este trabajo. Así, se analizarán los cambios que sufre la compañía cuando se introducen distorsiones en la prima de riesgo de mercado y, consecuentemente, en el retorno esperado de los activos. Se continuará, entonces, modificando el tipo libre de riesgo, segundo y no menos importante componente de la rentabilidad según el modelo, para después analizar el impacto que los cambios impositivos tienen en los resultados de la compañía. Seguidamente, se estudiará la relación del balance con la volatilidad de los activos financieros y del mercado que los aglutina.

9.4.1 Cambios en la prima de riesgo y el retorno esperado de los activos.

El retorno esperado de los activos va a constituir el eje central de los beneficios que genere la compañía y cuya procedencia no está directamente relacionada con el nivel de siniestralidad de las primas contratadas, por lo que su representatividad es

palpable. Se desearía asignar los activos a instrumentos financieros lo menos arriesgados posibles, pero cuyo retorno sea suficiente como para compensar el riesgo en el que se está incurriendo. Como ya se ha señalado, el retorno esperado de los activos va a ser dependiente del nivel del tipo libre de riesgo, por un lado, y de la parametrización en el modelo CAPM en cuanto a volatilidades y covarianzas. Recordar las cualidades fundamentales del mercado que operan en el escenario base del modelo, para poner en contexto los resultados que se obtendrán posteriormente:

Market data	
Expected return	3,50%
Risk free rate	1,00%
Risk premium	2,50%
Market volatility	9,00%
Market variance	0,81%
Market sharpe ratio	0,28

Tabla 9.48 Principales características del mercado de activos.

Por otra parte, las betas estimadas del modelo serán las siguientes:

Asset betas	
Activo 1	29,16%
Activo 2	57,73%
Activo 3	107,86%
Activo 4	158,99%
Mercado	100,00%

Tabla 9.49 Tabla de betas de los activos del mercado.

Dichas betas describen un abanico amplio de relaciones entre ellas mismas y el mercado, siendo la mínima del 29.16% (o 0.2916), y la máxima del 158,99%. Los activos con una mayor beta recogen una mayor cantidad de riesgo sistémico que las que

poseen una menor, de tal manera que tenderán a amplificar la rentabilidad que realice el mercado, siempre según las premisas del modelo CAPM. Dicho exceso de riesgo también vendrá compensado por el exceso de retorno que los inversores deberían estar exigiendo a dichos activos financieros. En el presente modelo, los retornos esperados de cada uno de los activos son los siguientes:

Expected returns	
Activo 1	1,73%
Activo 2	2,44%
Activo 3	3,70%
Activo 4	4,97%
Mercado	3,50%

Tabla 9.50 Retornos esperados de los activos del mercado.

Como se puede comprobar, aquellos activos con mayor retorno esperado, también poseen betas más elevadas. Es de esperar, adicionalmente, que sus volatilidades sean elevadas y coherentes con los niveles de riesgo antes descritos. En el presente modelo, dichas volatilidades, que constituyen uno de los principales inputs del modelo, serán las siguientes:

Asset volatility	
Activo 1	3,00%
Activo 2	7,00%
Activo 3	11,00%
Activo 4	16,00%
Mercado	9,00%

Tabla 9.51 Volatilidades de los activos de mercado.

Es relevante, además, la correlación de cada uno de los activos financieros con el mercado, poseyendo un impacto fundamental en la base de cálculo del modelo, que es

dependiente de las covarianzas de los activos para extraer la volatilidad agregada de la cartera. Las correlaciones de los activos contra el mercado serán las siguientes:

Asset correlations w/market	
Activo 1	87,49%
Activo 2	74,22%
Activo 3	88,25%
Activo 4	89,43%
Mercado	100,00%

Tabla 9.52 Correlaciones de los distintos activos con el mercado.

A continuación, se procederá a realizar cambios en las rentabilidades esperadas de los activos financieros para, posteriormente, comprobar el impacto que dichas variaciones tendrán en el balance financiero simplificado de la compañía. Para ello, se incrementará el retorno esperado desde 3.50% hasta 4.50%. Si bien es obvio que implicará una mejora evidente en el resultado de la compañía, se desea conocer el impacto agregado que dicho incremento de retornos posee en la estructura de la aseguradora, y su posible influencia en el capital requerido de la misma.

Lo primero que se comprueba es el impacto que tiene en el retorno esperado de los activos de la cartera, dado que los pesos que se otorgan a cada uno de los activos conducen a un retorno esperado distinto del retorno del mercado:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Total activos (€)	115.000.000,00	**Total activos (€)**	115.000.000,00	0,00
E(R) de los activos	4,01%	**E(R) de los activos**	5,21%	1,20%
E(R) de los activos (€)	4.607.975,77	**E(R) de los activos (€)**	5.991.166,08	1.383.190,31
Volat de los activos	11,48%	**Volat de los activos**	11,48%	0,00%
Volat de los activos (€)	13.201.727,13	**Volat de los activos (€)**	13.201.727,13	0,00

Tabla 9.53 Cambios en el retorno esperado de los elementos del balance tras un incremento del retorno esperado de los activos desde 3.50% hasta 4.50%.

Se puede observar que la rentabilidad esperada se incrementa en un porcentaje superior al 1%, en concreto, el 1,20%. Precisamente, la beta ponderada de nuestra cartera es 1.2028, lo que es coherente con el incremento de rentabilidad experimentado. El retorno monetario bruto incremental es de 1.383.190,31 euros, más adelante se comprobará qué impacto tiene en los ratios de beneficio.

Además, se confirma que los cambios carecen de impacto en los pasivos de la compañía, ni en su estructura de costes:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Primas agregadas (€)	100.000.000,00	**Primas agregadas (€)**	100.000.000,00	0,00
Expected claims	49,76%	**Expected claims**	49,76%	0,00%
Expected claims vol	15,02%	**Expected claims vol**	15,02%	0,00%
Claims vol (tras divers.)	11,27%	**Claims vol (tras divers.)**	11,27%	0,00%
Expected claims (€)	49.756.768,27	**Expected claims (€)**	49.756.768,27	0,00
Costes operativos	40,00%	**Costes operativos**	40,00%	0,00%
Costes operativos (€)	40.000.000,00	**Costes operativos (€)**	40.000.000,00	0,00
Costes fijos	20.000.000,00	**Costes fijos**	20.000.000,00	0,00

Tabla 9.54 Cambios en la estructura de costes y siniestralidad de la compañía tras un incremento del retorno esperado de los activos desde 3.50% hasta 4.50%.

En cuanto a los ratios financieros, se encuentra que el beneficio esperado de la compañía se ha incrementado un 1.38% (algo superior al incremento del 1.20% antes descrito, pues en este caso se toma como base las primas agregadas de la compañía), y que el retorno sobre capital es del 85.50%, incrementándose un 7.28%:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Beneficio esperado	14,85%	**Beneficio esperado**	16,23%	1,38%
Beneficio esperado (€)	14.851.207,51	**Beneficio esperado (€)**	16.234.397,82	1.383.190,31
Tax rate	21,00%	**Tax rate**	21,00%	0,00%
ROE	78,22%	**ROE**	85,50%	7,28%

Tabla 9.55 Cambios en las métricas de beneficio de la compañía tras un incremento del retorno esperado de los activos desde 3.50% hasta 4.50%.

Igualmente esperable es el incremento en los flujos de caja de la compañía, en la misma cuantía en la que se incrementan los beneficios, antes descrita. Su volatilidad se incrementa, sin embargo, en 15 puntos básicos, con lo que se encuentra que un mayor retorno esperado de los activos posiblemente nos suponga mantener una posición de capital superior:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Cash flow (assets)	4.607.975,77	**Cash flow (assets)**	5.991.166,08	1.383.190,31
Premiums	100.000.000,00	**Premiums**	100.000.000,00	0,00
Cash flow (liabilities)	89.756.768,27	**Cash flow (liabilities)**	89.756.768,27	0,00
Cash flow	14.851.207,51	**Cash flow**	16.234.397,82	1.383.190,31
Asset volatility (expected)	12,42%	**Asset volatility (expected)**	12,42%	0,00%
Asset volatility (real)	11,48%	**Asset volatility (real)**	11,48%	0,00%
Liability volatility (expected	15,02%	**Liability volatility (expected**	15,02%	0,00%
Liability volatility (real)	11,27%	**Liability volatility (real)**	11,27%	0,00%
Cash flow vol (real)	12,94%	**Cash flow vol (real)**	13,09%	0,15%
Tipo libre de riesgo	1,00%	**Tipo libre de riesgo**	1,00%	0,00%

Tabla 9.56 Cambios en los flujos de caja de la compañía tras un incremento del retorno esperado de los activos desde 3.50% hasta 4.50%.

El balance sufre variaciones que, en cierto modo, eran esperadas. El incremento en el retorno esperado de los activos provoca un mayor resultado positivo al final del ejercicio, lo que redunda en una mayor cantidad a pagar a la Hacienda Pública:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Balance final presupuestado		**Balance final presupuestado**		
Primas consumidas (informativo)		**Primas consumidas (informativo)**		
Primas consumidas 1	17.974.666,18	Primas consumidas 1	17.974.666,18	0,00
Primas consumidas 2	18.826.064,36	Primas consumidas 2	18.826.064,36	0,00
Primas consumidas 3	12.956.037,73	Primas consumidas 3	12.956.037,73	0,00
Pasivos	68.361.985,31	**Pasivos**	68.652.455,28	290.469,97
Primas no consumidas 1	11.983.110,79	Primas no consumidas 1	11.983.110,79	0,00
Primas no consumidas 2	18.826.064,36	Primas no consumidas 2	18.826.064,36	0,00
Primas no consumidas 3	19.434.056,59	Primas no consumidas 3	19.434.056,59	0,00
Hacienda	3.118.753,58	Hacienda	3.409.223,54	290.469,97
Capital	15.000.000,00	Capital	15.000.000,00	0,00
Activos	68.361.985,31	**Activos**	68.652.455,28	290.469,97
Activos financieros	68.361.985,31	Activos financieros	68.652.455,28	290.469,97
P&L		**P&L**		0,00
Primas no consumidas	50.243.231,73	Primas no consumidas	50.243.231,73	0,00
E(R) activos	4.607.975,77	E(R) activos	5.991.166,08	1.383.190,31
Gastos devengados	-40.000.000,00	Gastos devengados	-40.000.000,00	0,00
Impuestos	-3.118.753,58	Impuestos	-3.409.223,54	-290.469,97
P&L (+ ganancia)	11.732.453,93	P&L (+ ganancia)	12.825.174,28	1.092.720,34

Tabla 9.57 Cambios en el balance de la compañía tras un incremento del retorno esperado de los activos desde 3.50% hasta 4.50%.

Se encuentra que el Estado está absorbiendo parte de la volatilidad de los flujos de caja de la compañía cuando ésta obtiene beneficios, dado que se pagará en forma de tributos parte de los beneficios obtenidos en el ejercicio anterior. Esta hipótesis, de introducirse en los modelos de optimización de carteras, como es este caso, posee un impacto en la construcción de dichas carteras, ya que el perfil de volatilidad cambia, y termina sesgando el perfil del inversor.

En cuanto a la posición de capital, la situación en la que nos hallamos es la siguiente:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Posición actual de capital	15.000.000,00	**Posición actual de capital**	15.000.000,00	0,00
Posición actual de capital	15,00%	**Posición actual de capital**	15,00%	0,00%
Nº de casos	10.000,00	**Nº de casos**	10.000,00	0,00
Capital shortfall	143,00	**Capital shortfall**	112,00	-31,00
P-value	98,57%	**P-value**	98,88%	0,31%
CVaR	-3.948.074,55	**CVaR**	-3.807.698,95	140.375,60
Percentil	99,50%	**Percentil**	99,50%	0,00%
Posición	50	**Posición**	50	0
Capital necesario	-4.364.266,09	**Capital necesario**	-3.283.425,70	1.080.840,39

Tabla 9.58 Cambios en las métricas de riesgo de la compañía tras un incremento del retorno esperado de los activos desde 3.50% hasta 4.50%.

Se encuentra que el número de escenarios adversos decrece en 31, y que nuestra posición de capital mejora, reduciendo el VaR condicional en 140.375,60. El capital necesario para alcanzar el 99.50% es ahora menor, 3.283.425,70 euros, incluyendo una mejora de 1.080.840,39 euros.

Si se presta atención al ratio de retorno por unidad de capital, se encuentra lo siguiente:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Rentabilidad	14.851.207,51	**Rentabilidad**	16.234.397,82	9,31%
Capital requerido	19.364.266,09	**Capital requerido**	18.283.425,70	-5,58%
Ratio	0,766938826	**Ratio**	0,887929761	15,78%

Tabla 9.59 Cambios en las métricas de capital de la compañía tras un incremento del retorno esperado de los activos desde 3.50% hasta 4.50%.

Como puede observarse, la rentabilidad de la cartera mejora en un 9.31% en términos relativos, mientras que el capital requerido se reduce en un 5.58%. La mejora del ratio, que pasa de 0.7669 a 0.8879, es de un 15.78%.

Se observa que el impacto de un cambio en las rentabilidades esperadas de los activos posee una fuerza innegable, dado que, por una parte, mejora sustancialmente la rentabilidad de la compañía, y por la otra, reduce las necesidades de capital al final del ejercicio. Es, por tanto, una de las principales variables del modelo que, además, se vuelve muy dependiente de la calidad del dato. Refuerza la tesis defendida en relación a la necesidad de estudiar la composición óptima de los activos de la cartera en el contexto agregado de la compañía. Por otra parte, en el caso en que se intenten realizar pronósticos sobre el comportamiento futuro de una aseguradora que esté por desarrollarse, se debe destacar que puede ser tentador incrementar el retorno esperado de los activos a la hora de realizar el plan de negocio de la misma, dado que en términos de pérdidas y ganancias el impacto puede ser limitado. Sin embargo, dicho impacto no debe minusvalorarse en lo que se refiere a su trascendencia en la composición del balance de la compañía.

9.4.2 Cambios en los tipos impositivos.

Si bien es cierto que está fuera del alcance del poder de decisión de los gestores de la compañía aseguradora la modificación de los tipos impositivos, éstos continúan siendo una variable a considerar en el plan de viabilidad de la compañía a largo plazo, y su existencia obliga a tomar en consideración su impacto en la posición de capital resultante de la aseguradora.

En principio, y así lo recoge el modelo, únicamente se realizarán pagos a la hacienda pública cuando el resultado de la actividad de la empresa es positivo, esto es, se obtienen ganancias en el ejercicio de su actividad. Por otra parte, cuando se producen pérdidas, dichos quebrantos se contabilizan en el balance como créditos fiscales a

deducir en próximos ejercicios, lo que supone un beneficio fiscal a futuro por pérdidas incurridas en el pasado. Dichos créditos fiscales ayudan a la suavización de las cuentas a pagar al Estado por parte de la compañía y permiten una mejora en su perfil de retorno, lo que incrementa las posibilidades de supervivencia de la misma a largo plazo. También son conocidos y planteables otros sistemas de tributación: tomando en consideración, por ejemplo, únicamente los ejercicios en los que la compañía incurre en beneficios[26]. Sin embargo, en aras de la simplicidad, mantendremos una estructura de crédito fiscal activable en el modelo.

Este impacto de la administración, como se ha comentado con anterioridad, posee un impacto innegable en el perfil de volatilidad de los flujos de caja de la compañía, que puede sesgar la decisión de los inversores. El Estado, obrando de este modo, está absorbiendo en parte la variabilidad de los flujos de la compañía, con lo que su recaudación puede volverse, en ciertos escenarios, positivamente correlacionada con el ciclo económico presente en cada momento. Es decir, en aquellos momentos en los cuales los beneficios de la compañía sean superiores, porque se esté beneficiando de una mejora en las condiciones financieras globales, la recaudación por parte del Estado será superior. Sin embargo, en época de recesión, la aseguradora posiblemente muestre pérdidas como resultado de su actividad y la recaudación del Estado caerá, dificultando en cierta medida políticas de incremento del gasto público que puedan frenar la recuperación económica[27].

En este trabajo, nos centramos en un caso adverso en el cambio del tipo impositivo, incrementándolo, desde 21% hasta 25%. Este análisis permitiría, además, a

[26] Ver Ault (2013).
[27] Ver Cornia y Nelson (2010).

la compañía, el reconocimiento de la situación en la que se encontraría en el caso de un cambio en la legislación aplicable con cierta inmediatez, lo que a su vez facilitaría el cambio pertinente en la estructura de incentivos y en el plan estratégico de la aseguradora a largo plazo.

Se encuentra que, de forma coherente, ni los activos de la compañía ni los pasivos se ven inicialmente afectados por dicha medida:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Capital disponible (%)	15,00%	**Capital disponible (%)**	15,00%	0,00%
Capital disponible (€)	15.000.000,00	**Capital disponible (€)**	15.000.000,00	0,00
Total activos (€)	115.000.000,00	**Total activos (€)**	115.000.000,00	0,00
E(R) de los activos	4,01%	**E(R) de los activos**	4,01%	0,00%
E(R) de los activos (€)	4.607.975,77	**E(R) de los activos (€)**	4.607.975,77	0,00
Volat de los activos	11,48%	**Volat de los activos**	11,48%	0,00%
Volat de los activos (€)	13.201.727,13	**Volat de los activos (€)**	13.201.727,13	0,00
Primas agregadas (€)	100.000.000,00	**Primas agregadas (€)**	100.000.000,00	0,00
Expected claims	49,76%	**Expected claims**	49,76%	0,00%
Expected claims vol	15,02%	**Expected claims vol**	15,02%	0,00%
Claims vol (tras divers.)	11,27%	**Claims vol (tras divers.)**	11,27%	0,00%
Expected claims (€)	49.756.768,27	**Expected claims (€)**	49.756.768,27	0,00
Costes operativos	40,00%	**Costes operativos**	40,00%	0,00%
Costes operativos (€)	40.000.000,00	**Costes operativos (€)**	40.000.000,00	0,00
Costes fijos	20.000.000,00	**Costes fijos**	20.000.000,00	0,00

Tabla 9.60 Cambios en la estructura de activos y pasivos de la compañía tras incrementar el tipo impositivo desde 21% hasta 25%.

Esta ausencia de impactos se debe a que se está asumiendo que el único agente de mercado que ha sufrido una variación en su tipo impositivo es la compañía analizada y que dicho cambio no se ha producido de forma generalizada en todo el marco económico. De ser de este modo, y sin ser extensos en el análisis de dicho incremento, posiblemente veríamos cambios en el perfil de retorno de los activos: sería de esperar que fueran menores, por un lado, y que la elección de proyectos por parte de los gestores del resto de las compañías de mercado se viera sesgada por el cambio en la política impositiva. Por otra parte, sería pertinente analizar el impacto que tendría en el

asegurado la modificación de su tipo impositivo, y si sus criterios de preferencia por el riesgo se ven afectados de algún modo.

El incremento del tipo impositivo tiene un impacto negativo y de una cuantía similar en el retorno del capital aportado, como se puede comprobar:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Beneficio esperado	14,85%	**Beneficio esperado**	14,85%	0,00%
Beneficio esperado (€)	14.851.207,51	**Beneficio esperado (€)**	14.851.207,51	0,00
Tax rate	21,00%	**Tax rate**	25,00%	4,00%
ROE	78,22%	**ROE**	74,26%	-3,96%

Tabla 9.61 Cambios en la tasa de rentabilidad de la compañía tras incrementar el tipo impositivo desde 21% hasta 25%.

En cuanto al balance simplificado de la compañía, se encuentra que, obviamente, la cuantía a pagar a la Administración Pública es sensiblemente superior, produciéndose un incremento proporcional a la subida aplicada, como se refleja a continuación:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Balance final presupuestado		**Balance final presupuestado**		
Primas consumidas (informativo)		**Primas consumidas (informativo)**		
Primas consumidas 1	17.974.666,18	Primas consumidas 1	17.974.666,18	0,00
Primas consumidas 2	18.826.064,36	Primas consumidas 2	18.826.064,36	0,00
Primas consumidas 3	12.956.037,73	Primas consumidas 3	12.956.037,73	0,00
Pasivos	68.361.985,31	**Pasivos**	68.956.033,61	594.048,30
Primas no consumidas 1	11.983.110,79	Primas no consumidas 1	11.983.110,79	0,00
Primas no consumidas 2	18.826.064,36	Primas no consumidas 2	18.826.064,36	0,00
Primas no consumidas 3	19.434.056,59	Primas no consumidas 3	19.434.056,59	0,00
Hacienda	3.118.753,58	Hacienda	3.712.801,88	594.048,30
Capital	15.000.000,00	Capital	15.000.000,00	0,00
Activos	68.361.985,31	**Activos**	68.956.033,61	594.048,30
Activos financieros	68.361.985,31	Activos financieros	68.956.033,61	594.048,30
P&L		**P&L**		0,00
Primas no consumidas	50.243.231,73	Primas no consumidas	50.243.231,73	0,00
E(R) activos	4.607.975,77	E(R) activos	4.607.975,77	0,00
Gastos devengados	-40.000.000,00	Gastos devengados	-40.000.000,00	0,00
Impuestos	-3.118.753,58	Impuestos	-3.712.801,88	-594.048,30
P&L (+ ganancia)	11.732.453,93	P&L (+ ganancia)	11.138.405,63	-594.048,30
% Beneficio s/total Primas	*8,40%*	*% Beneficio s/total Primas*	*8,40%*	*0,00%*
% Beneficio s/total Assets	*91,60%*	*% Beneficio s/total Assets*	*91,60%*	*0,00%*

Tabla 9.62 Cambios en el balance inicial de la compañía tras incrementar el tipo impositivo desde 21% hasta 25%.

Debido a las hipótesis introducidas en el modelo, basado en créditos fiscales, la situación de capital no varía significativamente, mejorando en 14 escenarios de los 10.000 simulados la posición de capital:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Posición actual de capital	15.000.000,00	**Posición actual de capital**	15.000.000,00	0,00
Posición actual de capital	15,00%	**Posición actual de capital**	15,00%	0,00%
Nº de casos	10.000,00	**Nº de casos**	10.000,00	0,00
Capital shortfall	54,00	**Capital shortfall**	40,00	-14,00
P-value	99,46%	**P-value**	99,60%	0,14%
CVaR	-2.930.857,71	**CVaR**	-2.851.782,71	79.075,00

Tabla 9.63 Cambios en las métricas de riesgo de la compañía tras incrementar el tipo impositivo desde 21% hasta 25%.

Asimismo, el ratio de rentabilidad por unidad de capital mejora, dada la reducción de capital requerido exigida, incrementando el ratio un 5.33%:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Rentabilidad	14.851.207,51	**Rentabilidad**	14.851.207,51	0,00%
Capital requerido	15.297.770,21	**Capital requerido**	14.523.199,57	-5,06%
Ratio	0,970808641	**Ratio**	1,022585102	5,33%

Tabla 9.64 Cambios en las métricas de capital de la compañía tras incrementar el tipo impositivo desde 21% hasta 25%.

9.4.3 Cambios en la volatilidad de los activos financieros.

Tal y como ya se ha señalado anteriormente, la volatilidad de los activos financieros forma parte del perfil de dichos activos bajo el contexto del modelo CAPM. De esta manera, cambios discretos en las volatilidades iniciales de los activos tendrán un impacto directo en las betas calculadas de los mismos y, consecuentemente, en las rentabilidades esperadas. Se recuerda que las volatilidades de los activos que planteamos inicialmente son las siguientes:

Asset volatility	
Activo 1	3,00%
Activo 2	7,00%
Activo 3	11,00%
Activo 4	16,00%
Mercado	9,00%

Tabla 9.65 Volatilidades de los activos.

Dado que en el siguiente punto se modificará la volatilidad esperada del mercado (inicialmente dispuesta en un 9.00%), centremos el análisis en los impactos de las volatilidades para los activos 1 a 4. Trataremos, en este caso, de incrementar un 1% la volatilidad de cada uno de los activos, y procederemos a analizar su impacto en el resto del balance de la compañía.

En el caso del activo número 1, pasamos de una volatilidad del 3% al 4%. Dicho cambio produce un incremento en la rentabilidad del activo (1.73% a 1.97%) y de su beta (29.16% a 38.88%). El principal impacto de este incremento es un aumento de la rentabilidad de la compañía acompañada del consiguiente aumento de su volatilidad, como se puede comprobar:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Total activos (€)	115.000.000,00	**Total activos (€)**	115.000.000,00	0,00
E(R) de los activos	4,01%	**E(R) de los activos**	4,01%	0,00%
E(R) de los activos (€)	4.607.975,77	**E(R) de los activos (€)**	4.609.119,73	1.143,96
Volat de los activos	11,48%	**Volat de los activos**	11,48%	0,00%
Volat de los activos (€)	13.201.727,13	**Volat de los activos (€)**	13.206.248,57	4.521,44

Tabla 9.66 Cambios en las rentabilidades esperadas y volatilidades de los activos y los pasivos tras un incremento de la volatilidad del activo 1 del 3% al 4%.

El beneficio esperado se incrementaría en 1.143,96 euros con motivo de este cambio en volatilidad. El cambio en el balance simplificado de la compañía proviene

fundamentalmente de esta variación, sumado a la consiguiente exigencia adicional por parte de la Administración Pública:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Balance final presupuestado		**Balance final presupuestado**		
Primas consumidas (informativo)		**Primas consumidas (informativo)**		
Primas consumidas 1	17.974.666,18	Primas consumidas 1	17.974.666,18	0,00
Primas consumidas 2	18.826.064,36	Primas consumidas 2	18.826.064,36	0,00
Primas consumidas 3	12.956.037,73	Primas consumidas 3	12.956.037,73	0,00
Pasivos	68.361.985,31	**Pasivos**	68.362.225,54	240,23
Primas no consumidas 1	11.983.110,79	Primas no consumidas 1	11.983.110,79	0,00
Primas no consumidas 2	18.826.064,36	Primas no consumidas 2	18.826.064,36	0,00
Primas no consumidas 3	19.434.056,59	Primas no consumidas 3	19.434.056,59	0,00
Hacienda	3.118.753,58	Hacienda	3.118.993,81	240,23
Capital	15.000.000,00	Capital	15.000.000,00	0,00
Activos	68.361.985,31	**Activos**	68.362.225,54	240,23
Activos financieros	68.361.985,31	Activos financieros	68.362.225,54	240,23
P&L		**P&L**		0,00
Primas no consumidas	50.243.231,73	Primas no consumidas	50.243.231,73	0,00
E(R) activos	4.607.975,77	E(R) activos	4.609.119,73	1.143,96
Gastos devengados	-40.000.000,00	Gastos devengados	-40.000.000,00	0,00
Impuestos	-3.118.753,58	Impuestos	-3.118.993,81	-240,23
P&L (+ ganancia)	11.732.453,93	P&L (+ ganancia)	11.733.357,66	903,73

Tabla 9.67 Cambios en el balance inicial de la compañía tras un incremento de la volatilidad del activo 1 del 3% al 4%.

Se observa que la posición de capital es prácticamente idéntica, empeorando en 1 punto básico el p-valor de la compañía. El capital necesario para alcanzar el mínimo exigible de 99.50% también se incrementa en 9.346,26 euros, como se puede comprobar a continuación:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Posición actual de capital	15.000.000,00	Posición actual de capital	15.000.000,00	0,00
Posición actual de capital	15,00%	Posición actual de capital	15,00%	0,00%
Nº de casos	10.000,00	Nº de casos	10.000,00	0,00
Capital shortfall	143,00	Capital shortfall	144,00	1,00
P-value	98,57%	P-value	98,56%	-0,01%
CVaR	-3.948.074,55	CVaR	-3.929.404,15	18.670,40
Percentil	99,50%	Percentil	99,50%	0,00%
Posición	50	Posición	50	0
Capital necesario	-4.364.266,09	Capital necesario	-4.373.612,35	-9.346,26

Tabla 9.68 Cambios en las métricas de riesgo de la compañía tras un incremento de la volatilidad del activo 1 del 3% al 4%.

Por otra parte, el análisis de ratios señala que el cambio de volatilidad tiene un reflejo negativo en el retorno medido en unidades de capital, dado que la rentabilidad sube algo menos de 1 punto básico, mientras que las exigencias de capital lo hacen en 5:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Rentabilidad	14.851.207,51	Rentabilidad	14.852.351,47	0,01%
Capital requerido	19.364.266,09	Capital requerido	19.373.612,35	0,05%
Ratio	0,766938826	Ratio	0,766627885	-0,04%

Tabla 9.69 Cambios en las métricas de capital de la compañía tras un incremento de la volatilidad del activo 1 del 3% al 4%.

Por tanto, y en este punto del análisis, se puede concluir que un incremento en la volatilidad de los activos, tal y como están configuradas sus covarianzas, tiene un impacto negativo en el uso eficiente del capital de la compañía.

Dado que para el resto de activos encontraremos un nivel similar de impacto en el balance, pasaremos a describir únicamente el impacto que dicho incremento en la volatilidad tiene en el ratio de rentabilidad por unidades de capital empleado.

En el caso del activo número 2, se incrementa la volatilidad desde un 7.00% a un 8.00%. Dicho cambio provoca un incremento en la rentabilidad, desde 2.44% hasta

2.65%, y en su beta, desde 57.73% hasta 65.98%. Se observa que este activo guarda un nivel de relación sistémica superior al activo precedente y que, de hecho, ésta se irá incrementando de igual modo en los activos 3 y 4.

Al igual que en el análisis del activo número 1, el ratio de rentabilidad por unidad de capital sufre un descenso de 1.79%, cayendo desde 0.7669 hasta 0.7532. Esto se debe a que el incremento en la rentabilidad del activo no es lo suficientemente elevado como para compensar el exceso de capital que se exigiría para alcanzar el 99.50%, como se puede comprobar a continuación:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Rentabilidad	14.851.207,51	**Rentabilidad**	14.906.803,40	0,37%
Capital requerido	19.364.266,09	**Capital requerido**	19.791.802,34	2,21%
Ratio	0,766938826	**Ratio**	0,753180693	-1,79%

Tabla 9.70 Cambios en las métricas de capital de la compañía tras un incremento de la volatilidad del activo 2 del 7% al 8%.

Cuando realizamos un cambio similar en el activo número 3, pasando de una volatilidad del 11.00% al 12.00%, se encuentra que la rentabilidad se incrementa desde 3.70% hasta 3.94%, y que la beta sube de igual modo, desde 107.86% hasta 117.66%. Por primera vez se observa el comportamiento de un activo cuya beta es superior a la beta del mercado.

En este caso, se encuentra que el ratio de rentabilidad por unidad de capital continúa mostrando cierta ineficiencia ligada al incremento de volatilidad en el activo, aunque es de destacar que el deterioro en el ratio es algo menor que en el caso del activo número 2:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Rentabilidad	14.851.207,51	**Rentabilidad**	14.930.795,52	0,54%
Capital requerido	19.364.266,09	**Capital requerido**	19.717.692,47	1,83%
Ratio	0,766938826	**Ratio**	0,757228339	-1,27%

Tabla 9.71 Cambios en las métricas de capital de la compañía tras un incremento de la volatilidad del activo 3 del 11% al 12%.

El incremento en rentabilidad, de 54 puntos básicos, tampoco es suficiente, en este caso, para compensar el incremento en capital requerido para alcanzar el 99.50% de casos sin sufrir una pérdida, y el ratio cae, consecuentemente, desde 0.7669 hasta 0.7572.

En el caso del activo número 4, pasamos de una volatilidad del 16.00% al 17.00%, constituyendo el activo con mayor variabilidad en sus retornos de toda la muestra. Su beta se incrementa desde 158.99% hasta 168.93%, mientras que su rentabilidad esperada, de nuevo la más alta de los activos que componen el modelo, pasa de 4.97% hasta 5.22%.

En este caso, se observa el mayor deterioro detectado para los cuatro activos, con una caída en el ratio del 2.85% proveniente, sobre todo, del incremento en el capital requerido que exige dicho cambio en el régimen de volatilidades:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Rentabilidad	14.851.207,51	**Rentabilidad**	14.988.076,54	0,92%
Capital requerido	19.364.266,09	**Capital requerido**	20.115.453,21	3,88%
Ratio	0,766938826	**Ratio**	0,745102603	-2,85%

Tabla 9.72 Cambios en las métricas de capital de la compañía tras un incremento de la volatilidad del activo 4 del 16% al 17%.

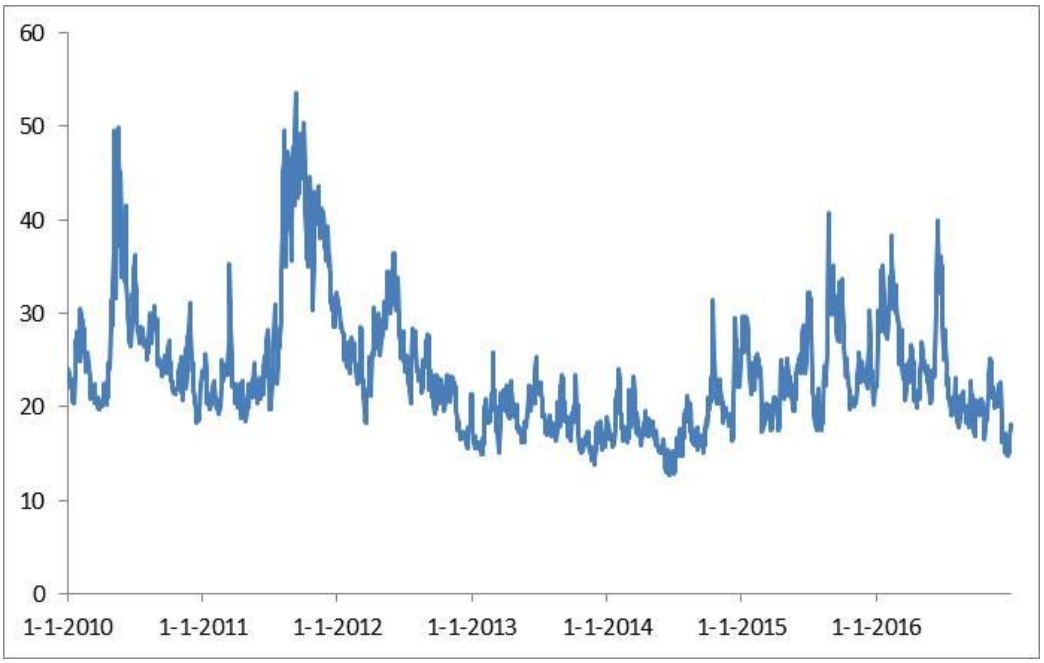
La rentabilidad, sin embargo, experimenta la mayor subida de la muestra, aunque dicho incremento no compense, en términos de eficiencia, el mayor nivel de riesgo que implícitamente se está asumiendo.

9.4.4 Cambios en la volatilidad del mercado financiero.

El análisis de cambios que se va a realizar, utilizando como pivote fundamental la volatilidad del mercado financiero, es especialmente relevante para el análisis, dado que un cambio en el mismo provoca distorsiones en cascada en el resto de activos de mercado.

Este tipo de estudios son muy útiles para la gestión de la aseguradora, dado que proporcionan una visión agregada del comportamiento de los activos si se produce un cambio de régimen en el perfil de las volatilidades del mercado, puesto que el modelo condiciona dicho régimen de riesgos a la rentabilidad exigible a los activos.

Un ejemplo de la evolución de la volatilidad de un mercado de capitalización elevada y suficientemente diversificado es el siguiente, representando la volatilidad implícita en las opciones *at the money* del índice Eurostoxx 50:



Gráfica 9.2 Volatilidad implícita de las opciones ATM del índice bursátil Eurostoxx 50, período 2010-2016. Fuente: Bloomberg.

Los índices de volatilidad implícita en las opciones *at the money* representan la visión que los operadores de mercado tienen sobre la volatilidad esperable del índice subyacente si todos ellos aplicaran en sus cotizaciones la metodología de valoración de opciones basada en Black y Scholes. En este caso puede ser relevante, dado que el análisis requiere una interpretación de lo que las volatilidades de los activos podrían estar reflejando en el futuro: si solamente incorporamos la volatilidad ya realizada posiblemente se pierda el efecto predictivo, encontrando que las volatilidades calculadas actualmente ya recogen un cambio de régimen.

En este caso, se pasará de una volatilidad base del mercado de 9.00% hasta 10.00%. Este incremento de volatilidades en el mercado debe afectar, adicionalmente, al resto de volatilidades de los activos financieros, puesto que éstos representan a la totalidad de activos del mercado. En este caso, y con el propósito de mantener la

sencillez del modelo, se supondrá que cada activo ve incrementarse su variabilidad en un 1% adicional. Esto implica que cada uno de los activos financieros equipondera su peso en la cartera teórica del mercado. El cuadro comparativo de la situación actual (izquierda) con respecto a los cambios realizados es el siguiente:

Market data		Antes del cambio	Diferencias
Asset betas			
Activo 1	35,00%	29,16%	5,83%
Activo 2	59,38%	57,73%	1,65%
Activo 3	105,89%	107,86%	-1,96%
Activo 4	152,03%	158,99%	-6,96%
Mercado	100,00%	100,00%	0,00%
Expected returns			
Activo 1	1,87%	1,73%	0,15%
Activo 2	2,48%	2,44%	0,04%
Activo 3	3,65%	3,70%	-0,05%
Activo 4	4,80%	4,97%	-0,17%
Mercado	3,50%	3,50%	0,00%
Asset volatility			
Activo 1	4,00%	3,00%	1,00%
Activo 2	8,00%	7,00%	1,00%
Activo 3	12,00%	11,00%	1,00%
Activo 4	17,00%	16,00%	1,00%
Mercado	10,00%	9,00%	1,00%
Asset correlations w/market			
Activo 1	87,49%	87,49%	0,00%
Activo 2	74,22%	74,22%	0,00%
Activo 3	88,25%	88,25%	0,00%
Activo 4	89,43%	89,43%	0,00%
Mercado	100,00%	100,00%	0,00%

Tabla 9.73 Principales cambios en las métricas de los activos de mercado tras un incremento de la volatilidad en todos los activos de un 1%.

Como se puede comprobar, un cambio en la volatilidad base del mercado afecta de manera distinta a los activos del mercado. Así, las betas de los activos 1 y 2 se incrementan ligeramente, y se reducen las de los activos 3 y 4. Esto se debe a la cercanía relativa que se produce en los primeros con respecto a la volatilidad de

mercado, muy distinta al alejamiento porcentual que refleja el cambio en los últimos. Este mismo efecto se observa en el cuadro de rentabilidades, en el que mejoran las rentabilidades de los activos que se encuentran por debajo de la beta de mercado y empeoran las de los otros dos. Se comprueba también que las correlaciones entre los activos se mantienen con respecto a su nivel inicial, como se pretendía.

Como consecuencia de este cambio, se experimenta un menor rendimiento de los activos de la cartera y un incremento de su volatilidad, lo que es coherente con los cambios realizados y con el peso de cada uno de los activos dentro de la cartera:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Total activos (€)	115.000.000,00	**Total activos (€)**	115.000.000,00	0,00
E(R) de los activos	4,01%	**E(R) de los activos**	3,92%	-0,09%
E(R) de los activos (€)	4.607.975,77	**E(R) de los activos (€)**	4.508.055,40	-99.920,37
Volat de los activos	11,48%	**Volat de los activos**	12,38%	0,90%
Volat de los activos (€)	13.201.727,13	**Volat de los activos (€)**	14.242.323,85	1.040.596,72

Tabla 9.74 Cambios en el retorno esperado y la volatilidad de los activos tras un incremento generalizado de la volatilidad de los mismos en un 1%.

Este peor comportamiento de los activos también tiene su reflejo en las métricas de rentabilidad de la compañía, con caídas en el beneficio esperado y en el retorno sobre el capital:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Beneficio esperado	14,85%	**Beneficio esperado**	14,75%	-0,10%
Beneficio esperado (€)	14.851.207,51	**Beneficio esperado (€)**	14.751.287,14	-99.920,37
Tax rate	21,00%	**Tax rate**	21,00%	0,00%
ROE	78,22%	**ROE**	77,69%	-0,53%
Cash flow (assets)	4.607.975,77	**Cash flow (assets)**	4.508.055,40	-99.920,37
Premiums	100.000.000,00	**Premiums**	100.000.000,00	0,00
Cash flow (liabilities)	89.756.768,27	**Cash flow (liabilities)**	89.756.768,27	0,00
Cash flow	14.851.207,51	**Cash flow**	14.751.287,14	-99.920,37

Tabla 9.75 Cambios en las métricas de rentabilidad y flujos de caja de la compañía tras un incremento generalizado de la volatilidad de los activos en un 1%.

Este incremento de la volatilidad de los activos, además, tiene un efecto adverso sobre la variabilidad de los flujos de caja de la compañía, si bien es cierto que dicho efecto queda amortiguado por el componente de diversificación que existe entre los distintos componentes del balance:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Asset volatility (expected)	12,42%	**Asset volatility (expected)**	13,42%	1,00%
Asset volatility (real)	11,48%	**Asset volatility (real)**	12,38%	0,90%
Liability volatility (expected	15,02%	**Liability volatility (expected**	15,02%	0,00%
Liability volatility (real)	11,27%	**Liability volatility (real)**	11,27%	0,00%
Cash flow vol (real)	12,94%	**Cash flow vol (real)**	13,79%	0,86%

Tabla 9.76 Cambios en los flujos de caja de la compañía tras un incremento generalizado de la volatilidad de los activos en un 1%.

Así, el incremento en la volatilidad de los flujos de caja es de 86 puntos básicos, algo menor que el incremento neto de volatilidad de los activos. Por su parte, el balance sufre variaciones que entran dentro de lo esperado, y que ya se han observado con anterioridad en el análisis de sensibilidades:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Balance final presupuestado		**Balance final presupuestado**		
Primas consumidas (informativo)		**Primas consumidas (informativo)**		
Primas consumidas 1	17.974.666,18	Primas consumidas 1	17.974.666,18	0,00
Primas consumidas 2	18.826.064,36	Primas consumidas 2	18.826.064,36	0,00
Primas consumidas 3	12.956.037,73	Primas consumidas 3	12.956.037,73	0,00
Pasivos	68.361.985,31	**Pasivos**	68.341.002,03	-20.983,28
Primas no consumidas 1	11.983.110,79	Primas no consumidas 1	11.983.110,79	0,00
Primas no consumidas 2	18.826.064,36	Primas no consumidas 2	18.826.064,36	0,00
Primas no consumidas 3	19.434.056,59	Primas no consumidas 3	19.434.056,59	0,00
Hacienda	3.118.753,58	Hacienda	3.097.770,30	-20.983,28
Capital	15.000.000,00	Capital	15.000.000,00	0,00
Activos	68.361.985,31	**Activos**	68.341.002,03	-20.983,28
Activos financieros	68.361.985,31	Activos financieros	68.341.002,03	-20.983,28
P&L		**P&L**		0,00
Primas no consumidas	50.243.231,73	Primas no consumidas	50.243.231,73	0,00
E(R) activos	4.607.975,77	E(R) activos	4.508.055,40	-99.920,37
Gastos devengados	-40.000.000,00	Gastos devengados	-40.000.000,00	0,00
Impuestos	-3.118.753,58	Impuestos	-3.097.770,30	20.983,28
P&L (+ ganancia)	11.732.453,93	P&L (+ ganancia)	11.653.516,84	-78.937,09

Tabla 9.77 Cambios en el balance inicial de la compañía tras un incremento generalizado de la volatilidad de los activos en un 1%.

En este caso, el empeoramiento de la rentabilidad provoca un menor flujo monetario hacia la Hacienda Pública, que acaba teniendo un impacto neto negativo en la cifra total de pérdidas y ganancias de la compañía.

La posición de capital, por otra parte y como era de esperar, evoluciona negativamente, como se comprueba a continuación:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Posición actual de capital	15.000.000,00	**Posición actual de capital**	15.000.000,00	0,00
Posición actual de capital	15,00%	**Posición actual de capital**	15,00%	0,00%
Nº de casos	10.000,00	**Nº de casos**	10.000,00	0,00
Capital shortfall	143,00	**Capital shortfall**	205,00	62,00
P-value	98,57%	**P-value**	97,95%	-0,62%
CVaR	-3.948.074,55	**CVaR**	-4.451.468,73	-503.394,18
Percentil	99,50%	**Percentil**	99,50%	0,00%
Posición	50	**Posición**	50	0
Capital necesario	-4.364.266,09	**Capital necesario**	-6.265.515,37	-1.901.249,28

Tabla 9.78 Cambios en las métricas de riesgo de la compañía tras un incremento generalizado de la volatilidad de los activos en un 1%.

Se observa que empeoramos la situación de capital final en 62 escenarios, y que el VaR condicional también cae en 503.394,18. De igual modo, el capital requerido para alcanzar la solvencia en el 99.50% de los escenarios se incrementa en 1.901.249,28 euros.

Este cambio realizado es, posiblemente, el peor cambio en la muestra, con un empeoramiento en la rentabilidad neta de los activos de la compañía y un incremento más que significativo en el capital exigido para la viabilidad del negocio de la aseguradora. El resultado final del ratio de rentabilidad por unidad de capital es el siguiente:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Rentabilidad	14.851.207,51	**Rentabilidad**	14.751.287,14	-0,67%
Capital requerido	19.364.266,09	**Capital requerido**	21.265.515,37	9,82%
Ratio	0,766938826	**Ratio**	0,693671744	-9,55%

Tabla 9.79 Cambios en las métricas de capital de la compañía tras un incremento generalizado de la volatilidad de los activos en un 1%.

Se comprueba, por tanto, que la eficiencia de la compañía en el uso del capital cae en un 9.53%, finalizando en 0.6937 desde 0.7669 originalmente.

10 PROCESO DE OPTIMIZACIÓN.

En este capítulo se establecerá una metodología de optimización que sea aplicable a las características del modelo planteado. Con el objetivo de mostrar las diferencias alcanzadas según se parta de cada uno de los segmentos del balance, dicha optimización se realizará por separado, primero, y de manera conjunta al final.

El motivo de realizar una optimización tal y como se está planteando en este trabajo se debe a que se desean explorar las posibles diferencias que puedan observarse si se plantea la gestión de la compañía desde un punto de vista fragmentado. Esto es, si la optimización de los activos y de los pasivos se realiza por separado y de manera estanca, potencialmente despreciando los beneficios y las sinergias que pudieran alcanzarse en términos de rentabilidad, volatilidad de la compañía y capital si éstos apartados del balance se gestionaran de manera integral.

Como se ha desarrollado y reflejado en la hipótesis principal, una gestión integral del balance de una compañía aseguradora podría conllevar significativos ahorros en los costes de capital de la misma, así como una reducción de la volatilidad de los flujos de caja a los que se expone en cada uno de los ramos representativos. Del mismo modo, debería contemplarse el impacto que una gestión como la que se plantea tiene en la competitividad de los precios que ofrece la misma. Por ejemplo, la estrategia de precios puede verse afectada positivamente si uno de los ramos de la compañía mejora marginalmente la estructura del balance agregado y, por tanto, dicha mejora podría incorporarse al precio de las pólizas de ese ramo.

Se debe tener en cuenta, por otra parte, que un proceso de optimización puede ser irrealizable por las características intrínsecas de la compañía y depende, en mayor

medida, de la flexibilidad que ésta posea para adoptar cambios que pueden no ser coherentes con la estrategia de largo plazo de la misma. Esto es, el proceso de optimización, como tal, responderá a las condiciones actuales de mercado, así como a la historia reciente de precios de los activos y de siniestralidad experimentada en los pasivos. Es posible, por tanto, que la solución del proceso de optimización prepare el balance de la compañía para responder mejor ante sucesos que se han dejado atrás en el pasado, y que ante su miopía para prever sucesos futuros, no se adapte de la manera más eficiente a sucesos que están por ocurrir y que no se reflejan en la situación planteada. Es por ello que es necesario complementar el resultado de la optimización con una visión estratégica o de largo plazo de cada una de las variables que tienen un impacto significativo en el proceso. Variables tales como la estructura de costes de la compañía pueden tener un perfil más sencillo de predecir en tanto que están bajo el control de la compañía, pero debería plantearse del mismo modo un modelo que sea capaz de incorporar la inflación esperada[28].

No debe ignorarse, por otra parte, el impacto que un posible futuro cambio regulatorio pueda tener en la estructura optimizada de la compañía. Un replanteamiento del paradigma de valoración del balance puede tener severas consecuencias no solamente esperables en la compañía que se analicen, sino que éstas pueden ir más allá y afectar de manera transversal al resto del mercado, tal y como se ha podido comprobar en el apartado referente a Solvencia II y su aplicabilidad en el mercado europeo. Dichos cambios, sin embargo, no se imponen desde la postura del regulador, también necesitan la connivencia y en cierta medida, la tolerancia del mercado al cual van a aplicarse los

[28]En su momento se planteará como futura línea de investigación el incorporar un modelo de estimación de rentabilidad de los activos basado en las expectativas o que, al menos, pueda incorporar una visión ad hoc de largo plazo desde el punto de vista de la gestión de la compañía.

cambios tanto en el momento de comprobar su posible impacto como su calibración. El objetivo del regulador puede ser fortalecer la posición del sector, sin que dicha interferencia pueda suponer una amenaza a su continuidad en el medio plazo. Por ello, es de esperar que se produzcan períodos de adaptación gradual constante, en los que se dé tiempo suficiente a los participantes para alcanzar una posición de capital óptima en el nuevo entorno propuesto. Dado que no se puede anticipar un cambio semejante, si es inmediato, nuestro proceso de optimización deberá adaptarse a la última información disponible que se posea en el entorno regulatorio, y será recomendable realizar los cambios pertinentes que necesite para que pueda seguir adaptándose al mismo.

Por otra parte, pudiera suceder que las normas de preservación de capital que el regulador establezca no estén directamente relacionadas con la volatilidad de los flujos esperados de la compañía, como sucedía en el caso de Solvencia I. Si, como en el ejemplo que se menciona, el capital necesario se establece en función de criterios que no reflejan la asunción de riesgo que se hace desde los activos o los pasivos, así como del casamiento de flujos, se puede encontrar que potencialmente las compañías se enfrentarán al dilema de buscar la estructura de balance que mayor rédito les produzca. Por ejemplo si, como en el caso de Solvencia I, nuestros requisitos de capital van a ser una función lineal de las primas de la compañía, una compañía podría optar por escoger activos arriesgados, que no ofrecen beneficios de diversificación entre sí (aumentando de manera significativa su concentración) o con respecto a los pasivos. En un caso así tal vez se esté cumpliendo con perfecta puntualidad las restricciones que el regulador ha impuesto, mientras que la realidad económica de nuestro negocio sea radicalmente distinta, y el flujo de caja tras satisfacer siniestros sea altamente volátil, exponiendo a la

compañía a una mayor probabilidad de quiebra de la que debería ser razonable. Si contextualmente la compañía se encuentra ante un regulador históricamente intervencionista, es posible que se esté incurriendo en cierto riesgo moral, dado que, consciente de la debilidad de su posición de capital, puede obtener mayores beneficios en tanto que un escenario de debilidad económica no se produce y de producirse, cuenta con la probable ayuda explícita del regulador.

Primeramente, se describirán los distintos métodos empleados para optimizar la estructura de la compañía. Este proceso comprenderá la optimización de los activos y de los pasivos por separado, a la vez que se observarán los efectos que dicho proceso posee y las diferencias que en la estructura final de la compañía genera. Por último, se realizará una optimización agregada, y se comparará con cada una de las optimizaciones anteriores.

10.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

Dado que el modelo ha sido construido en Excel, se requerirá de herramientas de optimización que se encuentren dentro de dicha herramienta. En el caso de este trabajo, se utilizará la herramienta Solver, dado que ofrece la posibilidad de introducir múltiples restricciones y como se reflejará a continuación, es capaz de utilizar diversos métodos que van a facilitar en gran medida la tarea que se propone[29].

[29] Por otra parte, y al igual que sucedía en la construcción del modelo, este proceso es altamente demandante de tiempo y potencia de cálculo, de modo que en el futuro se planteará una recalibración del mismo, así como una posible migración hacia un sistema o lenguaje de programación que haga más eficiente la utilización de la potencia disponible, como R o Matlab.

Solver tratará de encontrar una solución óptima, dadas las variables del modelo que le serán proporcionadas, y que a su vez satisfaga todas las restricciones que se le impongan. Sin embargo, la herramienta también es dependiente del tipo del problema al que se enfrente y por ello va a proponer diferentes herramientas de optimización que tendrán un impacto en el tiempo y la potencia de cálculo requerida. Primero, el tamaño del modelo, que en este caso se puede asumir como elevado, será una de las principales taras que la herramienta deberá tener en cuenta. Segundo, en el modelo planteado la relación de las variables con los resultados no sigue una relación lineal, ni tampoco de un orden superior, sino que en muchas ocasiones poseerá una relación basada en distribuciones sigmoidales, por lo que el proceso de proyección de soluciones de la herramienta se va a ver afectado en este sentido. Tercero, el escalado de las variables puede suponer un problema en algún caso, dado que Solver requiere unidades con las que pueda trabajar con valores observables. En este último caso se deben reformular las variables para que puedan obtenerse resultados significativos.

10.1.1 Metodologías de optimización propuestas.

En un momento inicial se plantea el uso de un proceso de optimización basado en la observación de repeticiones de Montecarlo si Solver no fuera capaz de manejar las peculiaridades del modelo que se ha planteado. Las ventajas son evidentes: se pueden obtener mallas de soluciones multidimensionales que nos permitan identificar máximos y mínimos locales o explorar regiones concretas de dichas soluciones. A cambio, la necesidad de potencia de cálculo se incrementará enormemente, así como la necesidad de almacenaje y análisis de las soluciones obtenidas.

Solver propone tres metodologías diferentes para afrontar una optimización. A continuación se analiza cada una de ellas y se plantea las ventajas e inconvenientes que puede tener su uso en el modelo:

- ***Simplex linnear programming solving method***: este método permite una resolución rápida de problemas cuyas variables se relacionan de modo lineal entre sí, y responde a un problema de maximización o minimización clásico, en la que se tienen una función objetivo y una serie de restricciones lineales. Al trabajar con funciones lineales, convexas por definición, también se trata de un programa convexo y los óptimos obtenidos serán siempre globales.
- ***Generalized reduced gradient method***[30]: desarrollado como un algoritmo para resolver de manera general problemas de optimización no lineal, requerirá un parámetro de proximidad para identificar si se ha acercado lo suficiente a una solución local. Si dicho parámetro es lo suficientemente pequeño, el algoritmo puede verse obligado a realizar un mayor número de cálculos si se encuentra cerca de la solución, por lo que la eficiencia marginal obtenida en el proceso decaería progresivamente. Es necesario, por tanto, establecer un límite de iteraciones razonable y coherente con la potencia de cálculo con la que se cuenta.
- Evolutionary: si en el modelo la relación de las variables entre sí no es suave y se encuentran saltos, tal y como sucedería si se usan funciones de búsqueda o si se establecen variables cualitativas que introducen saltos en

[30] Lasdon, Fox y Ratner (1974).

el modelo, se pierde la derivabilidad de nuestras variables. En este caso, este algoritmo nos va a ayudar a encontrar una solución que, si bien puede no ser la óptima, tal vez mejore localmente la situación de partida propuesta. Dado que este método no cuenta con herramientas basadas en derivadas o gradientes, y además no nos encontramos en un entorno convexo, no se puede asegurar que la solución alcanzada sea un óptimo global. Del mismo modo, el algoritmo no posee la información suficiente como para parar una vez ha identificado ese hipotético máximo, ni tampoco para saber cuándo debe dejar de buscarlo. Únicamente puede comparar el máximo alcanzado con otros anteriormente localizados y escoger el que maximiza el parámetro requerido. Son necesarias, como se indica, determinadas reglas heurísticas para indicar al algoritmo que su búsqueda ha finalizado y que es efectivamente eficiente.

Una vez propuestos los tres métodos que ofrece Solver, debe escogerse aquel que mejor se adapta al modelo. En este caso, dado que las variables poseen una relación no lineal entre sí, se debe descartar el método Simplex, descrito en el primero de los puntos. Su uso implicaría el descubrimiento de soluciones no óptimas en la mejor de las situaciones. Por otra parte, se puede afirmar que las variables del modelo son derivables y que no presentan puntos de discontinuidad en ninguno de sus puntos. Consecuencia de esto es la decisión de usar funciones asimismo derivables y continuas, así como distribuciones normales para describir el rendimiento de los activos y los pasivos. Por tanto, puede descartarse el método evolutivo. De este modo, para resolver el problema de optimización se utilizará el algoritmo de gradiente reducido –en adelante modelo

GRG- que puede ayudar a identificar, como mínimo, máximos locales en un tiempo de computación razonable.

10.1.2 Planteamiento del problema.

A continuación se describe el planteamiento del problema que se trata de implementar a través de Solver, incluyendo variables de activos y pasivos y el tipo de resultado que se desea optimizar.

Para los pasivos, las variables y restricciones que Solver debe manejar son las siguientes:

1. Peso del ramo 1. Debe encontrarse entre 0 y 1.
2. Peso del ramo 2. Debe encontrarse entre 0 y 1.
3. Peso del ramo 3. Debe encontrarse entre 0 y 1.
4. Peso agregado de los ramos. Debe encontrarse entre 0 y 1.

Para los activos, las variables y restricciones con las que Solver debe trabajar son las siguientes:

5. Peso del activo 1. Debe encontrarse entre 0 y 1.
6. Peso del activo 2. Debe encontrarse entre 0 y 1.
7. Peso del activo 3. Debe encontrarse entre 0 y 1.
8. Peso agregado de los activos. Debe encontrarse entre 0 y 1.

El factor a maximizar será la rentabilidad por unidad de capital, tal y como se ha descrito en capítulos anteriores, escogido por su capacidad para representar la eficiencia del uso del capital requerido por el regulador.

Por último, los factores exógenos que van a condicionar la salida de datos del modelo, y que por tanto Solver no va a tomar en consideración son los siguientes:

1. El volumen de primas agregadas. En gran medida condiciona el tamaño de la compañía y debe ser coherente con el volumen de gastos fijos soportados. Se establecerá al inicio y permanecerá inalterado.
2. El porcentaje de costes operativos. Dependiente del volumen de primas agregadas antes descrito, se establece como un porcentaje de cada una de las primas que la compañía ha vendido. No se establecen parámetros de eficiencia no lineales, de modo que el coste variable marginal de las pólizas es constante e invariable.
3. Los costes fijos. Al igual que el volumen de primas agregadas, resulta ser un número fijado al inicio y que no puede variar con la actividad de la compañía. Sin embargo, es independiente del tamaño de la misma.
4. Las reservas iniciales de cada uno de los ramos de negocio. Como se ha descrito con anterioridad, hace referencia a la cantidad de reservas que se debe mantener para hacer frente a posibles siniestros futuros. Estas reservas van a venir condicionadas por el tipo de ramo e idealmente es invariable en el tiempo.
5. Las desviaciones estándar de cada uno de los ramos de negocio. Muy similar en su naturaleza a las reservas iniciales, dado que representan el grado de variabilidad en la realización de siniestros. Introduce un factor estocástico en la distribución de los flujos de caja de la compañía, aunque su formulación va a permitir trabajar con dicho dato de manera formal, así como optimizar sus resultados.

6. Volatilidad de los activos. Dicha volatilidad pretende representar la diversa naturaleza de los distintos activos que forman parte de nuestro universo de inversión. Del mismo modo que sucedía con la volatilidad de los ramos de negocio, ésta introduce un factor estocástico en la distribución de rendimientos de los activos y de la propia compañía. Idealmente es invariable en el largo plazo, y como se ha comentado con anterioridad, se asume homocedasticidad en su construcción, lo que va a permitir realizar predicciones no condicionales al precio del activo, simplificando el proceso de optimización.
7. Retorno esperado. Representa el retorno esperado por el mercado en un entorno de normalidad y a largo plazo. Para una mayor comprensión de su estructura y composición se recomienda acudir al capítulo 7.1, en el que se ha descrito su naturaleza.
8. Retorno libre de riesgo. Similar al retorno esperado por el mercado, el retorno libre de riesgo representa la rentabilidad que sería posible alcanzar sin asumir un riesgo no sistémico en la cartera, esto es, después de diversificar todos y cada uno de los riesgos de la cartera.
9. Matriz cruzada de correlaciones. Dicha matriz representa la relación que existe entre todos los componentes del balance de la compañía, ya descrita con anterioridad, y permanecerá invariable en el proceso de optimización.

El capital disponible, por otra parte, representa una de las variables de salida clave del modelo, aunque no se incluya en el proceso de optimización. En este caso, se partirá de un capital disponible prefijado y que permitirá alcanzar inicialmente un determinado

nivel de capital mínimo con respecto al tamaño de la compañía. Se propone un segundo paso en el proceso de optimización que consistirá en recalcular mediante un proceso de iteración la cuantía de capital mínimo necesario para mantener la compañía en funcionamiento. El proceso se realizará de forma iterativa dado que cualquier modificación que se introduzca en el balance de la compañía va a tener como consecuencia una ligera distorsión en el resultado del mismo, que a su vez puede eliminarse mediante una nueva optimización. Este proceso recursivo debería concluir cuando el modelo se acerque asintóticamente a una solución muy cercana al óptimo deseable.

Dado que el proceso de optimización podría encontrar dinámicas que propiciaran la entrada en bucles de soluciones cada vez más similares entre sí, se propone limitar el número de iteraciones a 100, así como un valor de convergencia entre las soluciones de 0.0001. Esto es, el proceso de iteración finalizará cuando se hayan producido 100 iteraciones o cuando la celda objetivo no mejore su resultado en 0.0001 unidades. De este modo se limita el tiempo de optimización, buscando un punto lo suficientemente eficiente en la búsqueda de una solución.

10.1.3 Valores de optimización iniciales.

Los valores de optimización de partida se describen a continuación.

Aquellos valores referentes a los pasivos se recogen en la tabla 10.1, y los referentes a los activos aparecen recogidos en la tabla 10.2. Por su parte, las tablas 10.3 y 10.4 recogen, respectivamente, los valores referentes al mercado de capitales y a las características de la compañía.:

Rama 1	33,33%
Reservas iniciales	60,00%
Stdev 1	14,00%
Rama 2	33,33%
Reservas iniciales	50,00%
Stdev 2	15,00%
Rama 3	33,33%
Reservas iniciales	40,00%
Stdev 3	16,00%
Total ramas	100,00%

Tabla 10.1 Pesos iniciales de los pasivos antes de la optimización.

Asset volatility	
Activo 1	3,00%
Activo 2	7,00%
Activo 3	11,00%
Activo 4	16,00%
Mercado	9,00%

Expected returns	
Activo 1	1,73%
Activo 2	2,44%
Activo 3	3,70%
Activo 4	4,97%
Mercado	3,50%

Asset betas	
Activo 1	29,16%
Activo 2	57,73%
Activo 3	107,86%
Activo 4	158,99%
Mercado	100,00%

	Peso en cartera
Activo 1	25,00%
Activo 2	25,00%
Activo 3	25,00%
Activo 4	25,00%
Mercado	0,00%
	100,00%

Tabla 10.2 Valores iniciales de los parámetros de los activos antes de la optimización.

Expected return	3,50%
Risk free rate	1,00%
Risk premium	2,50%
Market volatility	9,00%
Market variance	0,81%
Market sharpe ratio	0,28

Tabla 10.3 Principales valores referentes al mercado de capitales antes de la optimización.

Capital disponible (%)	18,00%
Capital disponible (€)	18.000.000,00

Tabla 10.4 Capital disponible necesario antes de la optimización.

Inicialmente se establece un capital del 18%, dado que inicialmente es la cuantía que permite cubrir pérdidas en el 99.90% de los casos observados. Se establece este porcentaje como el ratio de supervivencia objetivo de la compañía.

Primas agregadas (€)	100.000.000,00
Expected claims	50,00%
Expected claims vol	15,00%
Claims vol (tras divers.)	11,43%
Expected claims (€)	50.000.000,00
Costes operativos	40,00%
Costes operativos (€)	40.000.000,00
Costes fijos	20.000.000,00

Tabla 10.5 Estructura de pasivos y costes de la compañía antes de la optimización.

Del mismo modo, el balance inicial de la compañía será el siguiente:

Balance inicial	
Primas consumidas (informativo)	
Primas consumidas 1	0,00
Primas consumidas 2	0,00
Primas consumidas 3	0,00
Pasivos	120.000.000,00
Primas no consumidas 1	33.333.333,33
Primas no consumidas 2	33.333.333,33
Primas no consumidas 3	33.333.333,33
Hacienda	0,00
Capital	20.000.000,00
Activos	120.000.000,00
Activos financieros	120.000.000,00
P&L	
Primas no consumidas	0,00
E(R) activos	0,00
Gastos devengados	0,00
Impuestos	
P&L (+ ganancia)	0,00

Tabla 10.6 Balance inicial de la compañía antes de la optimización.

La matriz de correlaciones inicial será la siguiente:

CORR	Activo 1	Activo 2	Activo 3	Activo 4	Mercado	Rama 1	Rama 2	Rama 3
Activo 1	1,0000	0,9116	0,5755	0,7271	0,7991	0,9504	0,3748	0,8585
Activo 2	0,9116	1,0000	0,7650	0,8961	0,8384	0,8595	0,5478	0,7117
Activo 3	0,5755	0,7650	1,0000	0,8655	0,5202	0,6033	0,2405	0,4377
Activo 4	0,7271	0,8961	0,8655	1,0000	0,6543	0,7229	0,4715	0,5377
Activo 5	0,7991	0,8384	0,5202	0,6543	1,0000	0,7042	0,7116	0,7401
Rama 1	0,9504	0,8595	0,6033	0,7229	0,7042	1,0000	0,3308	0,8884
Rama 2	0,3748	0,5478	0,2405	0,4715	0,7116	0,3308	1,0000	0,4042
Rama 3	0,8585	0,7117	0,4377	0,5377	0,7401	0,8884	0,4042	1,0000

Tabla 10.7 Matriz de correlaciones antes de la optimización.

10.2 OPTIMIZACIÓN DE LOS ACTIVOS DE LA COMPAÑÍA.

Como se ha indicado en el punto anterior, el proceso de optimización de los activos requerirá plantear como variables los pesos de los activos que conforman la cartera de la compañía mientras se dejan el resto de variables tal y como están, en su punto central.

Adicionalmente, se utilizará el método de optimización por algoritmos no lineal GRG descrito con anterioridad, que va a permitir, mediante un proceso iterativo controlado, descubrir máximos locales.

Por otra parte, y pese a que el capital inicial disponible se plantea como fijo, debe tenerse en cuenta qué capital requerido final será necesario una vez se concluya el proceso de optimización de los activos. El ejercicio de optimización se centra en la rentabilidad que la compañía aseguradora es capaz de extraer por cada unidad de capital empleada, por lo que si se escoge una configuración de activos tal que fuera necesaria una cantidad menor de capital, se debe incluir ésta de algún modo. De esta manera, los ratios de rentabilidad por unidad de capital en cada uno de los escenarios se vuelven comparables.

10.2.1 Planteamiento formal de la optimización.

A continuación se define matemáticamente el problema de la optimización en el caso de los activos:

$$\text{Max } Z = \frac{C - E(C) - CT + E(R_A)}{C_e} \qquad (29)$$

sujeto a:

$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$

$\sum_{i=n+1}^{m} w_i = 1$

$w_i \in [0,1]$

$i \in [1, n]$

Donde:

C_e	representa el capital económico de la compañía.
$E(C) = \sum_{i=n+1}^{m} w_i \cdot E(C_i)$	representa los siniestros pagados a los clientes al final del ejercicio en cada una de las ramas de negocio.
CT	representa los costes totales (fijos y variables) de la compañía
$E(R_A) = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot E(R_{A_i})$	representa los beneficios obtenidos con los activos en los que se invirtió al inicio del ejercicio.

10.2.2 Resultados de la optimización.

Como se comprobará a continuación, la solución propuesta por Solver, dadas las características de la cartera propuesta, se asemeja a una solución de esquina. Los pesos propuestos son los siguientes:

Asset weights	
Activo 1	98,45%
Activo 2	0,00%
Activo 3	1,55%
Activo 4	0,00%
Total	100,00%

Tabla 10.8 Pesos de los activos propuestos tras la optimización.

El activo preferido es el número 1, que posee el mayor ratio de rentabilidad por unidad de volatilidad, también entendido como coeficiente de variación:

	E(R)	Volatilidades	CV	Sharpe
Activo 1	1,73%	3,00%	57,64%	24,30%
Activo 2	2,44%	7,00%	34,90%	20,62%
Activo 3	3,70%	11,00%	33,60%	24,51%
Activo 4	4,97%	16,00%	31,09%	24,84%
Mercado	3,50%	9,00%	38,89%	27,78%

Tabla 10.9 Principales características de los activos.

Esta disposición de cartera libera una cantidad considerable de recursos, dado que en el percentil 99.90% únicamente se requerirá un 7,06% de capital necesario.

Capital disponible (%)	**7,06%**
Capital disponible (€)	7.060.000,00

Tabla 10.10 Capital necesario tras la optimización de activos.

En cuanto a los activos, el perfil final de la cartera sería el siguiente:

Total activos (€)	107.060.000,00
E(R) de los activos	1,76%
E(R) de los activos (€)	1.883.789,13
Volat de los activos	3,09%
Volat de los activos (€)	3.303.347,30

Tabla 10.11 Rentabilidad y volatilidad esperadas de la cartera de activos tras la optimización de activos.

La situación de pasivos permanece inalterada, dado que no se ha realizado cambio alguno en su situación:

Primas agregadas (€)	100.000.000,00
Expected claims	50,00%
Expected claims vol	15,00%
Claims vol (tras divers.)	11,43%
Expected claims (€)	50.000.000,00
Costes operativos	40,00%
Costes operativos (€)	40.000.000,00
Costes fijos	20.000.000,00

Tabla 10.12 Estructura de siniestros y costes tras la optimización de activos.

El beneficio esperado por parte de la compañía, como puede comprobarse, proviene en su mayor parte del resultado obtenido por la gestión de las primas:

Beneficio esperado	11,88%
Beneficio esperado (€)	11.883.789,13
Tax rate	21,00%
ROE	132,98%

Tabla 10.13 Métricas de rentabilidad tras la optimización de activos.

El balance, por otra parte, permanece inalterado:

Balance inicial	
Primas consumidas (informativo)	
Primas consumidas 1	0,00
Primas consumidas 2	0,00
Primas consumidas 3	0,00
Pasivos	107.060.000,00
Primas no consumidas 1	33.333.333,33
Primas no consumidas 2	33.333.333,33
Primas no consumidas 3	33.333.333,33
Hacienda	0,00
Capital	7.060.000,00
Activos	107.060.000,00
Activos financieros	107.060.000,00
P&L	
Primas no consumidas	0,00
E(R) activos	0,00
Gastos devengados	0,00
Impuestos	
P&L (+ ganancia)	0,00

Tabla 10.14 Balance inicial de la compañía.

Se observa, por otro lado, que la posición de capital se ha reducido, como se ha indicado con anterioridad, considerablemente:

Posición actual de capital	7.060.000,00
Posición actual de capital	7,06%
Nº de casos	10.000,00
Capital shortfall	9,00
P-value	99,91%
CVaR	-1.014.632,70

Tabla 10.15 Principales métricas de riesgo de la compañía tras la optimización de activos.

Finalmente, puede comprobarse como el retorno por unidad de capital ha mejorado ostensiblemente, situándose el ratio de eficiencia por encima de 1:

Beneficio esperado (€)	11.883.789,13
Capital inicial	7.060.000,00
Capital necesario	7.056.000,29
Retorno/capital	1,6842

Tabla 10.16 Principales métricas de capital tras la optimización de activos.

La solución de esquina nos indica que el perfil de los activos que deben componer la cartera de la aseguradora, dados los pesos iniciales que se indican, debe ser eminentemente conservador, protegiendo la rentabilidad de la cartera que, en este caso proviene en su mayor parte de los pasivos. En el caso en que la compañía se viera obligada a retener en sus recursos propios una cantidad determinada de capital se podría proponer una nueva restricción que, en última medida, obligue a la optimización a diversificar su posición entre los distintos activos. Sin embargo, en tanto que la cuantía de los activos a través del capital se incremente artificialmente en detrimento de los pasivos puede encontrarse un problema de optimización de Markowitz clásico, perdiendo su valor de análisis en un entorno de gestión de balance.

La matriz de correlaciones utilizada para el ejercicio también condiciona en gran medida los resultados obtenidos, dado que las características de los activos pueden resultar muy similares entre sí, por lo que los potenciales beneficios de la diversificación pueden verse reducidos.

10.2.3 Propuesta de implantación estratégica.

Si éste fuera el resultado final de la optimización y se considerara como estratégico para la compañía, pueden plantearse dos escenarios alternativos. El primero, rotar lentamente los activos de la cartera desde su posición inicial hacia la configuración óptima que ha sido establecida. De este modo, cualquier flujo de cartera, tanto esperado (cupones, dividendos o vencimientos en el caso de activos de renta fija) como no esperado (recompras de activos por parte de los emisores o el ejercicio de opciones embebidas en los activos) debería ser utilizado para la compra de aquellos activos que optimizan la estructura de la cartera. Con cada una de estas acciones se liberaría una cantidad de capital suficiente como para compensar la pérdida de rentabilidad obtenida al invertir en un activo poco volátil. El segundo escenario contempla deshacer todas las posiciones de cartera de forma inmediata y reconstruir la misma en las proporciones propuestas. Esta opción tendría muchas implicaciones operativas que deberían ser consideradas en su conjunto antes de proceder con la misma, tales como la realización de pérdidas y ganancias tras las ventas de los activos a mercado, en donde las rentabilidades explícitas o implícitas de los activos pueden no coincidir con aquellas de su valor de compra o que estén reflejadas en el balance. Por otra parte, la necesaria intervención de una contrapartida, ya sea un bróker o una entidad de similares dimensiones interesada en asumir la compra de los mismos implica que será necesario penalizar el precio para hacer atractiva su compra, con la correspondiente minusvalía que sufrirá la cuenta de resultados de la compañía. En último lugar, no debe menospreciarse la complejidad operativa que puede resultar de deshacer la totalidad de la cartera de una entidad de estas características, teniendo en cuenta que no es

inasumible que hayan podido emplearse herramientas de cobertura de tipos de interés o de divisa para asegurar un tipo de interés determinado a los compradores de las pólizas.

10.3 OPTIMIZACIÓN DE LOS PASIVOS DE LA COMPAÑÍA.

La optimización de los pasivos dentro del balance de la compañía compartirá muchas de las características que se observan en el ejemplo anterior, incluyendo similitudes metodológicas, aunque la naturaleza de los cambios propuestos así como sus efectos en la naturaleza de la compañía aseguradora podrían variar notablemente.

Del mismo modo que se propuso en la optimización de los activos, la optimización de pasivos se realizará de manera aislada del resto de los factores del modelo, esto es: se mantendrán los pesos de los activos previos a la optimización de los mismos, fijados en lo que se considera la situación de partida de la compañía. Tampoco variarán aquellos factores que se han considerado exógenos en la elaboración del modelo, tales como la matriz de correlaciones entre los diversos apartados del balance de la compañía o las rentabilidades y volatilidades de los activos en cartera.

Por otra parte, cabe destacar que los costes variables y fijos asociados al funcionamiento normal de la aseguradora tampoco se verán afectados con el cambio de perfil que la optimización del balance de la compañía va a sufrir. Con esta aproximación se está asumiendo implícitamente que la estructura de costes de los tres ramos de la compañía comparte una estructura general común y que no existen diferencias significativas en los procesos de contratación, administración y mantenimiento de una cartera tal. En el proceso de simplificación necesaria que requiere la modelización de un

ejercicio de optimización tal vez se ignoren efectos como el que se acaba de describir, cuando potencialmente puede ser un factor decisivo a la hora de configurar la cartera de pasivos de una compañía. En el futuro se plantea la utilización de diferentes hipótesis de estructuras de costes según ramos, así como el estudio de su impacto en su implementación, en contraposición a los costes de capital explícitos que se asumen con cada una de ellas. Un modelo como el que se plantea así requeriría una descripción de los pasivos basado en tres elementos pivotales: las reservas iniciales, la desviación estándar que se debería esperar en sus flujos de caja y la estructura de costes asociada a cada uno de los ramos de seguro.

10.3.1 Planteamiento formal de la optimización.

A continuación se define matemáticamente el problema de la optimización en el caso de los pasivos:

$$\text{Max } Z = \frac{C - E(C) - CT + E(R_A)}{C_e} \qquad (30)$$

sujeto a:

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$$

$$\sum_{i=n+1}^{m} w_i = 1$$

$$w_i \in [0,1]$$

$$i \in [n+1, m]$$

Donde:

C_e	representa el capital económico de la compañía.
$E(C) = \sum_{i=n+1}^{m} w_i \cdot E(C_i)$	representa los siniestros pagados a los clientes al final del ejercicio en cada una de las ramas de negocio.
CT	representa los costes totales (fijos y variables) de la compañía
$E(R_A) = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot E(R_{A_i})$	representa los beneficios obtenidos con los activos en los que se invirtió al inicio del ejercicio.

10.3.2 Resultados de la optimización.

Tras la iteración, el algoritmo de gradiente reducido propone un escenario tal y como el que se adjunta a continuación:

Peso de los pasivos	
Rama 1	0,00%
Rama 2	41,43%
Rama 3	58,57%

Tabla 10.17 Pesos de los pasivos tras la optimización de pasivos.

En el que se prescinde por completo de una participación en el ramo asegurador número 1, mientras que los esfuerzos deberían centrarse en los ramos número 2 y 3. El modelo está descartando el ramo que mayores reservas iniciales requiere, pero también el que menor volatilidad aporta a los flujos de caja de la compañía antes de diversificar, como se puede comprobar a continuación:

Rama 1	0,00%
Reservas iniciales	60,00%
Stdev 1	14,00%
Rama 2	41,43%
Reservas iniciales	50,00%
Stdev 2	15,00%
Rama 3	58,57%
Reservas iniciales	40,00%
Stdev 3	16,00%
Total ramas	100,00%

Tabla 10.18 Estructura de pasivos propuesta tras la optimización de pasivos.

Por tanto, la menor volatilidad del ramo 1 no es lo suficientemente pronunciada como para compensar el hecho de requerir una mayor cantidad de recursos utilizables en el pago de siniestros de los pasivos.

Por otra parte, el capital disponible necesario para mantener un porcentaje de supervivencia superior al 99.90% también se reduce con respecto al escenario inicial, resultado del siguiente modo:

Capital disponible (%)	**13,50%**
Capital disponible (€)	13.500.000,00

Tabla 10.19 Capital disponible propuesto tras la optimización de pasivos.

Como se puede comprobar en la tabla 10.20, tanto los beneficios como el capital necesario se mueven en la dirección que incrementa el ratio de retorno sobre capital:

Beneficio esperado (€)	19.501.394,58
Capital inicial	13.500.000,00
Capital necesario	13.586.332,32
Retorno/capital	1,4354

Tabla 10.20 Principales métricas de capital de la compañía tras la optimización de pasivos.

En este caso, se encuentra también que el proceso de optimización es capaz de situar el ratio de ingreso sobre capital por encima de 1, lo cual es deseable para obtener tasas de rentabilidad agregadas lo suficientemente elevadas como para atraer capital inversor.

Como se puede comprobar, la estructura de costes de la compañía no varía, aunque sí lo hace la recaudación de primas esperadas tras el pago de siniestros, consecuencia del cambio de perfil de los ramos de la compañía:

Primas agregadas (€)	100.000.000,00
Expected claims	44,14%
Expected claims vol	15,59%
Claims vol (tras divers.)	12,14%
Expected claims (€)	44.142.921,83
Costes operativos	40,00%
Costes operativos (€)	40.000.000,00
Costes fijos	20.000.000,00

Tabla 10.21 Estructura de costes de la compañía tras la optimización de pasivos.

Los activos, por otra parte, permanecen inalterados, al no haber variado ni la composición de la cartera ni sus características fundamentales:

Total activos (€)	113.500.000,00
E(R) de los activos	3,21%
E(R) de los activos (€)	3.644.316,40
Volat de los activos	8,40%
Volat de los activos (€)	9.538.879,05

Tabla 10.22 Rentabilidad y volatilidad de los activos tras la optimización de pasivos.

Sin embargo, de existir un ejercicio posterior al realizado inicialmente, planteado como una segunda etapa, la compañía deberá tomar la decisión de repartir dividendos o, por el contrario, incrementar su posición de capital para afrontar el siguiente período.

De encontrarse en el segundo caso, el ejercicio de optimización variaría significativamente, tal y como se indicó en el caso de los activos, dado que, en este caso la proporción de beneficios provenientes de la cartera sería superior a aquel proveniente de la recolección de primas, por lo que se plantearía un problema de optimización similar al planteado por Markowitz de forma clásica. En este caso, los pesos de los pasivos serían menos relevantes para alcanzar una estructura óptima de la compañía y, por tanto, permitiría un cierto espacio a la diversificación por ramos de negocio, sacrificando una posible mejor situación basada en términos de capital, pero tal vez logrando una mayor adaptabilidad en el caso en que se produjeran cambios regulatorios o de paradigma de correlaciones entre los componentes del balance. Por otra parte, un escenario en el cual la compañía es capaz de acumular una posición de capital más elevada constituiría un argumento a favor de incrementar la calificación de solvencia obtenida por las agencias de crédito, por lo que es de esperar un cierto ahorro de costes en áreas como el coste de obtención de capital en los mercados mayoristas.

Adicionalmente, el balance inicial de la compañía adquirirá la siguiente forma:

Balance inicial	
Primas consumidas (informativo)	
Primas consumidas 1	0,00
Primas consumidas 2	0,00
Primas consumidas 3	0,00
Pasivos	113.500.000,00
Primas no consumidas 1	0,00
Primas no consumidas 2	41.429.218,25
Primas no consumidas 3	58.570.781,75
Hacienda	0,00
Capital	13.500.000,00
Activos	113.500.000,00
Activos financieros	113.500.000,00
P&L	
Primas no consumidas	0,00
E(R) activos	0,00
Gastos devengados	0,00
Impuestos	
P&L (+ ganancia)	0,00

Tabla 10.23 Balance inicial de la compañía tras la optimización de pasivos.

Mientras que el balance al final del ejercicio presentaría el siguiente aspecto:

Balance final presupuestado	
Primas consumidas (informativo)	
Primas consumidas 1	0,00
Primas consumidas 2	20.714.609,13
Primas consumidas 3	23.428.312,70
Pasivos	73.452.371,04
Primas no consumidas 1	0,00
Primas no consumidas 2	20.714.609,13
Primas no consumidas 3	35.142.469,05
Hacienda	4.095.292,86
Capital	13.500.000,00
Activos	73.452.371,04
Activos financieros	73.452.371,04
P&L	
Primas no consumidas	55.857.078,17
E(R) activos	3.644.316,40
Gastos devengados	-40.000.000,00
Impuestos	-4.095.292,86
P&L (+ ganancia)	15.406.101,72
% Beneficio s/total Primas	*6,12%*
% Beneficio s/total Assets	*93,88%*

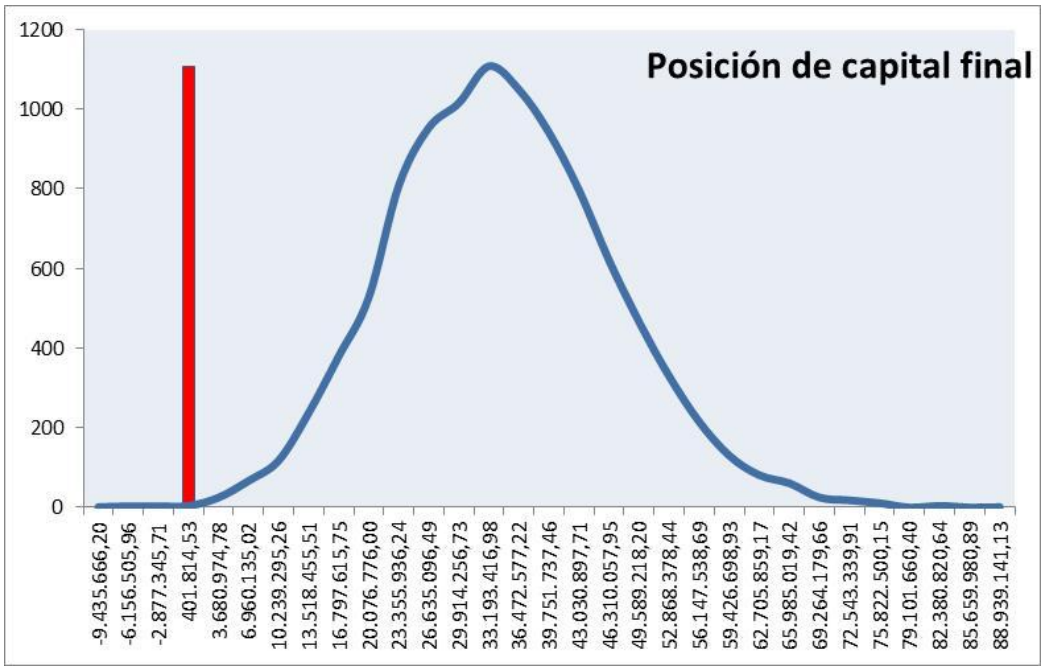
Tabla 10.24 Balance final de la compañía tras la optimización de pasivos.

En lo que a los riesgos asumidos por la compañía se refiere, tras ajustar la posición de liquidez a la baja, como consecuencia del nuevo marco optimizado, su configuración es la siguiente:

Posición actual de capital	13.500.000,00
Posición actual de capital	13,50%
Nº de casos	10.000,00
Capital shortfall	11,00
P-value	99,89%
CVaR	-4.261.968,56

Tabla 10.25 Principales parámetros de riesgo de la compañía tras la optimización de pasivos.

La distribución de escenarios de capital, una vez realizadas 10.000 simulaciones mediante un proceso de Montecarlo es el siguiente:



Gráfica 10.1 Distribución de escenarios de capital de la compañía tras la optimización de pasivos.

10.3.3 Propuesta de implementación estratégica.

Del mismo modo que sucedía con el proceso de optimización de los activos, el descubrimiento de una configuración óptima en términos de Pareto en comparación a la que se posee inicialmente requerirá una estrategia de reestructuración que tenga como consecuencia el alcanzar un perfil de balance similar al optimizado en la medida de lo posible. Por un lado, pueden plantearse estrategias de reestructuración más agresivas, como la venta de una parte de la cartera de pasivos a un tercero interesado, a un precio considerado de mercado, a la par que se adquieren aquellos pasivos en los que la compañía es deficitaria de un tercero dispuesto a deshacer su posición en ese segmento. La complejidad de una operación tal no debe pasarse por alto, y si bien es cierto que las ventajas de un movimiento corporativo como el descrito son evidentes, tales como el rápido posicionamiento en los ramos deseados o el ahorro en términos de capital que conllevaría, también es necesario considerar otros factores como el enfrentarse a un mercado que puede exigir una prima de liquidez por la adquisición o venta de pasivos, entre otros factores. Por otra parte, la existencia de un marco regulatorio común que tenga como eje central la posición de capital de la compañía hace que sea razonable pensar que los incentivos que mueven a las compañías a poseer una u otra configuración sean muy similares entre sí, incrementando potencialmente el coste de esa prima de liquidez antes mencionada, dado que la contrapartida que intercambia su posición con la aseguradora exigiría una compensación realista por los beneficios que perdería al alejarse de una configuración óptima común.

En contraposición a la estrategia de compraventa agresiva de aquellos segmentos del pasivo que se encuentran alineados con la estrategia de optimización de la

compañía, este trabajo plantea un movimiento de selección negativa de partícipes para aquellos ramos en los que la compañía no desea crecer, y positivo en el caso contrario. Las implicaciones de una política tal como la descrita comprenderían el desincentivo marginal de aquellos ramos en los que la compañía no desea participar estratégicamente e incentivar aquellos en los que se dé el caso contrario, esto es, que ofrecen un beneficio en términos de estructura de balance.

Se plantea dicha aplicación tomando como referencia la posición inicial de la compañía y aquella propuesta mediante el proceso de optimización. La posición inicial sería la siguiente:

Peso de los pasivos	
Rama 1	33,33%
Rama 2	33,33%
Rama 3	33,33%
Total	100,00%

Tabla 10.26 Pesos iniciales de los pasivos antes de la optimización.

Y de un capital disponible del 18.50%:

Capital disponible (%)	**18,50%**
Capital disponible (€)	18.500.000,00

Tabla 10.27 Capital disponible antes de la optimización.

Esta configuración ofrece los siguientes resultados de retorno sobre capital y otras medidas de rentabilidad y riesgo:

Beneficio esperado (€)	13.804.853,66
Capital inicial	18.500.000,00
Capital necesario	18.465.486,13
Retorno/capital	0,7476

Tabla 10.28 Principales métricas de capital antes de la optimización.

Así, un incremento de un 1% en el ramo de negocio número 1, en detrimento de una cantidad equivalente y equitativa en los otros dos ramos, resultaría en una configuración como la que se muestra a continuación:

Peso de los pasivos	
Rama 1	34,33%
Rama 2	32,83%
Rama 3	32,83%
Total	100,00%

Tabla 10.29 Pesos de los pasivos tras un incremento de un 1% en la rama 1.

Este cambio produciría los siguientes efectos:

Beneficio esperado (€)	-150.000,00
Capital inicial	0,00
Capital necesario	82.433,32
Retorno/capital	-0,0114

Tabla 10.30 Impacto en los ratios de capital tras un incremento en la rama 1 de un 1%.

Se observa que, incrementando el peso del ramo de negocio 1 se está reduciendo en 150.000 euros el beneficio esperado, a la vez que el capital necesario para mantener la estructura de la compañía se reduciría en 82.433,32 euros. En total, el ratio de retorno

sobre capital se reduce hasta 0.7362, o 0.0114 unidades, empeorando con respecto a su nivel inicial. Este cambio es consecuente con las características de los pasivos que se plantearon inicialmente. La reducción del beneficio esperado tiene como origen el incrementar un ramo de negocio cuyas reservas iniciales son las más elevadas de todo el abanico de opciones.

El hecho de que, por otra parte, la volatilidad de sus flujos de caja sea sensiblemente inferior a la del resto no es, sin embargo, suficiente como para que las necesidades de capital se reduzcan, ya que entran en juego otros factores como los coeficientes de correlación que éste ramo de negocio posee con el resto del balance.

Tomando ambos factores en términos absolutos se puede concluir que el crecimiento de la compañía en esta rama de negocio, manteniendo el resto de factores inalterados, no supone un beneficio en la estrategia de la compañía a largo plazo, por lo que es deseable desincentivar su compra por parte de los clientes. Cabe preguntarse en este momento cuál es el precio teórico que debe tener una póliza para que el incremento marginal de ese ramo de negocio en concreto compense la pérdida que sufre la compañía al adoptar una estructura de balance menos eficiente.

En el modelo propuesto se han definido las reservas iniciales como el porcentaje esperado de siniestros que la compañía debería afrontar en un determinado ramo de negocio. Así, si se afirma que las reservas iniciales del ramo 1 corresponden a un 60%, se puede concluir que al final del ejercicio, la compañía retendrá un 40% del nominal de las pólizas vendidas de ese ramo, mientras que con una probabilidad elevada haya pagado un 60% del importe de las pólizas en siniestros. En el caso del ramo 1, y dado que un incremento de su peso en los pasivos de la compañía tiene como consecuencia

un empeoramiento de la estructura de balance de la compañía, definida como el ratio de beneficios por unidad de capital empleado, es de esperar que sea necesario incrementar el precio de la póliza para que el porcentaje de reservas iniciales sea inferior.

El objetivo de partida será, por tanto, encontrar un precio de la póliza tal que la venta de un contrato adicional en detrimento de los otros dos ramos no implique una pérdida de eficiencia en la estructura de la compañía.

Dado que el modelo se ha planteado con una estructura basada en la simulación, es necesario aplicar un proceso iterativo para encontrar la solución al problema planteado. En esta ocasión se trata de un problema en el que las variables poseen una relación lineal entre sí, por lo que no será necesaria una gran capacidad de potencia de cálculo ni excesivo tiempo computacional para su hallazgo. En el caso que se ha planteado, de un incremento de un 1% en el peso relativo de los pasivos a favor del ramo 1 y en detrimento del resto, se encuentra que el porcentaje de las reservas iniciales sobre el precio de la póliza debe caer hasta un 59,62%, como puede observarse:

Rama 1	34,33%
Reservas iniciales	59,62%
Stdev 1	14,00%
Rama 2	32,83%
Reservas iniciales	50,00%
Stdev 2	15,00%
Rama 3	32,83%
Reservas iniciales	40,00%
Stdev 3	16,00%
Total ramas	100,00%

Tabla 10.31 Configuración de las ramas de pasivo tras un incremento en la rama 1 de un 1%.

Como se puede comprobar, el beneficio esperado, así como el capital necesario, permanece así de la forma más similar posible a su estado inicial, a la par que se está desincentivando la compra de este tipo de producto por parte de los clientes:

Beneficio esperado (€)	13.783.845,16
Capital inicial	18.500.000,00
Capital necesario	18.437.385,00
Retorno/capital	0,7476

Tabla 10.32 Principales ratios de capital tras un incremento en la rama 1 de un 1%.

Cabe destacar que, en mercados muy flexibles y elásticos para el comprador, es posible que esta herramienta de desincentivación pueda generar movimientos relativamente rápidos en la composición del balance de la compañía cuando se trata de ramos de negocio de los que la compañía necesita desprenderse, y podría no suceder lo mismo en aquellos casos en los que la compañía haya decidido crecer.

Así, si se establece un precio teórico inicial de 100 euros, tras introducir este incentivo negativo, se encuentra que el precio de comercialización es de 100.806, coherente con la siguiente formulación:

$$Reservas\ iniciales = \frac{Reservas\ \ de\ la\ póliza}{Precio\ \ teórico\ \ de\ la\ póliza} \qquad (28)$$

En el caso en el que se ha planteado:

$$59.52\% = \frac{60}{Precio\ teórico\ de\ la\ póliza}$$

$$Precio\ teórico\ de\ la\ póliza = 100.806$$

A continuación se plantea un ejemplo de cómo resultaría el proceso de incentivación de compra de pólizas de uno de los ramos de negocio en los que la compañía desea crecer, como es el caso del ramo 3.

Se reestablece la posición original de la compañía, a saber:

Peso de los pasivos	
Rama 1	33,33%
Rama 2	33,33%
Rama 3	33,33%
Total	100,00%

Tabla 10.33 Pesos iniciales de los pasivos.

En la que los resultados operativos y de cálculo de capital resultaron de la siguiente forma:

Beneficio esperado (€)	13.930.088,13
Capital inicial	18.500.000,00
Capital necesario	18.340.743,07
Retorno/capital	0,7595

Tabla 10.34 Principales métricas de capital tras un incremento en la rama 1 de un 1%.

Las reservas iniciales también son restablecidas a sus niveles originales:

Rama 1	33,33%
Reservas iniciales	60,00%
Stdev 1	14,00%
Rama 2	33,33%
Reservas iniciales	50,00%
Stdev 2	15,00%
Rama 3	33,33%
Reservas iniciales	40,00%
Stdev 3	16,00%
Total ramas	100,00%

Tabla 10.35 Pesos iniciales de las ramas de pasivos.

Como se concluyó en el proceso de optimización, la compañía se plantea como objetivo crecer en los ramos de negocio 2 y 3 hasta las siguientes proporciones:

Peso de los pasivos	
Rama 1	0,00%
Rama 2	41,43%
Rama 3	58,57%

Tabla 10.36 Pesos de las ramas de los pasivos como resultado de la optimización.

En este caso, se escoge crecer en el ramo número 3 para mostrar los efectos de dicho movimiento corporativo. Si se incrementa un 1.00% el peso en dicho ramo, se encontrará una configuración de pasivos tal y como la que se muestra a continuación:

Peso de los pasivos	
Rama 1	32,83%
Rama 2	32,83%
Rama 3	34,33%
Total	100,00%

Tabla 10.37 Pesos de los pasivos de la compañía tras un incremento de un 1% en la rama 3.

En este caso, se observa que el resultado de beneficios y cambio en el capital necesario posee la siguiente configuración:

Beneficio esperado (€)	13.954.853,66
Capital inicial	18.500.000,00
Capital necesario	18.374.124,34
Retorno/capital	0,7595

Tabla 10.38 Principales métricas de capital de la compañía tras un incremento de un 1% en la rama 3.

Ofreciendo los siguientes cambios:

Beneficio esperado (€)	150.000,00
Capital inicial	0,00
Capital necesario	-91.361,80
Retorno/capital	0,0119

Tabla 10.39 Cambios en las principales métricas de capital de la compañía tras un incremento de un 1% en la rama 3.

Así, se encuentra que con un cambio como el que se plantea, los beneficios de la compañía se incrementarían en 150.000 euros, siempre que la estructura de reservas iniciales fuera estimada de manera correcta inicialmente. Por otra parte, el capital necesario que se conseguiría con una estructura similar bajaría en 91.361,80 euros, siempre a consecuencia del impacto que posee su encaje en la matriz de correlaciones del balance de la compañía, así como su contribución después de parámetros de diversificación a la volatilidad de los flujos de la compañía. Como consecuencia de ello, el ratio de retorno sobre capital de la compañía se incrementa en 0.0119 unidades, mejorando marginalmente el posicionamiento de balance de la aseguradora.

Con el objetivo de incentivar esta estructura de balance, se plantea introducir en el precio de la póliza parte del beneficio obtenido con este cambio, en consonancia con el ejercicio realizado con anterioridad y referido al ramo 1. Mediante un proceso de cálculo iterativo similar al utilizado previamente, se concluye que el ratio de reservas iniciales sobre el precio de la póliza debería incrementarse hasta un 40.42%, como se muestra a continuación:

Rama 1	32,83%
Reservas iniciales	60,00%
Stdev 1	14,00%
Rama 2	32,83%
Reservas iniciales	50,00%
Stdev 2	15,00%
Rama 3	34,33%
Reservas iniciales	40,42%
Stdev 3	16,00%
Total ramas	100,00%

Tabla 10.40 Incremento en el ratio de reservas iniciales de la rama 3 suficiente para compensar un incremento del ratio de ingresos sobre capital.

Por tanto, el precio teórico de una póliza que inicialmente tuviera un coste de 100 euros, tras introducir este teórico incentivo se reduciría hasta los 98.96 euros.

Es importante destacar que estas políticas de incentivos póliza a póliza dejan a la compañía indiferente entre transformarse en la estructura planteada en el proceso de optimización y mantener el perfil actual. Esto es, la aseguradora estaría cediendo los beneficios potenciales obtenidos con el cambio de perfil de balance por completo al comprador de la póliza, lo que en última instancia puede no ser coherente con un ejercicio de búsqueda de creación de valor, por lo que requeriría un ajuste adicional.

10.4 OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE.

La optimización del balance de la compañía supone el primer paso en la voluntad de asemejar la estructura de la aseguradora a un punto óptimo en el que las cualidades de activos y pasivos tienden a complementarse entre sí para lograr una posición relativa de rentabilidad contra capital empleado más eficiente. Hasta el momento se han

planteado dos soluciones de optimización realizadas de forma separada, cuyo objetivo no era otro que lograr una mayor eficiencia en cada uno de los apartados del balance de la compañía.

Previo al lanzamiento del proceso de optimización del balance de la aseguradora, un primer caso que se plantea consiste en la incorporación de ambas optimizaciones en un solo ejercicio, lo que con posterioridad nos permitirá comparar dicho resultado con aquel que se obtenga en la optimización. De este modo, se puede comprobar si existe cierta bonanza o si es recomendable realizar el ejercicio de optimización de una sola vez, en contraposición a hacerlo de manera separada. Posteriormente a dicho ejercicio, se deberán ajustar las necesidades de capital resultantes para que los resultados puedan ser comparables, y en todos los casos se esté trabajando con una hipótesis de supervivencia superior o igual al 99.90% de los casos estudiados en la simulación.

La situación de capital de partida se situaba en un 18.00%:

Capital disponible (%)	**18,00%**
Capital disponible (€)	18.000.000,00

Tabla 10.41 Capital disponible antes de la optimización.

Adicionalmente, los pesos de los ramos de los pasivos dentro del balance de la compañía se recogen en la tabla 10.42 y los pesos de los activos, previos a la optimización en la tabla 10.43:

Rama 1	33,33%
Reservas iniciales	60,00%
Stdev 1	14,00%
Rama 2	33,33%
Reservas iniciales	50,00%
Stdev 2	15,00%
Rama 3	33,33%
Reservas iniciales	40,00%
Stdev 3	16,00%
Total ramas	100,00%

Tabla 10.42 Pesos de los pasivos antes de la optimización.

Peso de los activos	
Activo 1	25,00%
Activo 2	25,00%
Activo 3	25,00%
Activo 4	25,00%
Total	100,00%

Tabla 10.43 Pesos de los activos antes de la optimización.

Esta configuración devuelve un balance inicial que posee el siguiente aspecto:

Balance inicial	
Primas consumidas (informativo)	
Primas consumidas 1	0,00
Primas consumidas 2	0,00
Primas consumidas 3	0,00
Pasivos	117.999.990,00
Primas no consumidas 1	33.333.330,00
Primas no consumidas 2	33.333.330,00
Primas no consumidas 3	33.333.330,00
Hacienda	0,00
Capital	18.000.000,00
Activos	117.999.990,00
Activos financieros	117.999.990,00

Tabla 10.44 Balance inicial de la compañía antes de la optimización.

Los resultados que ofrece dicha estructura propuesta inicialmente, en lo que al balance de la compañía se refiere, son los siguientes:

Balance final presupuestado	
Primas consumidas (informativo)	
Primas consumidas 1	19.999.998,00
Primas consumidas 2	16.666.665,00
Primas consumidas 3	13.333.332,00
Pasivos	70.895.642,87
Primas no consumidas 1	13.333.332,00
Primas no consumidas 2	16.666.665,00
Primas no consumidas 3	19.999.998,00
Hacienda	2.895.647,87
Capital	18.000.000,00
Activos	70.895.642,87
Activos financieros	70.895.642,87
P&L	
Primas no consumidas	49.999.995,00
E(R) activos	3.788.804,40
Gastos devengados	-40.000.000,00
Impuestos	-2.895.647,87
P&L (+ ganancia)	10.893.151,53
% Beneficio s/total Primas	*7,04%*
% Beneficio s/total Assets	*92,96%*

Tabla 10.45 Balance final presupuestado antes de la optimización.

Mientras que los ratios más representativos ofrecieron los siguientes resultados:

Beneficio esperado (€)	13.788.799,40
Capital inicial	18.000.000,00
Capital necesario	18.388.049,58
Retorno/capital	0,7499

Tabla 10.46 Principales métricas de capital antes de la optimización.

Se observa que, como se apuntó con anterioridad, el retorno sobre capital es sensiblemente inferior a 1, por lo que en este caso existe cierto recorrido hacia una posición más eficiente.

10.4.1 Integración de las optimizaciones de activos y pasivos.

A continuación, se introducen los pesos optimizados de los pasivos y los activos en el ejercicio anterior:

Peso de los pasivos	
Rama 1	0,00%
Rama 2	41,43%
Rama 3	58,57%
Total	100,00%

Tabla 10.47 Pesos de los pasivos propuestos tras la optimización del balance.

Peso de los activos	
Activo 1	98,45%
Activo 2	0,00%
Activo 3	1,55%
Activo 4	0,00%
Total	100,00%

Tabla 10.48 Pesos propuestos de los activos tras la optimización del balance.

Como se reflejó en el apartado 10.2, en el que se realizó la optimización de los activos de la compañía, la configuración del modelo ha provocado que el algoritmo de optimización escogiera una solución de esquina.

La primera observación que puede realizarse es que la cuantía de capital disponible resulta ser sensiblemente inferior, lo que indica cierta potencia en el efecto diversificador de ambas propuestas:

Capital disponible (%)	**4,20%**
Capital disponible (€)	4.200.000,00

Tabla 10.49 Capital disponible requerido tras la optimización del balance.

El balance final presupuestado también indica que la cuenta de resultados, como se verá posteriormente, ha sufrido una mejora considerable con respecto a la situación inicial:

Balance final presupuestado	
Primas consumidas (informativo)	
Primas consumidas 1	0,00
Primas consumidas 2	20.714.609,13
Primas consumidas 3	23.428.312,70
Pasivos	63.772.092,37
Primas no consumidas 1	0,00
Primas no consumidas 2	20.714.609,13
Primas no consumidas 3	35.142.469,05
Hacienda	3.715.014,19
Capital	4.200.000,00
Activos	63.772.092,37
Activos financieros	63.772.092,37
P&L	
Primas no consumidas	55.857.078,17
E(R) activos	1.833.465,61
Gastos devengados	-40.000.000,00
Impuestos	-3.715.014,19
P&L (+ ganancia)	13.975.529,59
% Beneficio s/total Primas	*3,18%*
% Beneficio s/total Assets	*96,82%*

Tabla 10.50 Balance final presupuestado tras la optimización del balance.

Adicionalmente, se complementa esta información con los resultados obtenidos en lo que a beneficios finales respecta, así como el capital necesario para mantener la

estructura de la compañía en un entorno de supervivencia superior o igual al 99.90% de los casos simulados:

Beneficio esperado (€)	17.690.543,78
Capital inicial	4.200.000,00
Capital necesario	4.197.773,97
Retorno/capital	4,2143

Tabla 10.51 Principales métricas de capital tras la optimización del balance.

Expresado en forma de diferencias con respecto a la situación inicial, se describe una situación como la siguiente:

Beneficio esperado (€)	3.901.739,06
Capital inicial	-13.800.000,00
Capital necesario	-14.190.273,17
Retorno/capital	3,4644

Tabla 10.52 Diferencias en las principales métricas de capital tras la optimización del balance.

Se observa, por tanto, una mejora significativa en el beneficio esperado. Es muy notoria, adicionalmente, la mejoría que sufren las necesidades de capital, reduciéndose en un importe algo superior a los 14.000.000 euros.

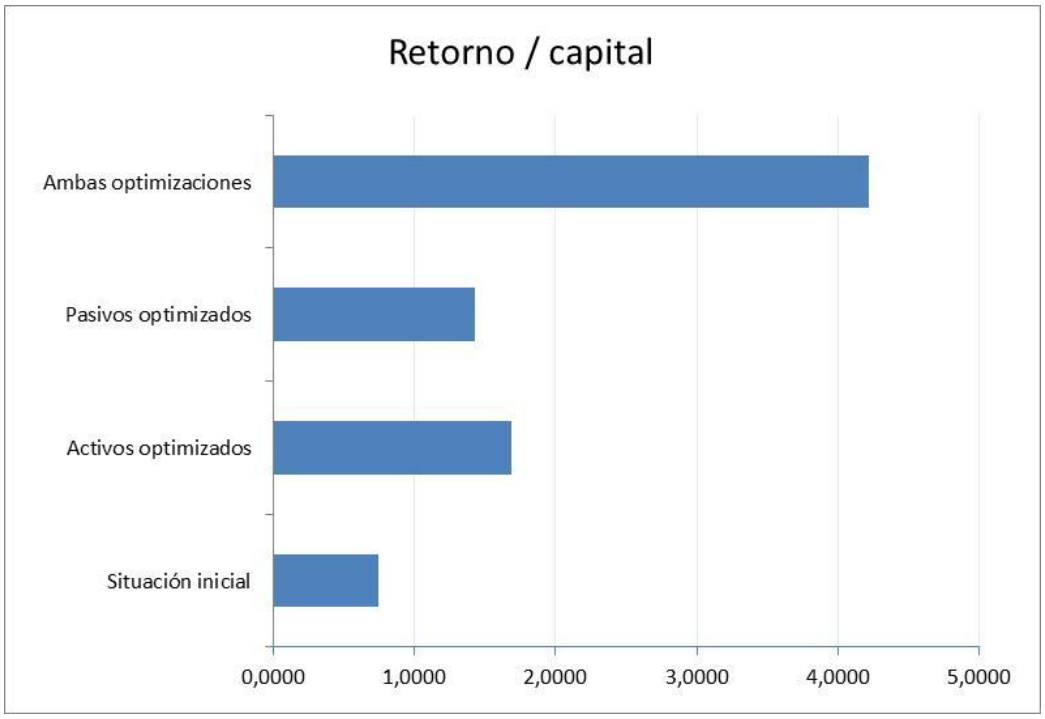
10.4.2 Comparativa de resultados obtenidos hasta el momento.

A continuación se muestra una tabla en la que se comparan los resultados obtenidos hasta el momento:

	Beneficio esperado (€)	Capital necesario	Retorno/capital
Situación inicial	13.788.805	18.388.047	0,7499
Activos optimizados	11.883.789	7.056.000	1,6842
Pasivos optimizados	19.504.605	13.599.742	1,4342
Ambas optimizaciones	17.690.544	4.197.774	4,2143

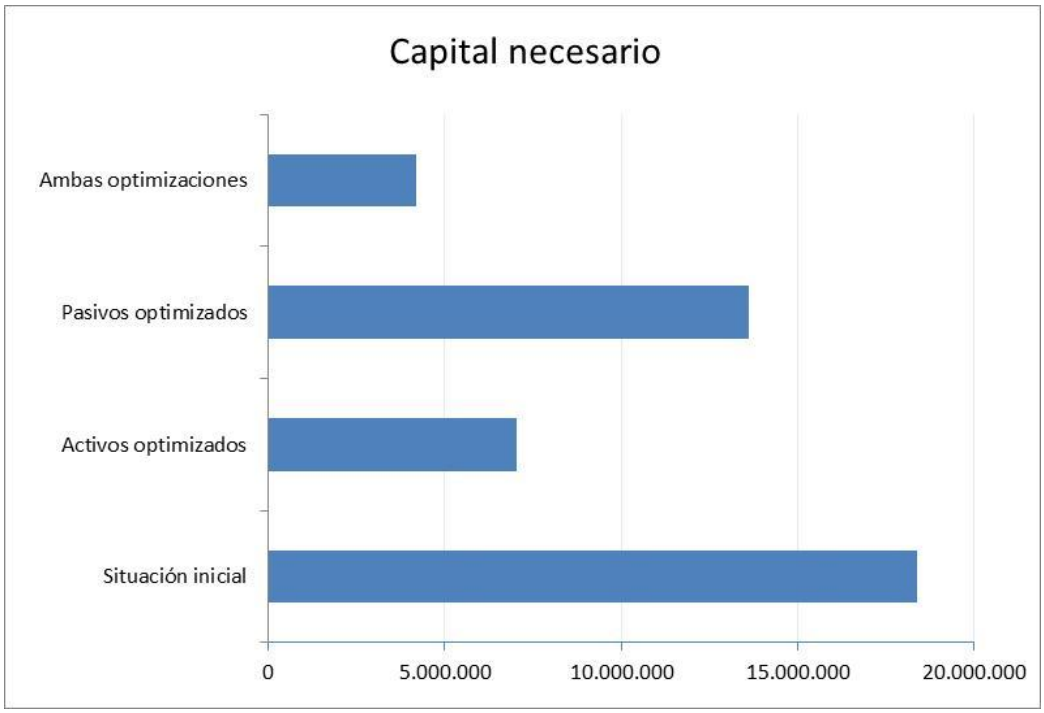
Tabla 10.53 Comparativa de las principales métricas de los tres métodos de optimización propuestos.

Representado de forma gráfica, la comparativa de retorno sobre capital:



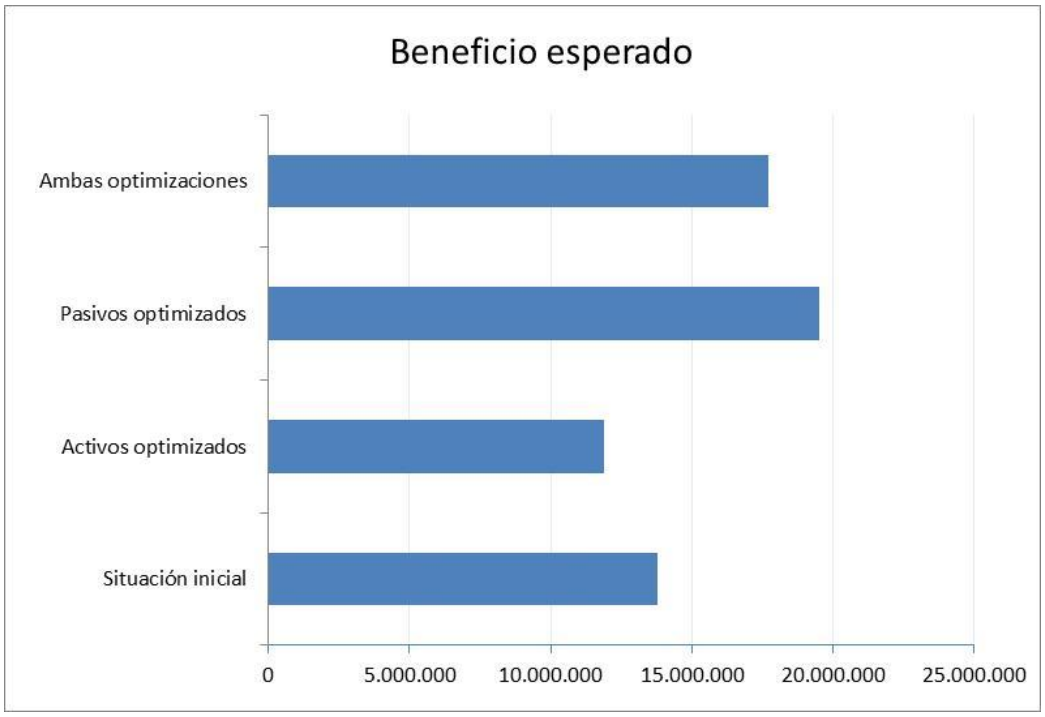
Gráfica 10.2 Ratio de retorno sobre capital de los tres métodos de optimización propuestos.

Representado de forma gráfica, la comparativa de capital necesario:



Gráfica 10.3 Capital necesario en cada uno de los tres métodos de optimización propuestos.

Representado de forma gráfica, la comparativa de beneficio esperado:



Gráfica 10.4 Beneficio esperado de los tres métodos de optimización propuestos.

Como se puede comprobar, la situación inicial resulta ser la menos deseable. El beneficio esperado es el único resultado en el que bate a otra estrategia de gestión con 13.788.805 euros, frente a 11.883.789 ofrecidos por la optimización de los activos de la cartera. Tanto en el capital necesario para mantener la compañía, como el ratio de retorno sobre capital resulta ser una forma poco eficaz de estructurar el balance de la compañía. Es representativo, sin embargo, el apuntar que una composición de activos más eficiente, pese a reducir en primera instancia los beneficios esperados de la compañía, logra mejorar el ratio de retorno sobre capital basándose en un ahorro considerable en los costes de capital por lo que, si tan solo pudiera disponerse de

herramientas de optimización de los activos de la compañía, ésta continuaría siendo una opción a considerar de cara a reconfigurar el balance hacia una posición más eficiente.

Por otra parte, y como se apuntó con anterioridad, ambos ejercicios de optimización logran mejorar significativamente la situación inicial en cada una de las tres variables clave. En términos de beneficio esperado, la optimización de pasivos logra la mayor ganancia de eficiencia, alcanzando un volumen de 19.504.605 euros, frente a los 11.883.789 euros logrados optimizando la cartera de activos únicamente. Sin embargo, la optimización de la cartera de activos es la que mayor ahorro de capital genera, requiriendo únicamente 7.056.000 euros, frente a los necesarios obtenidos al optimizar la cartera de pasivos y consistentes en 13.599.742 euros. Puede concluirse, por el momento, que los cambios realizados de forma aislada en los pasivos de la compañía tienen un mayor impacto en la cuenta de resultados, mientras que la reconfiguración de activos parece revestir mayor importancia en la optimización del capital de la compañía. Es necesario recordar que la inclusión de productos cuyo margen se obtiene de la captura de diferenciales de tipos de interés, como son tradicionalmente los productos de ahorro, ciertamente podría distorsionar los resultados del modelo, más centrado en esta ocasión en productos no basados en el ahorro.

Se observan adicionalmente diferencias muy significativas entre la situación inicial y cuando se incorporan ambas optimizaciones en el balance. El ratio de retorno sobre capital se ve incrementado desde 0.7499 hasta 4.2143, extrayendo retorno cuatro veces por encima de cada unidad de capital empleada. Por otra parte, es destacable la diferencia que existe con respecto a las dos optimizaciones individuales realizadas, tanto

por parte de los activos como por parte de los pasivos, donde en ninguno de los dos casos se superó la barrera de las dos unidades de retorno por unidad de capital.

En términos de capital necesario, se observa que la inclusión de ambas optimizaciones logra el mayor ahorro de capital de toda la muestra. Con respecto a la situación inicial, la compañía logra ahorrar capital por 14.190.273 euros, liberando un 77% de los recursos iniciales necesarios para mantener una estructura de capital estable en el 99.90% de los casos estudiados. Se encuentra aún por debajo del capital necesario requerido tras optimizar los activos del balance de la compañía, que apuntaba 7.056.000 euros. Se observa, adicionalmente, que la mejora en el ratio de retorno sobre capital empleado basa su incremento, debido a la forma en que ha sido definido, en los ahorros obtenidos en términos de capital.

En el caso del beneficio esperado, cifrado en 17.690.544 euros, se encuentra que la inclusión de ambas optimizaciones es la segunda mejor de la muestra, únicamente superada por aquella obtenida en la optimización de los pasivos de la compañía, con 19.504.605 euros. Logra, por tanto, mejorar la situación inicial debido al empuje que la reconfiguración de las ramas de pasivo ha propiciado, a la par que mejora también el resultado propuesto en la optimización de activos.

10.4.3 Planteamiento formal de la optimización.

A continuación se define el problema de la optimización en el caso del balance en su conjunto:

$$\text{Max } Z = \frac{C - E(C) - CT + E(R_A)}{C_e} \qquad (31)$$

sujeto a:

$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$

$\sum_{i=n+1}^{m} w_i = 1$

$w_i \in [0,1]$

$i \in [1, m]$

Donde:

C_e	representa el capital económico de la compañía.
$E(C) = \sum_{i=n+1}^{m} w_i \cdot E(C_i)$	representa los siniestros pagados a los clientes al final del ejercicio en cada una de las ramas de negocio.
CT	representa los costes totales (fijos y variables) de la compañía
$E(R_A) = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot E(R_{A_i})$	representa los beneficios obtenidos con los activos en los que se invirtió al inicio del ejercicio.

10.4.4 Optimización del balance de manera agregada.

Una vez mostrados y analizados los ejercicios de optimización de forma separada y de forma conjunta, se plantea la posibilidad de realizar un ejercicio de optimización de manera agregada, con el objeto de comprobar si se generan o no beneficios adicionales con respecto a realizar dos optimizaciones por separado. Las optimizaciones de los

activos y de los pasivos de forma separada habrían encontrado máximos locales significativos, de modo que el resultado de una posible optimización agregada, idealmente, consistirá en una solución que sea topográficamente cercana a las halladas con anterioridad. De este modo, además, podrá comprobarse la bondad del algoritmo utilizado en el proceso de optimización y su capacidad para encontrar una solución viable a un problema planteado que posea una relación no lineal entre las variables del mismo.

El problema de optimización planteado consistirá en una conjunción de las variables y restricciones planteadas para los ejercicios que se han descrito con anterioridad. De esta forma, las variables que el algoritmo tomará como evaluables serán los pesos de los activos en cartera, así como el de los negocios de los ramos de pasivos. Para todas ellas, los pesos deben ser positivos e inferiores al 100%, mientras que, por otra parte, la suma de sus totales deberá aproximarse al 100%.

Adicionalmente, la situación de partida de la compañía, previa a la actualización, se mantiene en los niveles iniciales. El capital disponible, por tanto, consistirá en un 18%, como se muestra a continuación:

Capital disponible (%)	**18,00%**
Capital disponible (€)	18.000.000,00

Tabla 10.54 Capital inicial disponible.

Mientras que los pesos iniciales de los activos de la compañía serán los siguientes:

Peso de los activos	
Activo 1	25,00%
Activo 2	25,00%
Activo 3	25,00%
Activo 4	25,00%
Total	100,00%

Tabla 10.55 Pesos iniciales de los activos.

A su vez, los pesos iniciales de los pasivos serán los siguientes:

Peso de los pasivos	
Rama 1	33,33%
Rama 2	33,33%
Rama 3	33,33%
Total	100,00%

Tabla 10.56 Pesos iniciales de los pasivos.

Esta configuración inicial dibuja el perfil de la compañía, recogido en la tabla 10.57, así como el balance inicial presupuestado para el final del ejercicio que aparece en la tabla 10.58:

Total activos (€)	118.000.000,00
E(R) de los activos	3,21%
E(R) de los activos (€)	3.788.804,72
Volat de los activos	8,40%
Volat de los activos (€)	9.917.072,49
Primas agregadas (€)	100.000.000,00
Expected claims	50,00%
Expected claims vol	15,00%
Claims vol (tras divers.)	11,43%
Expected claims (€)	50.000.000,00
Costes operativos	40,00%
Costes operativos (€)	40.000.000,00
Costes fijos	20.000.000,00

Tabla 10.57 Perfil inicial de la compañía.

Balance final presupuestado	
Primas consumidas (informativo)	
Primas consumidas 1	20.000.000,00
Primas consumidas 2	16.666.666,67
Primas consumidas 3	13.333.333,33
Pasivos	70.895.648,99
Primas no consumidas 1	13.333.333,33
Primas no consumidas 2	16.666.666,67
Primas no consumidas 3	20.000.000,00
Hacienda	2.895.648,99
Capital	18.000.000,00
Activos	70.895.648,99
Activos financieros	70.895.648,99
P&L	
Primas no consumidas	50.000.000,00
E(R) activos	3.788.804,72
Gastos devengados	-40.000.000,00
Impuestos	-2.895.648,99
P&L (+ ganancia)	10.893.155,73

Tabla 10.58 Balance final presupuestado de la compañía antes de la optimización.

El perfil de capital necesario, así como los beneficios esperados de una configuración como la que se ha descrito, expresado además en términos del ratio de retorno por unidad de capital, será el siguiente:

Beneficio esperado (€)	13.788.804,72
Capital inicial	18.000.000,00
Capital necesario	18.388.047,14
Retorno/capital	0,7499

Tabla 10.59 Ratios de capital de la compañía antes de la optimización.

Tras volver a situar los parámetros de la compañía en sus valores iniciales, se procede a lanzar el algoritmo de optimización GRG descrito con anterioridad. Se encuentra que los pesos propuestos para los activos de la cartera de la compañía son los siguientes:

Peso de los activos	
Activo 1	100,00%
Activo 2	0,00%
Activo 3	0,00%
Activo 4	0,00%
Total	100,00%

Tabla 10.60 Pesos de los activos propuestos tras la optimización del balance.

En este caso, puede comprobarse que la solución de esquina continúa siendo la preferida, al igual que sucedía en el caso de la optimización en exclusiva de los activos de la compañía. Dicha resolución tiene su origen, tanto en la configuración propia de la cartera de activos como en el perfil de correlaciones que estos activos poseen con el resto de los elementos del balance de la compañía. Se destaca, además, que el activo

escogido, tal y como se describió en el apartado relativo a la optimización de los activos, ha sido aquel que posee un ratio de Sharpe más elevado con respecto a sus pares, por lo que la solución del modelo parece consistente.

En lo que a los pasivos se refiere, el vector de soluciones propuesto por el algoritmo es el que se muestra a continuación:

Peso de los pasivos	
Rama 1	0,00%
Rama 2	38,70%
Rama 3	61,30%
Total	100,00%

Tabla 10.61 Pesos de los pasivos propuestos tras la optimización del balance.

Puede observarse que, de igual modo, la solución es similar a la hallada en el problema de optimización de los pasivos de la compañía. Igualmente, el algoritmo descarta cualquier tipo de participación en el ramo de negocio 1, asignándole un peso del 0.00%, mientras que el resto de los pasivos de la compañía se repartirían entre el ramo 2 y el 3. Al igual que sucedía en el caso de los activos, descrito con anterioridad, este resultado será consecuencia de las características fundamentales de los pasivos, esto es, el nivel de reservas iniciales requeridos para su mantenimiento, así como la volatilidad de los flujos de caja generados por cada uno de ellos. Adicionalmente, la correlación con el resto de elementos del balance de la compañía jugará un papel fundamental en el momento de generar beneficios derivados de la diversificación del balance.

Pese a que los pesos propuestos por el algoritmo de optimización son relativamente cercanos a los hallados en las optimizaciones de activos y pasivos

descritas con anterioridad, estas diferencias podrían ser lo suficientemente representativas como para generar diferencias con respecto a las soluciones propuestas con anterioridad.

Para comenzar, el capital necesario para mantener la compañía operativa en el 99.90% de los casos simulados mediante el proceso de Montecarlo descrito en este trabajo, se reduce hasta el 3.69%:

Capital disponible (%)	**3,69%**
Capital disponible (€)	3.690.000,00

Tabla 10.62 Capital necesario propuesto tras la optimización del balance.

Se necesita, por tanto, una cantidad muy inferior a la propuesta inicialmente para mantener el capital de la compañía. Se recuerda que el capital necesario para mantener la compañía en un entorno de resultados positivos en el 99.90% de los casos si se incorpora al mismo tiempo la solución propuesta en la optimización de activos y pasivos, como puede comprobarse en este mismo punto de este trabajo, consistía en un 4.20%, por lo que la optimización conjunta logra mejorar el capital disponible inicial necesario.

Por otra parte, la configuración de los elementos operativos de la compañía, incluyendo el retorno de la cartera de activos y los costes generales asumidos por la compañía será la siguiente:

Total activos (€)	103.690.000,00
E(R) de los activos	1,73%
E(R) de los activos (€)	1.792.873,41
Volat de los activos	3,00%
Volat de los activos (€)	3.110.700,00
Primas agregadas (€)	100.000.000,00
Expected claims	43,87%
Expected claims vol	15,61%
Claims vol (tras divers.)	12,26%
Expected claims (€)	43.870.325,61
Costes operativos	40,00%
Costes operativos (€)	40.000.000,00
Costes fijos	20.000.000,00
Beneficio esperado	17,92%
Beneficio esperado (€)	17.922.547,80
Tax rate	21,00%
ROE	383,71%

Tabla 10.63 Estructura operativa de la compañía propuesta tras la optimización del balance.

Además, el balance inicial de la compañía, esto es, aquel balance que se obtendría en el momento anterior al inicio de la actividad de la aseguradora, sería el siguiente:

Balance inicial	
Primas consumidas (informativo)	
Primas consumidas 1	0,00
Primas consumidas 2	0,00
Primas consumidas 3	0,00
Pasivos	103.690.000,00
Primas no consumidas 1	0,00
Primas no consumidas 2	38.703.256,11
Primas no consumidas 3	61.296.743,89
Hacienda	0,00
Capital	3.690.000,00
Activos	103.690.000,00
Activos financieros	103.690.000,00
P&L	
Primas no consumidas	0,00
E(R) activos	0,00
Gastos devengados	0,00
Impuestos	
P&L (+ ganancia)	0,00

Tabla 10.64 Balance inicial de la compañía propuesto tras la optimización del balance.

Este mismo balance, planteado en el momento de finalización del ejercicio, presentará el siguiente aspecto:

Balance final presupuestado	
Primas consumidas (informativo)	
Primas consumidas 1	0,00
Primas consumidas 2	19.351.628,06
Primas consumidas 3	24.518.697,55
Pasivos	63.583.409,43
Primas no consumidas 1	0,00
Primas no consumidas 2	19.351.628,06
Primas no consumidas 3	36.778.046,33
Hacienda	3.763.735,04
Capital	3.690.000,00
Activos	63.583.409,43
Activos financieros	63.583.409,43
P&L	
Primas no consumidas	56.129.674,39
E(R) activos	1.792.873,41
Gastos devengados	-40.000.000,00
Impuestos	-3.763.735,04
P&L (+ ganancia)	14.158.812,76
% Beneficio s/total Primas	*3,10%*
% Beneficio s/total Assets	*96,90%*

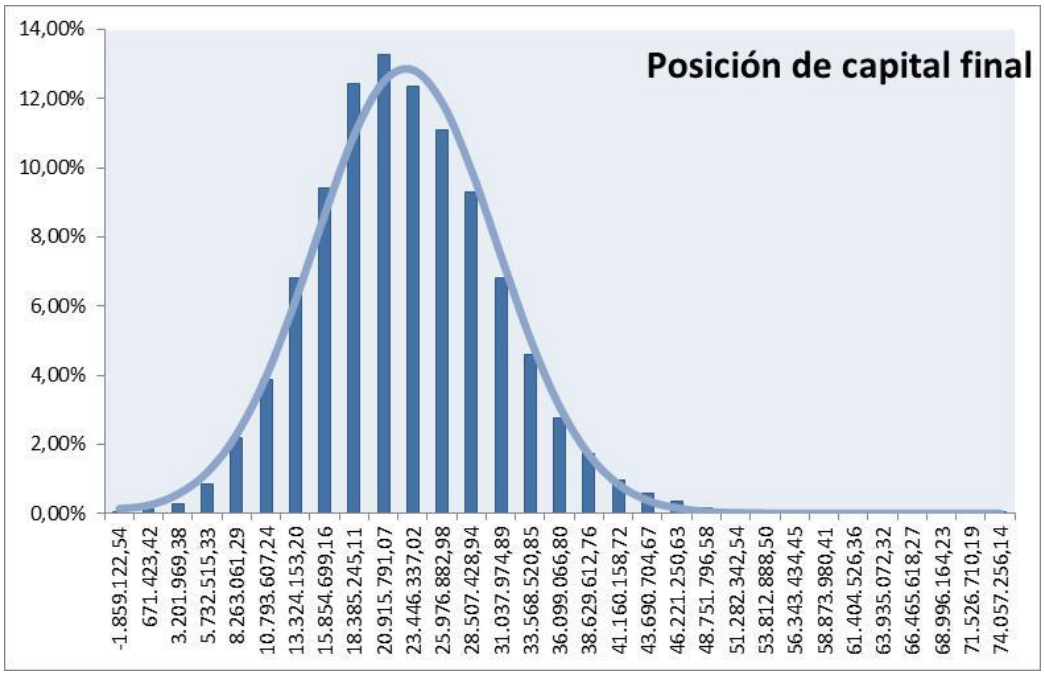
Tabla 10.65 Balance final de la compañía propuesto tras la optimización del balance.

Por otra parte, se encuentra que los resultados, medidos en términos del ratio de retorno sobre capital, son los siguientes:

Beneficio esperado (€)	17.922.547,80
Capital inicial	3.690.000,00
Capital necesario	3.694.583,40
Retorno/capital	4,8510

Tabla 10.66 Principales métricas de capital obtenidas tras la optimización del balance.

Adicionalmente, la posición de capital final, expresada en términos de la campana de distribución calculada, queda configurada del siguiente modo:



Gráfica 10.5 Distribución de la posición final de capital propuesta tras la optimización del balance.

Es posible comparar este resultado final con aquel obtenido en el proceso de optimización conjunta, descrito con anterioridad, cuyos resultados ofrecidos eran los siguientes:

Beneficio esperado (€)	17.690.543,78
Capital inicial	4.200.000,00
Capital necesario	4.197.773,97
Retorno/capital	4,2143

Tabla 10.67 Principales métricas de capital propuesto tras la optimización del balance.

Las diferencias entre los dos vectores de resultados anteriores se recogen en la tabla siguiente:

Beneficio esperado (€)	232.004,02
Capital inicial	-510.000,00
Capital necesario	-503.190,57
Retorno/capital	0,6368

Tabla 10.68 Diferencias en las principales métricas de capital propuesto.

Puede observarse cómo el beneficio esperado se incrementa en 232.004,02 euros, resultado que corresponde con un incremento en el peso del pasivo número 3 con respecto al número 2, así como un peso superior en el activo 1. Sin embargo, la mayor sinergia en el ratio se consigue mediante una reducción considerable del capital necesario para el mantenimiento de la compañía, cifrado en 503.190,57 euros. Ambos parámetros, de manera conjunta, ofrecen una mejora en el ratio de rentabilidad por unidad de capital de 0.6368 unidades, elevando el ratio final hasta 4.8510.

10.4.5 Comparativa final de resultados obtenidos.

A continuación se actualizan las tablas comparativas entre cada uno de los escenarios optimizados hasta el momento, incorporando el resultado de la optimización

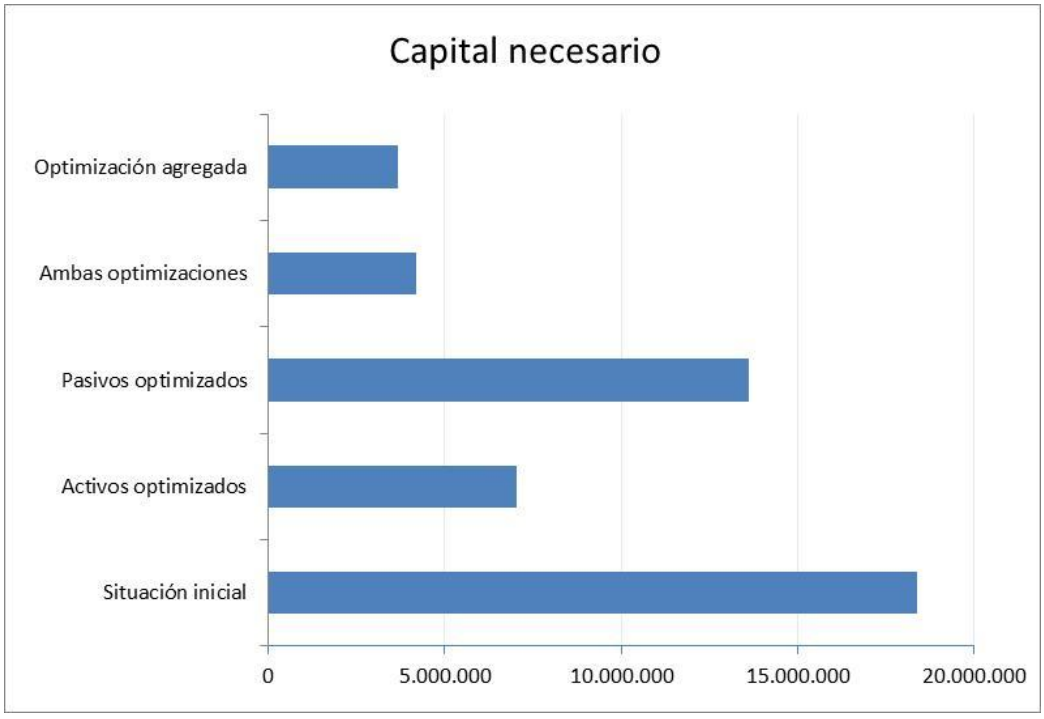
agregada, con el objetivo de valorar el impacto cuantitativo que dicho proceso ofrece con respecto hasta lo realizado hasta el momento:

	Beneficio esperado (€)	Capital necesario	Retorno/capital
Situación inicial	13.788.805	18.388.047	0,7499
Activos optimizados	11.883.789	7.056.000	1,6842
Pasivos optimizados	19.504.605	13.599.742	1,4342
Ambas optimizaciones	17.690.544	4.197.774	4,2143
Optimización agregada	17.922.548	3.694.583	4,8510

Tabla 10.69 Comparativa de los principales métodos empleados en la optimización del balance.

De igual manera que en el caso anterior, y con el objetivo de incrementar la legibilidad de dichos resultados, se adjuntan las figuras que representan cada uno de los conceptos descritos.

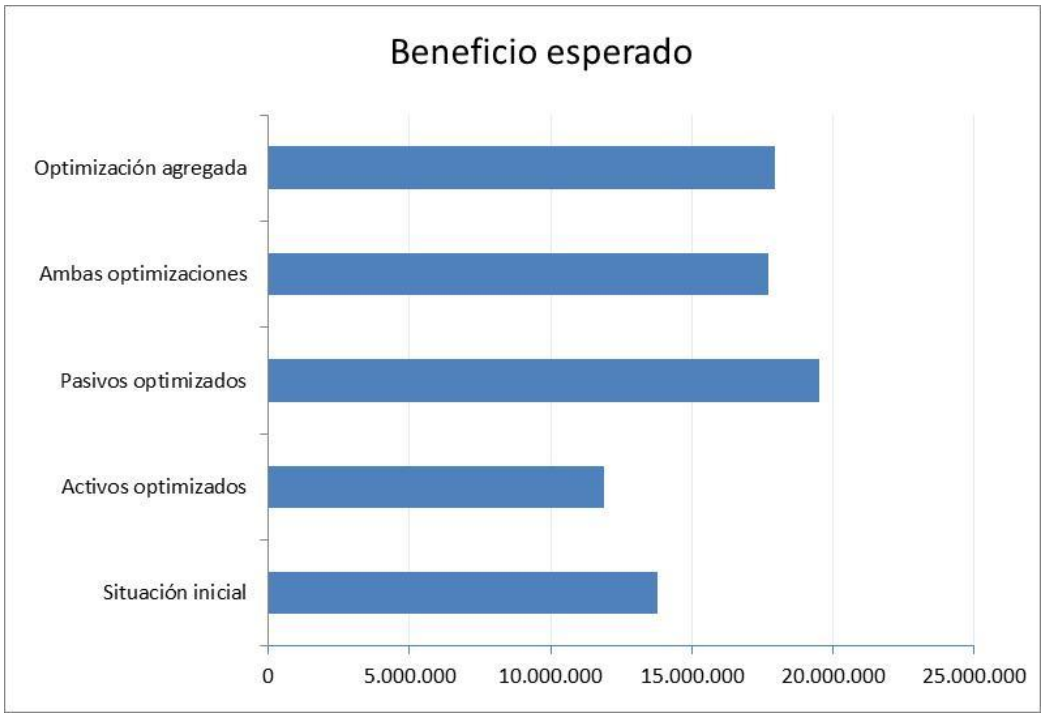
Se comienza exponiendo una figura comparativa del capital necesario por cada una de las estrategias de optimización:



Gráfica 10.6 Capital necesario en cada uno de los métodos de optimización empleados.

En este caso, se observa cómo el escenario de optimización agregada aún logra mejorar el capital que requería la situación en la que ambas optimizaciones se integraban como una única solución. Del mismo modo, esta solución también se encuentra a una distancia notable de las optimizaciones individuales, tanto de los activos como de los pasivos optimizados.

Si se compara el beneficio esperado entre los distintos escenarios propuestos, se encuentra lo siguiente:



Gráfica 10.7 Beneficio esperado en cada uno de los métodos de optimización empleados.

Como puede observarse, el beneficio esperado se incrementa ligeramente en el caso de la optimización agregada con respecto a la situación en la que se integran las optimizaciones de activo y de pasivo. Pese a todo, ambas optimizaciones se encuentran

aún por debajo de aquella en la que los pasivos eran el objetivo del algoritmo. Las razones por las que este resultado no logra mejorar la optimización de los pasivos se debe a que dicha optimización lograba incrementar el ratio de retorno por unidad de capital haciendo un uso intensivo del numerador de ese cociente, esto es, de los retornos de la compañía, mientras que la posición de capital no mostraba una mejoría que sí se producía en el caso de la optimización de la cartera de activos de la aseguradora.

Pese a que, como se ha indicado, el incremento en los beneficios esperados es, a primera vista, poco representativo, dado que se está expresando el resultado de la optimización en términos de un cociente, esto es, en términos de unidades de retorno sobre unidades de capital, puede comprobarse como el efecto agregado supone un incremento notable en dicho ratio.

PARTE IV: CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

11 CONCLUSIONES.

En esta Tesis Doctoral se ha desarrollado un modelo simplificado que refleja la realidad del balance de una compañía aseguradora que opera en el ramo de no vida. Dicho modelo ha servido de base para un ejercicio de optimización basado en los parámetros de riesgo que se configuran como los pilares fundamentales de la directiva de Solvencia II para compañías aseguradoras. Con el objeto de poder explorar las sensibilidades latentes que una compañía de tales características posee, se han definido discrecionalmente tres ramas de actividad con características diferenciadas, así como un universo de inversión de activos que posteriormente configurarán la cartera de la compañía. Dado que los cálculos relativos al capital mínimo requerido para el funcionamiento de la entidad necesitan de una profundidad elevada, ha sido necesaria la elaboración de simulaciones de Montecarlo que permitan el análisis pormenorizado de sucesos concretos dentro del espectro posible de escenarios futuros. Adicionalmente, y con el objeto de simplificar la tarea de simulación y optimización, el período de actividad de la compañía ha sido delimitado dentro de un único ejercicio fiscal. Se ha tratado, en definitiva, de mantener una estructura coherente de teorías económicas que respalden las distintas configuraciones del balance.

Puesto que las directivas de Solvencia II promueven en gran parte una gestión integral del balance de las compañías, o, lo que es lo mismo, requiere de la aplicación de metodologías basadas en ALM, el objetivo de este trabajo consiste en optimizar la estructura del balance de manera agregada, buscando un equilibrio en la gestión de los activos y pasivos de la aseguradora.

Este trabajo contribuye a la literatura existente ensamblando una variedad de teorías coherentes entre sí y que afectan a los distintos elementos del balance de una compañía aseguradora de no vida, mientras se proponen marcos estratégicos que permitan una mejora significativa en las métricas de gestión de las mismas. Adicionalmente, su aplicabilidad se pone de manifiesto en un nuevo entorno regulatorio, Solvencia II, que supone un cambio significativo en la gestión del capital de las compañías con respecto a la regulación anterior (Solvencia I), cuya gestión de riesgos fue fundamentalmente lineal.

Mediante el uso de la metodología anteriormente descrita basada en el análisis exploratorio de datos a través del uso de un modelo de capital simplificado, se ha explorado principalmente una hipótesis fundamental y una hipótesis secundaria.

La *hipótesis fundamental* de este trabajo plantea la existencia de beneficios derivados de la optimización del balance de la compañía a través de un método de asignación de activos contra pasivos. Esta optimización se realizaría desde un punto de vista agregado, y no separado en compartimentos estancos e independientes unos de otros. La pregunta es: ¿pueden obtenerse beneficios derivados de la diversificación en los elementos que influyen en los flujos de caja de la compañía, bajo el supuesto en que exista una correlación entre ellos significativamente distinta de cero? Una conclusión positiva con respecto a esta cuestión tendría como consecuencia la proposición de un modelo de asignación de activos que tenga como base fundamental un mejor conocimiento de las relaciones que éstos poseen con el resto del balance de la compañía aseguradora, desviando, además, la atención de las mediciones de rentabilidad tradicionales del activo de la entidad, hacia metodologías de medición que tengan en

cuenta el aprovechamiento de los elementos diversificadores que existan, así como el uso de capital necesario para alcanzar determinada configuración de balance. La hipótesis fundamental se ha definido de la siguiente forma:

H1: Pueden hallarse mejoras en las métricas de rentabilidad de la compañía si se optimiza el balance de la misma de manera agregada.

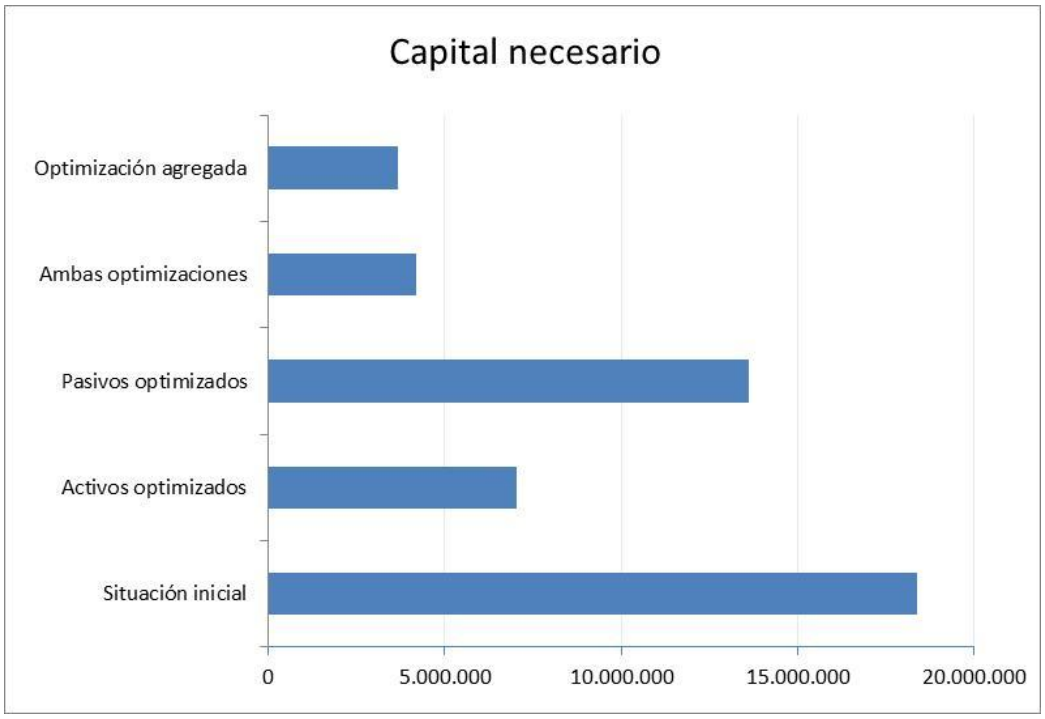
Mediante la metodología planteada en esta Tesis Doctoral se ha concluido con éxito que dicha optimización es posible, como se muestra en la tabla siguiente:

	Beneficio esperado (€)	Capital necesario	Retorno/capital
Situación inicial	13.788.805	18.388.047	0,7499
Activos optimizados	11.883.789	7.056.000	1,6842
Pasivos optimizados	19.504.605	13.599.742	1,4342
Ambas optimizaciones	17.690.544	4.197.774	4,2143
Optimización agregada	17.922.548	3.694.583	4,8510

Tabla 11.1 Tabla comparativa de los resultados de la optimización.

Se observa que la mejora en el ratio de retorno sobre unidad de capital es significativa en el caso en que la optimización se produzca de manera agregada, identificándose como la situación que mayor valor aporta desde el punto de vista del accionista.

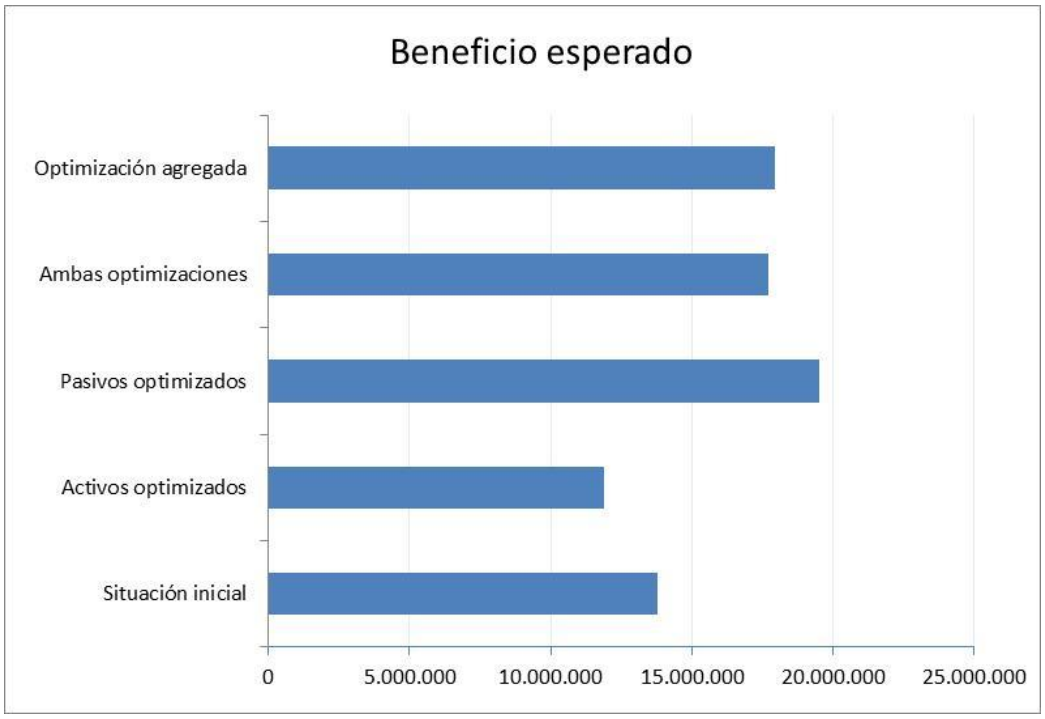
Si se analizan ambos elementos por separado, se encuentra que el capital necesario requerido disminuye de manera notable en el caso de una optimización de balance agregada, como se muestra en el gráfico siguiente:



Gráfica 11.1 Capital necesario en cada una de las situaciones analizadas.

Como se indicó con anterioridad, la conjunción de ambas optimizaciones produjo resultados similares, aunque subóptimos desde un punto de vista agregado.

El resultado más sorprendente, sin embargo, fue observar cómo la variable más tradicional desde el punto de vista de la gestión de la compañía, esto es, el beneficio, no alcanzaba su punto máximo en el proceso de optimización, como se puede observar en la gráfica siguiente:



Gráfica 11.2 Beneficio esperado en cada una de las situaciones analizadas.

Por tanto, y en el entorno modelo que se ha construido en este trabajo, cabe concluir que la maximización del beneficio únicamente no lleva a resultados óptimos si se tiene en cuenta que la variable relativa al capital juega un papel fundamental. Este enfoque choca frontalmente con el objetivo tradicional de incentivar aquellas ramas de negocio que suponen una fuente de ingresos mayor: es necesario, por tanto, tomar en consideración el crecimiento en áreas de negocio que suponen una mayor aportación de valor al accionista, y hacerlo de la manera más eficiente posible con el uso de los recursos de los que se dispone.

Como se ha mostrado, son alcanzables mejoras de hasta seis veces en el ratio de ingresos por unidad de capital obtenidas por la compañía, las cuales pueden lograrse realizando los ajustes necesarios en la cartera de activos y redirigiendo el crecimiento de

la compañía hacia los segmentos en los que es más competitiva. Los resultados más significativos se logran cuando la optimización de la compañía se realiza a la vez con todos los elementos del balance que quedan a discreción de sus gestores, como la composición de la cartera y la composición del pasivo de la aseguradora. Sin embargo, en este trabajo se ha puesto de manifiesto que pueden alcanzarse mejoras significativas, aunque subóptimas, cuando los diversos elementos del balance se optimizan de manera independiente.

En lo que a la construcción de los activos se refiere, esta optimización, adicionalmente, sugiere una solución de esquina, como se puede ver en la tabla siguiente:

Peso de los activos	
Activo 1	100,00%
Activo 2	0,00%
Activo 3	0,00%
Activo 4	0,00%
Total	100,00%

Tabla 11.2 Pesos de los activos resultado del proceso de optimización.

Este resultado sugiere dos características que son intrínsecas a la construcción del modelo, a saber: i) que los activos empleados en la simulación no son lo suficientemente diferentes entre sí; y ii) que la mayor parte de las ventajas de diversificación se logran con la optimización de pasivos, por lo que en una optimización agregada alcanzaremos rápidamente soluciones de esquina en la composición de los activos. En cuanto al primer punto, es una consecuencia directa de la utilización del modelo CAPM y de la matriz de correlaciones generada resultante, por lo que en futuras líneas de investigación se sugiere dotar de un mayor grado de complejidad a la

simulación de activos. En cuanto a las ventajas de la diversificación, es una consecuencia de la elección de una compañía aseguradora de no vida, dado que el componente fundamental de la cuenta de resultados proviene de los ingresos que se obtienen de la correcta estimación de las reservas de la compañía, mientras que aquellos procedentes de los activos tienden a ser inferiores en comparación, como se puede observar en la siguiente tabla, donde se observa que las primas no consumidas suponen 56 millones de euros de beneficio, frente a los 1.79 generados por el retorno esperado de los activos:

Balance final presupuestado	
Primas consumidas (informativo)	
Primas consumidas 1	0,00
Primas consumidas 2	19.351.628,06
Primas consumidas 3	24.518.697,55
Pasivos	63.583.409,43
Primas no consumidas 1	0,00
Primas no consumidas 2	19.351.628,06
Primas no consumidas 3	36.778.046,33
Hacienda	3.763.735,04
Capital	3.690.000,00
Activos	63.583.409,43
Activos financieros	63.583.409,43
P&L	
Primas no consumidas	56.129.674,39
E(R) activos	1.792.873,41
Gastos devengados	-40.000.000,00
Impuestos	-3.763.735,04
P&L (+ ganancia)	14.158.812,76
% Beneficio s/total Primas	*3,10%*
% Beneficio s/total Assets	*96,90%*

Tabla 11.3 Balance final de la compañía tras realizar el proceso de optimización de balance.

En lo que a la composición de los pasivos se refiere, los resultados de la optimización muestran que es necesario concentrar los esfuerzos de colocación de primas en torno a dos de las ramas, como se describe en la tabla siguiente:

Peso de los pasivos	
Rama 1	0,00%
Rama 2	38,70%
Rama 3	61,30%
Total	100,00%

Tabla 11.4 Pesos de los pasivos de la compañía tras la optimización del balance.

Cuando las principales características de dichas ramas de pasivo se establecieron del siguiente modo:

Rama 1	29,96%
Reservas iniciales	60,00%
Stdev 1	14,00%
Rama 2	37,65%
Reservas iniciales	50,00%
Stdev 2	15,00%
Rama 3	32,39%
Reservas iniciales	40,00%
Stdev 3	16,00%
Total ramas	100,00%

Tabla 11.5 Situación inicial de las ramas de pasivo de la compañía.

Como puede observarse, se descartó aquella rama con un mayor número de reservas iniciales y una menor volatilidad, esto es, aquella con una menor rentabilidad, pero más estable.

En cuanto a la *hipótesis secundaria* a la que se hace referencia en este trabajo, ésta se centra en la posibilidad de establecer diferentes niveles de incentivos al crecimiento

orgánico de la compañía en aquellas ramas de negocio cuyo incremento marginal en el pasivo de la entidad resulten en una mejora significativa en la configuración del balance de la misma. En esta ocasión, la pregunta que se realiza es la siguiente: ¿es posible acelerar la optimización del balance de una compañía mediante el uso de incentivos en el precio de las pólizas en aquellos productos que naturalmente ofrecen un mayor beneficio de diversificación en los flujos de caja de la compañía? Para ello, es necesario, como se indicó anteriormente, asumir que una rebaja en el precio de cierto producto supondrá una diferencia positiva en el segmento de demanda que se está estudiando, de manera que sea posible atraer un mayor número de clientes, esto es: la demanda es reactiva ante cambios de precio. Responder a esta pregunta positivamente supondría introducir en el establecimiento del precio de los productos una variable adicional, cuyo cometido consista en recoger el beneficio o la mejora marginal que la compañía experimenta en el momento en el que cambia su perfil de pasivos cuando el capital requerido mejore, y viceversa, esto es, que encarezca determinados productos y servicios cuando su crecimiento orgánico dentro del balance resulte en un perfil de capital no deseable. La hipótesis secundaria se ha definido de la siguiente forma:

H2: Pueden establecerse mejoras en la estructura de capital de la compañía estableciendo alteraciones en el precio de los pasivos ofrecidos a los clientes.

Según el modelo desarrollado en este trabajo, es posible incorporar dicho efecto en el precio de las pólizas y, de hecho, se propone una metodología de implementación estratégica que permita a la compañía una reconfiguración de largo plazo para alcanzar el grado óptimo de composición de balance.

Con el objeto de ilustrar la conclusión anterior se toma como ejemplo el ejercicio realizado para la rama 1 de pasivos, partiendo de una situación inicial como la que se describe a continuación:

Peso de los pasivos	
Rama 1	33,33%
Rama 2	33,33%
Rama 3	33,33%
Total	100,00%

Tabla 11.6 Situación de partida de los pesos de las ramas de pasivo de la compañía.

Considerando unos pesos como los descritos anteriormente, se obtiene un ratio de retorno sobre unidad de capital empleado de 0.7476, como se describe a continuación:

Beneficio esperado (€)	13.804.853,66
Capital inicial	18.500.000,00
Capital necesario	18.465.486,13
Retorno/capital	0,7476

Tabla 11.7 Principales métricas de retorno y capital iniciales de la compañía.

Se procedió, a continuación, a incrementar el peso de los pasivos de la rama 1 en un 1%. Es necesario recordar que, como se concluyó en la hipótesis fundamental revisada anteriormente, este ramo de pasivo idealmente carece de incentivos de crecimiento en un entorno de optimización. Los pesos resultantes son los siguientes:

Peso de los pasivos	
Rama 1	34,33%
Rama 2	32,83%
Rama 3	32,83%
Total	100,00%

Tabla 11.8 Pesos de las ramas de los pasivos tras incrementar el peso de la rama 1 en un 1%.

Dicho cambio produce un deterioro en el ratio de retorno sobre capital de -0.0114, como se observa en la siguiente tabla:

Beneficio esperado (€)	-150.000,00
Capital inicial	0,00
Capital necesario	82.433,32
Retorno/capital	-0,0114

Tabla 11.9 Principales métricas de retorno y capital de la compañía tras incrementar el peso del ramo 1 en un 1%.

Como se mostró en el desarrollo de este trabajo, se puede desincentivar el crecimiento en dicha rama de negocio ajustando el precio marginal de cada póliza vendida de tal manera que el ratio de retorno por unidad de capital se mantenga inalterado con respecto a la situación inicial, como se puede comprobar a continuación:

Rama 1	34,33%
Reservas iniciales	59,62%
Stdev 1	14,00%
Rama 2	32,83%
Reservas iniciales	50,00%
Stdev 2	15,00%
Rama 3	32,83%
Reservas iniciales	40,00%
Stdev 3	16,00%
Total ramas	100,00%
Beneficio esperado (€)	13.783.845,16
Capital inicial	18.500.000,00
Capital necesario	18.437.385,00
Retorno/capital	0,7476

Tabla 11.10 Estructura de los pasivos y principales métricas de retorno y capital cuando se incrementa el peso de la rama 1 en un 1%.

Se puede concluir que es posible incorporar al precio de cierta póliza parte de la mejora marginal que la compañía experimenta en términos de rentabilidad por unidad de capital. Un proceso como el descrito anteriormente facilitaría la transición hacia modelos de negocio que revisten de mayor sentido en términos económicos, a la par que, al compartir parte de ese beneficio inicial con el cliente, se incrementan además las posibilidades de establecerse como un actor diferencial en el ámbito competencial del sector asegurador que corresponda. Por tanto, podemos concluir que, dado que existe un fuerte incentivo por parte de las compañías aseguradoras para crecer y ofrecer un mejor perfil de retorno a sus accionistas, es deseable el introducir mecanismos que incentiven el crecimiento orgánico en aquellas ramas de negocio que más aportan a dicha iniciativa.

Adicionalmente a la evaluación de las hipótesis mencionadas, se ha realizado un análisis de sensibilidades de cada uno de los elementos principales que componen el balance de la compañía aseguradora. A continuación se describen los principales elementos de cada uno de ellos:

Se comenzará analizando las conclusiones relacionadas con la estructura de costes de la compañía. Pese a que la misma podría considerarse como una restricción del problema, se exploró la posibilidad de alterar los costes fijos y variables establecidos, dado que es una de las fuentes esperadas de tener una contribución negativa a la cuenta de resultados de la compañía.

Como era de esperar, un incremento en los *costes fijos* de la compañía redujo las métricas de rentabilidad de la compañía sin que dicho efecto pudiera ser subsanado por ningún otro parámetro del modelo.

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Pasivos	68.361.985,31	**Pasivos**	67.941.985,31	-420.000,00
Primas no consumidas 1	11.983.110,79	Primas no consumidas 1	11.983.110,79	0,00
Primas no consumidas 2	18.826.064,36	Primas no consumidas 2	18.826.064,36	0,00
Primas no consumidas 3	19.434.056,59	Primas no consumidas 3	19.434.056,59	0,00
Hacienda	3.118.753,58	Hacienda	2.698.753,58	-420.000,00
Capital	15.000.000,00	Capital	15.000.000,00	0,00
Activos	68.361.985,31	**Activos**	67.941.985,31	-420.000,00
Activos financieros	68.361.985,31	Activos financieros	67.941.985,31	-420.000,00
P&L		**P&L**		0,00
Primas no consumidas	50.243.231,73	Primas no consumidas	50.243.231,73	0,00
E(R) activos	4.607.975,77	E(R) activos	4.607.975,77	0,00
Gastos devengados	-40.000.000,00	Gastos devengados	-42.000.000,00	-2.000.000,00
Impuestos	-3.118.753,58	Impuestos	-2.698.753,58	420.000,00
P&L (+ ganancia)	11.732.453,93	P&L (+ ganancia)	10.152.453,93	-1.580.000,00

Tabla 11.11 Evolución del balance de la compañía y la cuenta de resultados tras un incremento en los costes variables

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Posición actual de capital	15.000.000,00	**Posición actual de capital**	15.000.000,00	0,00
Posición actual de capital	15,00%	**Posición actual de capital**	15,00%	0,00%
Nº de casos	10.000,00	**Nº de casos**	10.000,00	0,00
Capital shortfall	189,00	**Capital shortfall**	283,00	94,00
P-value	98,11%	**P-value**	97,17%	-0,94%
CVaR	-4.481.104,37	**CVaR**	-4.669.218,47	-188.114,10

Tabla 11.12 Evolución de las métricas de riesgo tras un incremento en los costes variables.

Se observó, adicionalmente, como la totalidad de los escenarios finales de capital simulados se desplazaron hacia la izquierda, reduciendo el p-valor en un 0.94%, contando con que se halla la quiebra en un mayor número de escenarios.

Al igual que sucedía con los costes fijos, al introducir cambios en los *costes variables* se observó un decremento lineal y similar al que se producía en el caso anterior. En este caso, de modo diferencial, se comprobó cómo las métricas de rentabilidad recibían un impacto elevado, como puede comprobarse a continuación:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Costes operativos	40,00%	**Costes operativos**	42,00%	2,00%
Costes operativos (€)	40.000.000,00	**Costes operativos (€)**	42.000.000,00	2.000.000,00
Costes fijos	20.000.000,00	**Costes fijos**	20.000.000,00	0,00
Beneficio esperado	14,85%	**Beneficio esperado**	12,85%	-2,00%
Beneficio esperado (€)	14.851.207,51	**Beneficio esperado (€)**	12.851.207,51	-2.000.000,00
Tax rate	21,00%	**Tax rate**	21,00%	0,00%
ROE	78,22%	**ROE**	67,68%	-10,53%

Tabla 11.13 Evolución de las métricas de beneficios tras un incremento en los costes variables de la compañía.

En lo que al *volumen de primas agregadas* contratadas respecta, los principales efectos se observaron en la composición del balance, que sufrió una distorsión cuyo efecto fundamental supuso un incremento significativo en los retornos obtenidos:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Balance final presupuestado		**Balance final presupuestado**		
Primas consumidas (informativo)		**Primas consumidas (informativo)**		
Primas consumidas 1	17.974.666,18	Primas consumidas 1	19.772.132,80	1.797.466,62
Primas consumidas 2	18.826.064,36	Primas consumidas 2	20.708.670,79	1.882.606,44
Primas consumidas 3	12.956.037,73	Primas consumidas 3	14.251.641,50	1.295.603,77
Pasivos	68.361.985,31	**Pasivos**	75.618.183,84	7.256.198,53
Primas no consumidas 1	11.983.110,79	Primas no consumidas 1	13.181.421,87	1.198.311,08
Primas no consumidas 2	18.826.064,36	Primas no consumidas 2	20.708.670,79	1.882.606,44
Primas no consumidas 3	19.434.056,59	Primas no consumidas 3	21.377.462,25	1.943.405,66
Hacienda	3.118.753,58	Hacienda	3.850.628,93	731.875,36
Capital	15.000.000,00	Capital	16.500.000,00	1.500.000,00
Activos	68.361.985,31	**Activos**	75.618.183,84	7.256.198,53
Activos financieros	68.361.985,31	Activos financieros	75.618.183,84	7.256.198,53
P&L		**P&L**		0,00
Primas no consumidas	50.243.231,73	Primas no consumidas	55.267.554,91	5.024.323,17
E(R) activos	4.607.975,77	E(R) activos	5.068.773,35	460.797,58
Gastos devengados	-40.000.000,00	Gastos devengados	-42.000.000,00	-2.000.000,00
Impuestos	-3.118.753,58	Impuestos	-3.850.628,93	-731.875,36
P&L (+ ganancia)	11.732.453,93	P&L (+ ganancia)	14.485.699,32	2.753.245,39

Tabla 11.14 Cambio en el balance tras un incremento proporcional de las primas contratadas.

Dicho incremento proporcional se explica por la ausencia de incrementos en los costes fijos de la compañía, que no varían tras un incremento de primas. Como era de esperar, se logran economías de escala siempre que esta relación se mantenga intacta, de

manera que el crecimiento orgánico de la compañía es sostenible en el futuro. Los costes variables sí se incrementan cuando el volumen de primas sube, pero este coste no es lo suficientemente elevado como para compensar el incremento en beneficios de dicho efecto. Observamos también que la base de activos se incrementó, debido fundamentalmente a que la compañía poseerá más activos invertibles en la cartera óptima.

En lo que a la estructura de pasivos de la compañía respecta, se exploraron cambios en las desviaciones estándar de la siniestralidad de las ramas de negocio, las reservas iniciales de la compañía, así como los pesos en las ramas de negocio, cuyas conclusiones hemos expuesto al analizar la hipótesis secundaria en los párrafos anteriores. A continuación se describen las conclusiones de cada análisis.

Comenzando por las desviaciones estándar de la *siniestralidad de las ramas de negocio*, encontramos que esta variable es una de las principales variables a estudiar dentro de cada rama de negocio. El principal factor que hace que sean tan significativas viene justificado por el gran volumen de reservas que las compañías de no vida poseen en cada uno de dichos ramos, de manera que la volatilidad de las mismas es, asimismo, una cantidad elevada si se la compara con el balance.

El principal indicador afectado es el incremento que se produce en los flujos de caja de la compañía, como puede observarse en la siguiente tabla:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Asset volatility (expected)	12,42%	Asset volatility (expected)	12,42%	0,00%
Asset volatility (real)	11,48%	Asset volatility (real)	11,48%	0,00%
Liability volatility (expected	15,02%	Liability volatility (expected	15,59%	0,56%
Liability volatility (real)	14,72%	Liability volatility (real)	15,28%	0,56%
Cash flow vol (real)	13,57%	Cash flow vol (real)	13,69%	0,12%

Tabla 11.15 Cambio en las volatilidades de los flujos de la compañía tras un incremento en la siniestralidad de las ramas de negocio.

Este incremento en la volatilidad de los flujos de caja tuvo un impacto directo y esperable en el capital necesario para mantener la compañía en funcionamiento, ya que la distribución de probabilidades en los escenarios simulados se incrementó en ambos extremos. Dichos cambios se observan en la siguiente tabla:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Posición actual de capital	15.000.000,00	**Posición actual de capital**	15.000.000,00	0,00
Posición actual de capital	15,00%	**Posición actual de capital**	15,00%	0,00%
Nº de casos	10.000,00	**Nº de casos**	10.000,00	0,00
Capital shortfall	189,00	**Capital shortfall**	201,00	12,00
P-value	98,11%	**P-value**	97,99%	-0,12%
CVaR	-4.481.104,37	**CVaR**	-4.500.276,59	-19.172,22
Percentil	99,50%	**Percentil**	99,50%	0,00%
Posición	50	**Posición**	50	0
Capital necesario	-6.211.939,62	**Capital necesario**	-6.555.548,76	-343.609,14

Tabla 11.16 Cambios en el capital necesario tras un incremento en la siniestralidad de las ramas de negocio.

En lo que a una *variación en las reservas iniciales de la compañía* se refiere, los principales cambios se observaron en la variación existente en el beneficio esperado, así como de la caída proporcional en el ratio de beneficio de la compañía, como se puede observar en la tabla siguiente:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Beneficio esperado	14,85%	**Beneficio esperado**	14,70%	-0,15%
Beneficio esperado (€)	14.851.207,51	**Beneficio esperado (€)**	14.701.207,51	-150.000,00
Tax rate	21,00%	**Tax rate**	21,00%	0,00%
ROE	78,22%	**ROE**	77,43%	-0,79%

Tabla 11.17 Cambios en las métricas de rentabilidad tras una variación en las reservas iniciales de la compañía.

Esta variación parece lógica a priori, puesto que el cambio en dichas reservas no tiene un impacto directo en la dispersión de los escenarios simulados que harán que el capital de la compañía varíe, por lo que su efecto es limitado.

Continuando con las variaciones en la estructura de los activos de la compañía, se analizaron cambios en la prima de riesgo, el retorno esperado de los activos, su volatilidad, y la volatilidad general del mercado. Las conclusiones relacionadas con cada uno de estos elementos se expondrán a continuación.

Comenzando por las variaciones experimentadas tras variar la *prima de riesgo* de los activos, encontramos que esta variable se configura como uno de los puntos más sensibles dentro del modelo, ya que su composición altera tanto los rendimientos de la totalidad de los activos en sí mismos, como la posición de capital final de la compañía. Un incremento de un 1% en la prima de riesgo de los activos, sin un cambio subsecuente en su volatilidad, produjo un incremento de la rentabilidad esperada de los activos superior a 1.35 millones de euros, como puede observarse en la siguiente tabla:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Total activos (€)	115.000.000,00	**Total activos (€)**	115.000.000,00	0,00
E(R) de los activos	4,01%	**E(R) de los activos**	5,21%	1,20%
E(R) de los activos (€)	4.607.975,77	**E(R) de los activos (€)**	5.991.166,08	1.383.190,31
Volat de los activos	11,48%	**Volat de los activos**	11,48%	0,00%
Volat de los activos (€)	13.201.727,13	**Volat de los activos (€)**	13.201.727,13	0,00

Tabla 11.18 Incremento en la rentabilidad de la compañía tras un incremento en la prima de riesgo.

De igual modo, el perfil de retornos de la compañía se ha desplazado hacia la derecha en la distribución de probabilidades, de modo que la posición de capital de la compañía ha mejorado en una cantidad equivalente, liberando capital, como puede observarse en la siguiente tabla:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Posición actual de capital	15.000.000,00	Posición actual de capital	15.000.000,00	0,00
Posición actual de capital	15,00%	Posición actual de capital	15,00%	0,00%
Nº de casos	10.000,00	Nº de casos	10.000,00	0,00
Capital shortfall	143,00	Capital shortfall	112,00	-31,00
P-value	98,57%	P-value	98,88%	0,31%
CVaR	-3.948.074,55	CVaR	-3.807.698,95	140.375,60
Percentil	99,50%	Percentil	99,50%	0,00%
Posición	50	Posición	50	0
Capital necesario	-4.364.266,09	Capital necesario	-3.283.425,70	1.080.840,39

Tabla 11.19 Cambios en las métricas de riesgo y capital tras un incremento en la prima de riesgo de los activos.

Continuando con un análisis de la variación del *retorno esperado de los activos*, se observó que el efecto es absolutamente idéntico al del análisis anterior y relacionado con la prima de riesgo de los mismos. Puede observarse un ejemplo de lo anteriormente descrito en la tabla siguiente, describiendo el efecto en el retorno esperado de los activos:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Total activos (€)	115.000.000,00	Total activos (€)	115.000.000,00	0,00
E(R) de los activos	4,01%	E(R) de los activos	5,21%	1,20%
E(R) de los activos (€)	4.607.975,77	E(R) de los activos (€)	5.991.166,08	1.383.190,31
Volat de los activos	11,48%	Volat de los activos	11,48%	0,00%
Volat de los activos (€)	13.201.727,13	Volat de los activos (€)	13.201.727,13	0,00

Tabla 11.20 Cambios en el retorno esperado de los activos tras un incremento en el retorno esperado de los mismos.

Similar resultado ofrecieron las variaciones puntuales realizadas en la *volatilidad de los activos*, con un impacto muy limitado en la totalidad del balance de la compañía. En este caso, el aumento de la volatilidad observada tras un incremento puntual, supuso una pequeña variación al alza en el capital necesario de la compañía:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Posición actual de capital	15.000.000,00	Posición actual de capital	15.000.000,00	0,00
Posición actual de capital	15,00%	Posición actual de capital	15,00%	0,00%
Nº de casos	10.000,00	Nº de casos	10.000,00	0,00
Capital shortfall	143,00	Capital shortfall	144,00	1,00
P-value	98,57%	P-value	98,56%	-0,01%
CVaR	-3.948.074,55	CVaR	-3.929.404,15	18.670,40
Percentil	99,50%	Percentil	99,50%	0,00%
Posición	50	Posición	50	0
Capital necesario	-4.364.266,09	Capital necesario	-4.373.612,35	-9.346,26

Tabla 11.21 Cambios experimentados en las métricas de capital tras un incremento localizado en la volatilidad de los activos.

Por el contrario, se pudieron extraer conclusiones más significativas al realizar variaciones en la *volatilidad general del mercado*, como se puede observar en la tabla siguiente:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Total activos (€)	115.000.000,00	Total activos (€)	115.000.000,00	0,00
E(R) de los activos	4,01%	E(R) de los activos	3,92%	-0,09%
E(R) de los activos (€)	4.607.975,77	E(R) de los activos (€)	4.508.055,40	-99.920,37
Volat de los activos	11,48%	Volat de los activos	12,38%	0,90%
Volat de los activos (€)	13.201.727,13	Volat de los activos (€)	14.242.323,85	1.040.596,72

Tabla 11.22 Incremento en la volatilidad de los activos tras experimentar un incremento en la volatilidad del mercado.

Este incremento notable en la volatilidad tuvo un impacto proporcional en el desplazamiento del p-valor en la distribución de probabilidades de la compañía,, como se puede observar a continuación:

Situación inicial		Situación actual		Cambio
Posición actual de capital	15.000.000,00	**Posición actual de capital**	15.000.000,00	0,00
Posición actual de capital	15,00%	**Posición actual de capital**	15,00%	0,00%
Nº de casos	10.000,00	**Nº de casos**	10.000,00	0,00
Capital shortfall	143,00	**Capital shortfall**	205,00	62,00
P-value	98,57%	**P-value**	97,95%	-0,62%
CVaR	-3.948.074,55	**CVaR**	-4.451.468,73	-503.394,18
Percentil	99,50%	**Percentil**	99,50%	0,00%
Posición	50	**Posición**	50	0
Capital necesario	-4.364.266,09	**Capital necesario**	-6.265.515,37	-1.901.249,28

Tabla 11.23 Incremento en las necesidades de capital tras un incremento en la volatilidad de los activos de mercado.

Por tanto, debe esperarse que un incremento significativo y generalizado en el régimen de volatilidades de los activos genere una mayor necesidad de capital. Esta conclusión es muy relevante, dado que es de esperar que los períodos de mayor volatilidad financiera, posiblemente causados por causas exógenas a la compañía, podrían estar potencialmente ligados a la caída en las valoraciones de dichos activos. En un escenario como el descrito, el incremento en las necesidades de capital vendrá dado por dos factores concurrentes: el incremento de volatilidad, por un lado, y la reducción del margen de solvencia de la compañía, como consecuencia de un menor valor de los activos, por otro. Es por ello que la diversificación y la búsqueda de activos que compensen este tipo de movimientos en etapas de alta volatilidad es recomendada, siendo ésta una de las conclusiones más relevantes de este trabajo.

También se realizaron análisis de las variaciones en los niveles de los *tipos impositivos*. Dado que esta variable tiene su impacto una vez se ha realizado toda la actividad regular de la compañía, su impacto en los ratios de capital calculados hasta el momento no es significativo. Sin embargo, se ha concluido que la existencia de tipos

impositivos en los casos en que la compañía genera un resultado positivo posee un efecto suavizador en lo flujos de caja de la compañía considerados después de impuestos, y que esa volatilidad de los mismos pasa a estar soportada por el estado. De esta forma, el perfil de volatilidad de flujos de la compañía, desde el punto de vista de un inversor, queda reducido en los casos en los que los tipos son distintos de cero, y será mayor cuanto mayor sea esta cifra, pese a que esto haría que el interés por potenciales inversiones en el país en que la compañía realiza su actividad decline necesariamente.

Como conclusión, la construcción y desarrollo del balance de una compañía aseguradora posee muchos prismas que deben ser atendidos como un todo, y no como aspectos separados de un mismo problema. La implementación de Solvencia II ha supuesto un paso en la integración de los riesgos del balance de las compañías en una serie de parámetros homogéneos que son coherentes con el riesgo asumido. Sin embargo, la implementación de nuevas directivas regulatorias no debe ser el único motor de desarrollo del conocimiento de los propios riesgos de las compañías: un mejor asesoramiento de los riesgos que conlleva el desarrollo de la actividad normal de una aseguradora repercutirá en una mejor preparación para los distintos retos que depara el futuro. Por otra parte, mientras la teoría económica avanza a la par que la capacidad de cálculo permite ejercicios de simulación y desarrollo que eran imposibles hasta hace unos años, principios muy similares siguen siendo el pilar fundamental de una buena gestión del riesgo, como son la diversificación de los riesgos y la búsqueda de valor añadido para los distintos agentes que forman parte de las compañías.

12 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

A lo largo de esta Tesis Doctoral se han señalado diversos aspectos que son susceptibles de una investigación posterior, cuyo origen se justifica por el carácter exploratorio de la misma, empleando como vehículo fundamental un modelo construido con tal propósito. Adicionalmente, al intentar recrear la naturaleza particular de una compañía aseguradora en el actual entorno regulatorio pueden abarcarse una gran cantidad de problemáticas y casuísticas que no pueden ser recogidas en su totalidad o, al menos, que deben ser reducidas o simplificadas con el objeto de extraer posteriormente conclusiones válidas. A continuación, se detallan algunas de estas posibles futuras líneas de investigación, sin el ánimo de ser extensivos.

En lo que a los activos respecta, un mayor detalle de los distintos instrumentos disponibles para su inversión sería deseable, diferenciando entre renta fija y renta variable o, en su defecto, incorporando información concreta sobre la prima de riesgo asumida en cada uno de ellos. Tal incorporación proveería de una mayor riqueza informativa sobre el impacto que determinado cambio en la estructura del modelo puede tener según clases de activos, por ejemplo.

Del mismo modo, es planteable el incorporar un modelo de estimación de rentabilidad de los activos basado en las expectativas futuras de mercado o que, al menos, pueda incorporar una visión ad hoc de largo plazo desde el punto de vista de la gestión de la compañía. Esto evitaría en gran medida que la configuración del balance esté exclusivamente basada en información y datos pertenecientes al pasado, fallando al incorporar las nuevas expectativas.

En el caso de los pasivos, sería deseable realizar un análisis similar para compañías del ramo de vida, ligadas a la evolución de los tipos de interés y al casamiento de flujos de activo contra pasivo. En este caso, como se indicó con anterioridad, la sensibilidad al movimiento de los tipos de interés en los casos en los que la duración de los activos y los pasivos sea elevada seguramente tienda a restar importancia al componente actuarial de la cuenta de resultados, dejando menos espacio a la optimización. Esta hipótesis en sí misma es susceptible de ser considerada.

En cuanto a la estructura de la compañía, ésta cuenta con costes fijos operativos y un coste por cada una de las primas que se contratan, establecidos de forma lineal. Este planteamiento limita en mayor medida el estudio que determinadas dinámicas de economías de escala puedan explorarse, por lo que también se recomienda investigar esta asunción en concreto en el futuro. Dicho efecto también está ligado a la naturaleza de las ramas de negocio descritas. El modelo establece que las estructuras de costes son idénticas en cada una de las ramas y esta asunción resta capacidad de mejora a la línea de ingresos de la compañía en un proceso de optimización, lo que puede resultar en un punto de mejora en el futuro.

Por otra parte, el modelo plantea la existencia de un único período, de modo que solamente existe un punto de partida y un punto final. El motivo fundamental consiste en lograr una mayor sencillez en la ejecución del modelo. Sin embargo, el establecimiento de distintos puntos de observación a lo largo del período planteado puede ofrecer una visión más rica de las distintas alternativas a las que se enfrenta la compañía en cada punto del camino, y es posible que las hipótesis establecidas para calcular la volatilidad de los flujos de caja puedan verse comprometidas en algún

momento. Por ejemplo, es posible que se alcance el punto de ruina económica o de capital negativo mucho antes de la finalización del período analizado, lo que permitiría a la aseguradora cierto grado de control sobre la situación en la que se encuentre en cada momento. Es por ello que sería recomendable para futuras líneas de investigación la exploración de un proceso de optimización basado en múltiples etapas.

BIBLIOGRAFÍA.

ALONSO-CONDE, A. B., MORENO-VOZMEDIANO, R. (2004): "A High Throughput Solution for Portfolio VAR Simulation". *Transactions on Business and Economics*. Issue 1, Vol. 1, pp. 1-6

AULT, HUGH J. (2013): "Some Reflections on the OECD and the Sources of International Tax Principles". Reprinted from *Tax Notes International*. Vol. 70, Número 12, pp. 1195.

BABBEL, D.F. (2001): "Asset/Liability Management for Insurers in the New Era: Focus on Value". *Journal of Risk Finance*, October.

BABBEL, D.F. Y STAKING, K.B. (1995): "The Relation Between Capital Structure, Interest Rate Sensitivity and Market Value in the Property-Liability Insurance Industry". *Journal of Risk and Insurance*, 62, pp. 690-718.

BANCO INTERNACIONAL DE PAGOS (1994): "Public Disclosure of Market and Credit Risks by Financial Intermediaries (Fisher Report)". *Eurocurrency Standing Committee of the Central Banks of the Group of Ten Countries*.

BARANOFF, E. G., SAGER, T. W., Y WITT, R. C. (1999). "Industry Segmentation and Predictor Motifs for Solvency Analysis of the Life/Health Insurance Industry". *Journal of Risk and Insurance*. Vol. 66(1), pp. 99–123.

BASAK, S. (1995): "A General Equilibrium Model of Portfolio Insurance". *Review of Financial Studies*, 8, pp. 1059-1090.

BASAK, S., Y SHAPIRO, A., (2001). "Value a Risk-Based Risk Management: Optimal Policies and Asset Prices". *Review of Financial Studies*. Vol. 14, pp. 371-405.

BASU, S. (2009): "Stress Testing for Market Risk: A Comparison of VAR Methods". *SSRN Electronic Journal*. DOI: 10.2139/ssrn.1370965.

BEDER, T. S. (1995): "VaR: Seductive but Dangerous". *Financial Analysts Journal.* Sept-Oct.

BERKELAAR A. B., KOBOR A. Y TSUMAGARI M. (2006): "The Sense and Nonsense of Risk Budgeting". *Financial Analysts Journal*, 62(5), pp. 63-75.

BETZUEN-ZALBIDEGOITIA, A.Y BETZUEN-ÁLVAREZ, A. J. (2015): "La posibilidad de un índice de longevidad para la Unión Europea bajo las directrices de solvencia II". *Anales del Instituto de Actuarios Españoles*. Nº 21, pp. 73-106.

BILBAO-TEROL, A., PÉREZ GLADISH, B., ANTOMIL IBIAS, J. (2006): "Selecting the Optimum Portfolio using Fuzzy Compromise Programming and Sharpe's Single-Index Model". *Applied Mathematics and Computation*. Vol. 182(1), pp. 644-664.

BINSBERGEN, J.H. VAN, Y M.W. BRANDT (2006): "Optimal Asset Allocation in Asset Liability Management". *Working paper*. Fuqua School of Business.

BLACK, F. (1972): "Capital Market Equilibrium with Restricted Borrowing". *Journal of Business*. 45:3, pp. 444-454.

BLACK, F. (1980): "The Tax Consequences of Long-Run Pension Policy". *Financial Analysts Journal*. July-August, pp. 3–10.

BLACK, F. (1995)." Interest Rates as Options". *Journal of Finance*, December.

BLACK, F., JENSEN, M. C. Y SCHOLES, M. (1972): "The Capital Asset Pricing Model: Some Empirical Test". Ed: Praeger Publishers, Usa.

BLACK, F., Y LITTERMAN, R. (1991): "Global Asset Allocation with Equities, Bonds and Currencies". *Goldman Sachs Fixed Income Research*. Note, October, 1991.

BLACK, F. Y TREYNOR, J. (1973): "How to use security analysis to improve portfolio selection". *Journal of Business*. January, pp. 66-88.

BODOUKH, J., RICHARDSON, M., Y WHITELAW, R. (1998): The Best of Both Worlds". *Risk*. Vol. 11, pp. 64-67.

BORCH, K. (1990): Economics of insurance. Ed: North-Holland. Amsterdam.

BROWNE, M. J., CARSON, J. M., Y HOYT, R. E. (1999): "Economic and Market Predictors in the Life-Health Insurance Industry". *Journal of Risk and Insurance*. Vol. 66(4), pp. 643–659.

BRUDER, B. Y RONCALLI, R. (2012): "Managing Risk Exposures using the Risk Budgeting Approach". *Lyxor Asset Management, Université d'Evryval d'Essonne*.

BUTSIC, R. (1994): "Solvency Measurement for Property-Liability Risk-Based Capital Applications". *The Journal of Risk and Insurance*. Vol. 61, No. 4, pp. 656-690.

CABEDO J. D., Y MOYA I. (2003): "Estimating Oil Price Value at Risk Using the Historical Simulation Approach". *Energy Economics*, v25, pp. 239-253.

CARSON, J. M., Y HOYT, R. E. (2000). "Evaluating the Risk of Life Insurer Insolvency: Implications from the U.S. for the European Union". *Journal of Multinational Financial Management*. Vol. 10(3), pp. 297–314.

CHEN, R., Y WONG, K. A. (2004): "The Determinants of Financial Health of Asian Insurance Companies". *Journal of Risk and Insurance*. Vol. 71(3), pp. 469-499.

COMITÉ DE SUPERVISIÓN BANCARIA DE BASILEA (2014): "Implementación de las normas de Basilea: Informe a los líderes del G-20sobre la implementación de las reformas reguladoras de Basilea III". *Banco de Pagos Internacionales*, Noviembre 2014.

CONNOR, G. (1982): "Asset pricing theory in factor economies". Ph.D. dissertation, Yale University, New Haven, CT.

CORNIA, G., C., Y NELSON, R., D. (2010): "State Tax Revenue Growth and Volatility". *Federal Reserve Bank of St. Louis Regional Economic Development*. Vol. 6(1), pp. 23-58.

CRAMÉR, H. (1930): On the Mathematical Theory of Risk. Skandias-Festskrift, pp. 7-84. Ed: Försäkringsaktiebolaget. Stockholm.

CRAMÉR, H. (1946): Mathematical Methods of Statistics. pp. 182-183. Ed: Princeton University Press. USA.

CUMMINS, J. D. (1991): "Statistical and Financial Models of Insurance Pricing and the Insurance Firm". *Journal of Risk and Insurance*, 58, pp. 267-301.

CUMMINS, J. D. Y LAMM-TENNANT, J. (1994): "Capital Structure and Cost of Capital in Property-Liability Insurance". *Insurance: Mathematics and Economics*, 15, pp. 187-201.

CUMMINS, J. D., Y NINI, G. P. (2002): "Optimal Capital Utilization by Financial Firms: Evidence from the Property-Liability Insurance Industry". *Journal of Financial Services Research*. Vol. 21(1), pp. 15–53.

CUMMINS, J. D. Y NYE D. J. (1981): "Portfolio Optimization Models for Property-Liability Insurance Companies: An Analysis and Some Extensions". *Management Science*, April.

DAI, Z., SHACKELFORD, D., Y ZHANG H. (2006): "Capital Gains Taxes and Stock Return Volatility". *NBER working paper*.

DAI, Z., MAYDEW, E., SHACKELFORD, D. Y ZHANG, H. (2006): "Capital Gains Taxes and Asset Prices: Capitalization or Lock-in?". *NBER working paper*.

DAYKIN, C.D., BERNSTEIN, G.D., COUTTS, S.M., DEVITT, E.R.F., HEY, G.B., REYNOLDS, D.I.W. Y SMITH, P.D., (1987): "Assessing the Solvency and Financial Strength of a General Insurance Company". *Journal of the Institute of Actuaries*, 114, pp. 227-310.

DE LA PEÑA, J. I. (1997): "El Riesgo de Interés en Seguros y Pensiones: Una Aproximación Actuarial". *Anales del Instituto de Actuarios Españoles*, Tercera época, Nº 2, pp. 49-172.

DE LA PEÑA, J. I. (2002): "Riesgo de Interés en las Operaciones Actuariales clásicas: Una valoración a través de la duración". *Anales del Instituto de Actuarios Españoles*. Nº 7, Tercera Época, pp. 135-168.

DE LA PEÑA, J. I. (2004): "Condiciones para una Inmunización por Duraciones para Seguros a Prima Periódica". *Anales del Instituto de Actuarios Españoles*. Nº 8, Tercera Época, pp. 49-86.

DE LA PEÑA, J. I., ITURRICASTILLO, I., MORENO, R., TRIGO, E. (2009). "Provisión matemática a tipo de interés de mercado". *Anales del Instituto de Actuarios Españoles*. Tercera época, número 15, pp. 101-140.

DIONNE, G. Y HARRINGTON, S.E. (1992): An Introduction to Insurance Economics. Ed: Kluwer Academic Publishers. Boston.

ELING, M., SCHMEISER, H., Y SCHMIT, J. T. (2003): "The Solvency II Process: Overview and Critical Analysis". *Risk Management and Insurance Review*. Vol. 10, No. 1, pp. 69-85.

ENGLE, R. (2002): "Dynamic Conditional Correlation: A Simple Class of Multivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity Models. *Journal of Business and Economic Statistics*, 20(3), pp. 339-350.

FAMA, E. (1970): "Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work". *Journal of Finance*. 25:2, pp. 383-417.

FAMA, E. F., Y FRENCH, K. R. (1992): "The Cross-Section of Expected Stock Returns". *Journal of Finance*, Volume 47, Issue 2, pp. 427–465.

FAMA, E. F., Y FRENCH, K. R. (2002a): "The Equity Premium". *Journal of Finance*, vol. 57, no. 2, p. 637-660.

FAMA, E. F., Y FRENCH, K. R. (2002B): "Testing Trade-off and Pecking Order Predictions about Dividends and Debt". *The Review of Financial Studies*, vol. 15, no. 1, p. 1-33.

FAMA, E. F., Y FRENCH, K. R. (2004): "The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence". *Journal of Economic Perspectives*. Vol. 18(3), pp. 25-46.

FAMA, E. F., Y FRENCH, K. R. (2015): "A five-factor asset pricing model". *Journal of Financial Economics*, 116 (2015), pp. 1–22.

FAMA, E. F. Y MACBETH, J. D. (1973): "Risk, Return and Equilibrium: Empirical Test. *The Journal of Political Economy*. Vol. 81, No. 3 , pp. 607 – 636.

FARRELL, J. (1997): Portfolio Management. Ed: McGraw Hill. Nueva York.

FERNÁNDEZ, P. (2009): "La prima libre de riesgo del Mercado según 100 libros". *Documento de Investigación*, DI-823.

FERNÁNDEZ, P. (2015): "Market Risk Premium Used in 82 Countries in 2012: A Survey with 7,192 Answers". *IESE Business School.* Working Paper No. WP-1059-E.

FERNÁNDEZ, P. (2015): " Equity Premium: Historical, Expected, Required and Implied". *IESE Business School. SSRN Electronic Journal*. DOI: 10.2139/ssrn.933070.

FERRAN, E. Y BABIS, V. (2013): "The European Single Supervisory Mechanism". *University of Cambridge Faculty of Law*. Research Paper No. 10/2013.

FISCHER, T. (2003): "Risk Capital Allocation by Coherent Risk Measures Based on One-Sided Moments". *Insurance: Mathematics & Economics*. Vol 32(1), pp. 135-146.

FITZPATRICK, S. M. (2004): "Fear is the Key: A Behavioral Guide to Underwriting Cycles". *Connecticut Insurance Law Journal*. Vol. 10, No. 2, pp. 255-275.

FOSTER, F., SMITH, T., Y WHALEY. R. E. (1997): "Assessing Goodness-of-Fit of Asset Pricing Models: the Distribution of the Maximal R^2". *Journal of Finance.* Vol 52, pp. 591–607.

FRIEDMAN, M., Y SAVAGE, L. (1948): "The Utility Analysis of Choices Involving Risk". *Journal of Political Economy*. Vol. 56, pp. 279-304.

FRIEND, I. Y BLUME, M. E. (1970): "Measurement of Portfolio Performance Under Uncertainty. *American Economic Review*. Vol. 60(4), pp. 561 – 575.

FRIEND, I. Y BLUME, M. E. (1973): "A New Look at the Capital Asset Pricing Model". *The Journal of Finance*. Vol. 28(1), pp. 19 – 34.

FRYE, J. (1997): "Principals of Risk: Finding Value-at-Risk Through Factor-Based Interest Rate Scenarios." *NationsBanc-CRT*, April.

G30 (1993): "Derivatives: Practices and Principles". *G30*.

GARLAPPI, L., UPPAL, R. AND WANG, T. (2007): "Portfolio Selection with Parameter and Model Uncertainty: A Multi-Prior Approach". *Review of Financial Studies*. Vol 20, pp. 41–82.

GLASSERMAN, P., HEIDELBERGER, P. Y SHAHABUDDIN, P. (2000): "Management Science", Vol. 46, pp. 1349-1364.

GONZÁLEZ, V. T., MORENO, R., GÓMEZ, O., TRIGO, E. (2000): "Análisis Estocástico de la Rentabilidad de la Inversión en Obligaciones Clásicas". *Anales del Instituto de Actuarios Españoles*. Tercera época, número 6, pp. 59-96.

GRINBLATT, M., Y MOSKOWITZ, T., J. (2004): "Predicting Stock Price Movements From Past Returns: the Role of Consistency and Tax-Loss Selling". Journal of Financial Economics. Vol. 71(3), pp. 541-579.

GRUPO CONSULTATIVO ACTUARIAL EUROPEO (2007): Solvency II Glossary. Ed: CEA. Brussels.

HARRINGTON, S. (2004). Market Discipline in Insurance and Reinsurance. Ed: Claudio Borio et al. Cambridge, MA: MIT Press.

HENDRICKS, D. (1996): "Evaluation of Value at Risk Models Using Historical Data". *Federal Reserve Bank of New York*. Economic Policy Review, April.

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. Y BAPTISTA, P., (2010): Metodología de la Investigación. Ed: McGraw Hill. México.

HICKS, J.R. (1939):Value and Capital. Ed: Clarendon Press. Oxford.

HODES, D.M., FELDBLUM, S. Y NEGHAIWI, A.A. (1999): "The Financial Modeling of Property Casualty Insurance Companies". *North American Actuarial Journal*, vol. 3, pp. 41-69.

HOEVENAARS, R. P. M. M., MOLENAAR, R. D. J., SCHOTMAN, P. C., STEENKAMP, T. B. M. (2008): "Strategic Asset Allocation with Liabilities: Beyond Stocks and Bonds". *Journal of Economic Dynamics and Control*. Vol. 32, Issue 9, pp. 2939-2970.

HUBERMAN, G. (1982). "A simple approach to arbitrage pricing". *Journal of Economic Theory*. Vol. 28, pp. 183-191.

HULL, J., Y WHITE, A. (1990): "Pricing Interest-Rate Derivative Securities". *The Review of Financial Studies*. Vol. 3, No. 4, pp. 573–592.

HULL, J. Y WHITE, A. (1993): "One Factor Interest Rate Models and the Valuation of Interest Rate Derivative Securities". *Journal of Financial and Quantitative Analysis*. Vol. 28, No 2, pp. 235–254.

INGERSOLL, J. E. (1984): "Some Results in the Theory of Arbitrage Pricing". *Journal of Finance*. Vol. 39,pp. 1021-1039.

INTERNATIONAL ACTUARIAL ASSOCIATION (2004): "A Global Framework for Insurer Solvency Assessmen"t. *Research report of the Insurer Solvency Assessment Working Party*.

JEGADEESH, N., (1990). "Evidence of Predictable Behavior of Security Returns". *Journal of Finance*. Vol. 45, pp. 881–898.

JEGADEESH, N., TITMAN, S., (1993): "Returns to Buying Winners and Selling Losers: Implications for Stock Market Efficiency". *Journal of Finance.* Vol. 48, pp. 65–91.

JENSEN, M. C. (1968): "The performance of Mutual Funds in the Period 1945 – 1964". *The Journal of Finance*. Vol. 23(2), pp. 389 – 416.

JENSEN, M. C. (1969): "Risk, the pricing of capital assets, and the evaluation of investment portfolios". *The Journal of Business*. Vol. 42 (2), pp. 167 – 247.

JORION, P. (2000): "Risk Management Lessons from Long-Term Capital Management". *European Financial Management*. Vol 6(3), pp. 277 - 300

KAPLANSKI, G. Y KROLL, Y. (2002): "VAR Risk Measures Versus Traditional Risk Measures: An Analysis and Survey". *Journal of Risk*. Vol. 4, Issue 3, pp. 1-27.

KPMG (2002): Study into the Methodologies to Assess the Overall Financial Position of an Insurance Undertaking from the Perspective of Prudential Supervision. Ed: KPMG. Brussels.

KROUSE, C. G. (1970): "Portfolio Balancing Corporate Assets and Liabilities with Special Application to Insurance Management". *Journal of Financial and Quantitative Analysis*. Vol. 5, pp. 77-105.

LASDON, L. S., FOX, R. L., Y RATNER, M. W. (1974): "Nonlinear Optimization Using The Generalized Reduced Gradient Method". *Rev Fr Autom Inf Rech Oper*, Vol. 8, pp. 73-103.

LAMPENIUS, N. Y SCHMAUTZ, M. (2013): "Deriving the Minimal Amount of Risk Capital for P/L Insurance Companies Utilizing ALM". *Journal of Risk*. Vol. 15(4), pp. 35-55.

LEIBOWITZ, M. L. (1986): "Total Portfolio Duration: A New Perspective on Asset Allocation". *Financial Analyst Journal*. September/October.

LEIBOWITZ, M. L. (1987): "Pension Asset Allocation Through Surplus Management". *Financial Analysts Journal*.April, pp. 29–40.

LINDER, U., RONKAINEN V., (2004): "Solvency II: Towards a New Insurance Supervisory System in the EU". *Scandinavian Actuarial Journal*. Vol. 104(6), pp. 462–474.

LINTNER, J. (1965a): "Security Prices, Risk, and Maximal Gains from Diversification". *Journal of Finance*. Vol. 20, pp. 587-615.

LINTNER, J. (1965b): "The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets. *The Review of Economics and Statistics*. Vol. 47, No. 1, pp. 13–37.

MACAULAY, F. (1938). Some Theoretical Problems Suggested by the Movements of Interest Rates. Ed: National Bureau of Economic Research. New York.

MARKOWITZ, H. (1952): "Portfolio Selection". *The Journal of Finance*. Vol. 7(1), pp. 77-91.

MARKOWITZ, H. (1959): Portfolio Selection. Ed: Yale University Press. New Haven, Connecticut.

MARKOWITZ, H., PEROLD, A. F. (1981): "Portfolio Analysis with Factors and Scenarios". *The Journal of Finance*. Vol. 36(14), pp. 871–877.

MEHRA, R. ET AL (2008): Handbook of the Equity Risk Premium. Ed: Elsevier. Amsterdam.

MEIER, U. Y OUTREVILLE J. (2006): "Business cycles in insurances and reinsurance: the case of France, Germany and Switzerland". *Journal of Risk and Insurance*. Vol. 7, pp. 160-176.

MERTON, R. C. (1973): "A Intertemporal Capital Asset Pricing Model". *Econometric*. Vol. 41(5), pp. 867 – 887.

MICHAUD, R. (1989): "The Markowitz optimization enigma: Is optimized optimal?". *Financial Analysts Journal.* Vol. 45, pp. 31–42.

MICHAUD, R. (2003): "An Examination of Resampled Portfolio Efficiency: A Comment". *Financial Analysts Journal*. Vol. 59, no. 1, pp. 15–16.

MILLER, M. Y SCHOLES, M. (1972): Rates of return in Relation to Risk: A Reexamination of some Empirical Findings. Ed: Praeger Publishers, New York.

MODIGLIANI F. Y MILLER M. (1958): "The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment", *American Economic Review*. Vol. 48, pp. 261-297.

MORENO-VOZMEDIANO, R., NADIMINTI, K., VENUGOPAL, S., ALONSO-CONDE, A. B., GIBBINS, H. Y BUYYA, R. (2007): "Portfolio and Investment Risk Analysis on Global Grids". *Journal of Computer and System Sciences*. Vol. 73 (8), pp. 1.164 - 1.175.

MOSSIN, J. (1966): "Equilibrium in a capital asset market". *Econometrica*, Vol. 34, pp. 768-783.

NUMPACHAROEN, K., ATSAWARUNGRUANGKIT, A. (2012): "Generating Correlation Matrices Based on the Boundaries of Their Coefficients". *PLoS ONE*. Vol. 7, Issue 11.

PENTIKAINEN, T. (1988): On the solvency of insurers. Ed: Kluwer Academic Publishers. Norwell.

PEREZ GLADISH, B., JONES, D. F., TAMIZ, M., BILBAO TEROL, A. (2007): "An interactive three-stage model for mutual funds portfolio selection". *Omega*. Vol. 35, pp. 75 – 88.

PEROLD, A. (2004): "The Capital Asset Pricing Model". *Journal of Economic Perspectives*. Vol 18(3), pp.: 3-24.

RAHL, L. (2000): Risk Budgeting: A New Approach to Investing. Ed: Risk Books. London, United Kingdom.

REDINGTON, F. M. (1952): "Review of the Principles of Life Office Valuations". *Journal of the Institute of Actuaries*. Vol. 78, part 3, pp. 286-340.

ROLL, R. (1977): "A Critique of the Asset Pricing Theory's Test". *Journal of Financial Economics.* Vol. 4, pp. 129 – 176.

ROSS, S. (1976): "The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing". *Journal of Economic Theory*. Nº 13, pp. 341-360.

ROSS, S. A. Y ROLL, R. (1995): "The Arbitrage Pricing Theory Approach to Strategic Portfolio Planning". *Financial Analysts Journal*.

ROSEN, D. Y ZENIOS, S.A. (2002): Enterprise-Wide Asset and Liability Management: Issues, Institutions, and Models. Ed: Zenios. Amsterdam.

ROSS, S., (1976): "The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing". *Journal of Economic Theory.* Vol. 13, pp. 341–60.

ROY, D. A. (1952): "Safety First and the Holding of Assets". *Econometrica*. Vol. 20, No. 3, pp. 431-449.

SAMUELSON, P. A. (1945): "The Effect of Interest Rate Increases on the Banking System". *The American Economic Review*, March.

SAMUELSON, P. A. (1963): "Risk and uncertainty: A fallacy of large numbers". *Scientia*. Vol. 57, pp.1-6.

SAMUELSON, P. A. (1965): "Proof That Properly Anticipated Prices Fluctuate Randomly". *Industrial Management Review*. Vol. 6, pp.41-50.

SCHERER, B. (2007): Portfolio Construction and Risk Budgeting. Ed: Risk Books. United Kingdom.

SHANKEN, J. (1990): "Intertemporal Asset Pricing: An Empirical Investigation". *Journal of Econometrics*. Vol. 45, pp. 99–120.

SHARPE, W. (1964): "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk". *Journal of Finance*, Vol. 19, pp. 425-442.

SHARPE, W. (1994): "The Sharpe Ratio". *Journal of Portfolio Management*. Vol. 21, pp. 49-58.

SHARPE, W. F., Y TINT, L.G. (1990): "Liabilities: A New Approach". *Journal of Portfolio Management*. Winter, pp. 5–10.

SHING, C., NAGASAWA, H., (1999): "Interactive Decision System in Stochastic Multiobjective Portfolio Selection". *International Journal of Production Economics*. Vol. 60–61, pp. 187–193.

SIEGEL, J. J. (1992): "The Real Rate of Interest from 1800-1990". *Journal of Monetary Economics*. Vol. 29, pp. 227-252.

SIMAAN, Y. (1997): "Estimation Risk in Portfolio Selection: The Mean Variance Model versus the Mean Absolute Deviation Model". *Management Science*. Vol. 43, pp. 1.437–1.446.

STULZ, R. M. (1984): "Optimal Hedging Policies". *Journal of Financial and Quantitative Analysis*.

SULLIVAN, R., TIMMERMANN, A., Y WHITE, H. (1999): "Data-Snooping, Technical Trading Rule Performance, and the Bootstrap". *Journal of Finance*. Vol. 54, pp. 1.647–1.691.

SUNDARESAN, S., Y F. ZAPATERO (1997): "Valuation, Optimal Asset Allocation and Retirement Incentives of Pension Plans". *Review of Financial Studies*. Vol. 10, pp. 631–660.

TAMIZ M., HASHAM R., JONES D. F. (1997): A Comparison between Goal Programming and Regression Analysis for Portfolio Selection. Ed: Fandel G, Gal T. Berlin.

TASCHE, D. (2007): "Capital Alocation for Credit Portfolios with Kernel Estimators". *Deutsche Bundesbank*.

TOBIN, J. (1958): "Liquidity Preference as Behavior Toward Risk". *Review of Economic Studies*, pp. 65-85.

TREYNOR, J. L. (1961): "Market Value, Time, and Risk". *Unpublished manuscript*.

VANDERHOOF, I.T. (1972): "The Interest Rate Assumption and the Maturity Structure of the Assets of a Life Insurance Company". *Transactions of the Society of Actuaries*.

WACHTER, J. (2002): "Optimal Consumption and Portfolio Allocation under Mean-Reverting Returns: An Exact Solution for Complete Markets". *Journal of Financial and Quantitative Analysis*. Vol. 37, pp. 63–91.

WHITE, H. (2000): "A Reality Check for Data Snooping". *Econometrica*. Vol. 68, pp. 1 097–1.126.

WINTER, R. (1988): "The Liability Crisis and the Dynamics of Competitive Insurance Markets". *Yale Journal on Regulation*. Vol. 5, pp. 455-499.

ZENTI, R. Y PALLOTTA, M. (2000): "Risk Analysis for Asset Managers: Historical Simulation, the Bootstrap Approach and Value at Risk Calculation". *EFMA 2001 Lugano Meetings*.

ZIEMBA, W. T. Y MULVEY J. M. (2001): Worldwide Asset and Liability Modelling. Ed: Cambridge University Press. United Kingdom.

ZALBIDEGOITIA, A. B., BETZUEN-ÁLVAREZ, A. J. (2015): "La Posibilidad de un Índice de Longevidad para la Unión Europea bajo las Directrices de Solvencia II". *Anales del Instituto de Actuarios Españoles*. Nº 21, pp. 73-106.

ÍNDICE DE GRÁFICAS.

GRÁFICA 7.1 MATRIZ DE 4 DIMENSIONES DE EJEMPLO Θ. FUENTE: NUMPACHAORENY Y ATSAWARUNGRUANGKIT (2012). 54
GRÁFICA 7.2 MATRIZ B INTERMEDIA PARA EL CÁLCULO DE UNA MATRIZ DE CORRELACIÓN ALEATORIA CONSISTENTE. FUENTE: NUMPACHAORENY Y ATSAWARUNGRUANGKIT (2012). 55
GRÁFICA 7.3 MATRIZ DE CORRELACIONES C GENERADA ALEATORIAMENTE. FUENTE: NUMPACHAORENY Y ATSAWARUNGRUANGKIT (2012). 55
GRÁFICA 7.4 CURVA SIGMOIDAL DE UNA DISTRIBUCIÓN NORMAL. 61
GRÁFICA 7.5 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES DE UNA FUNCIÓN NORMAL. 62
GRÁFICA 7.6 COMPARATIVA DE DISTRIBUCIONES DE RENTABILIDAD BAJO ASUNCIÓN DE NORMALIDAD (EN ROJO) Y LA RECOGIDA POR EL ÍNDICE BURSÁTIL IBEX 35 (EN AZUL) ENTRE 1.997 Y 2.010. 64
GRÁFICA 7.7 DIFERENCIA ENTRE LAS DISTRIBUCIONES DE RENTABILIDADES DE UNA FUNCIÓN NORMAL Y LAS RECOGIDAS POR EL ÍNDICE BURSÁTIL IBEX 35 ENTRE 1.997 Y 2.010. 65
GRÁFICA 7.8 RENDIMIENTOS DIARIOS OBTENIDOS MEDIANTE GENERACIÓN ALEATORIA USANDO UNA DISTRIBUCIÓN NORMAL. 65
GRÁFICA 7.9 DISTRIBUCIÓN DE RENTABILIDADES OBTENIDA POR EL ÍNDICE BURSÁTIL IBEX 35 DURANTE EL PERÍODO 1.997-2.010. 66
GRÁFICA 7.10 FRECUENCIA DE NÚMEROS EN UNA DISTRIBUCIÓN UNIFORME GENERADA ALEATORIAMENTE. 75
GRÁFICA 7.11 REPRESENTACIÓN DE PARES DE PUNTOS ALEATORIOS DISTRIBUIDOS UNIFORMEMENTE EN UN PLANO. 75
GRÁFICA 7.12 DISTRIBUCIÓN NORMAL GENERADA A PARTIR DE LA GENERACIÓN DE NÚMEROS UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDOS ENTRE 0 Y 1. 76
GRÁFICA 7.13 NUBE DE PUNTOS NO CORRELACIONADOS TRAS GENERACIÓN ALEATORIA. 77
GRÁFICA 7.14 NUBE DE PUNTOS MOSTRANDO CORRELACIÓN POSITIVA. 77
GRÁFICA 7.15 SERIE DE PRECIOS DEL ÍNDICE BURSÁTIL S&P 500 EN EL PERÍODO 1.960-2.015. 121
GRÁFICA 7.16 SERIE DE PRECIOS DEL ÍNDICE BURSÁTIL S&P 500 EN EL PERÍODO 1.960-2.015 MOSTRADOS EN ESCALA LOGARÍTMICA. 122
GRÁFICA 7.17 DISTRIBUCIÓN DE RENDIMIENTOS DEL ÍNDICE BURSÁTIL S&P500 COMPARADO CON LOS RENDIMIENTOS QUE SE OBTENDRÍAN USANDO UNA DISTRIBUCIÓN NORMAL. 123
GRÁFICA 7.18 DIFERENCIAS ENTRE LOS RENDIMIENTOS DEL ÍNDICE BURSÁTIL S&P500 CON LOS RENDIMIENTOS QUE SE OBTENDRÍAN USANDO UNA DISTRIBUCIÓN NORMAL. 123
GRÁFICA 7.19 DISTRIBUCIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LOS ACTIVOS DE UNA COMPAÑÍA ASEGURADORA. LA BARRA INDICA EL PUNTO EN EL CUAL SU VALORACIÓN PASA A SER NEGATIVA. 133
GRÁFICA 7.20 DISTRIBUCIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LOS PASIVOS DE UNA COMPAÑÍA ASEGURADORA. LA BARRA INDICA EL PUNTO EN EL CUAL SU VALORACIÓN PASA A SER NEGATIVA. 134
GRÁFICA 7.21 DISTRIBUCIÓN DE LA VARIABILIDAD DEL CAPITAL DE UNA COMPAÑÍA ASEGURADORA. LA BARRA INDICA EL PUNTO EN EL CUAL PASA A SER NEGATIVO. 135
GRÁFICA 7.22 DISTRIBUCIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LOS ACTIVOS TRAS REALIZAR UNA INYECCIÓN DE CAPITAL. 138
GRÁFICA 7.23 DISTRIBUCIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LOS PASIVOS TRAS REALIZAR UNA INYECCIÓN DE CAPITAL. 139
GRÁFICA 7.24 DISTRIBUCIÓN DE LA VARIABILIDAD DEL CAPITAL DE LA COMPAÑÍA TRAS REALIZAR UNA INYECCIÓN DE CAPITAL. 139

GRÁFICA 7.25 POSICIÓN DE CAPITAL FINAL TRAS LA INYECCIÓN DE CAPITAL NECESARIA QUE SITÚA EL P-VALOR DE LA COMPAÑÍA EN 99.50%. 141
GRÁFICA 8.1 DISTRIBUCIÓN DEL VALOR DE CADA UNO DE LOS PASIVOS DE LA COMPAÑÍA: RAMA 1 (AZUL), RAMA 2 (ROJO) Y RAMA 3 (VERDE). 150
GRÁFICA 8.2 DISTRIBUCIÓN DEL VALOR DE CADA UNO DE LOS PASIVOS DE LA COMPAÑÍA AJUSTADAS POR VOLUMEN: RAMA 1 (AZUL), RAMA 2 (ROJO) Y RAMA 3 (VERDE). 151
GRÁFICA 8.3 TIPO EURIBOR A 12 MESES, PERÍODO COMPRENDIDO ENTRE LOS AÑOS 2000-2015. 154
GRÁFICA 8.4 TIPO LIBOR A 12 MESES, PERÍODO COMPRENDIDO ENTRE LOS AÑOS 2000-2015. 155
GRÁFICA 9.1 MAPA DEL RATIO DE RENTABILIDAD OBTENIDA POR UNIDAD DE CAPITAL EMPLEADA (ALTURA DE LAS BARRAS) ANTE DIFERENTES PESOS DE LAS RAMAS DE PASIVO DE LA COMPAÑÍA (IZQUIERDA RAMA 1, DERECHA RAMA 3). 208
GRÁFICA 9.2 VOLATILIDAD IMPLÍCITA DE LAS OPCIONES ATM DEL ÍNDICE BURSÁTIL EUROSTOXX 50, PERÍODO 2010-2016. FUENTE: BLOOMBERG. 230
GRÁFICA 10.1 DISTRIBUCIÓN DE ESCENARIOS DE CAPITAL DE LA COMPAÑÍA TRAS LA OPTIMIZACIÓN DE PASIVOS. 266
GRÁFICA 10.2 RATIO DE RETORNO SOBRE CAPITAL DE LOS TRES MÉTODOS DE OPTIMIZACIÓN PROPUESTOS. 284
GRÁFICA 10.3 CAPITAL NECESARIO EN CADA UNO DE LOS TRES MÉTODOS DE OPTIMIZACIÓN PROPUESTOS. 285
GRÁFICA 10.4 BENEFICIO ESPERADO DE LOS TRES MÉTODOS DE OPTIMIZACIÓN PROPUESTOS. 286
GRÁFICA 10.5 DISTRIBUCIÓN DE LA POSICIÓN FINAL DE CAPITAL PROPUESTA TRAS LA OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE. 299
GRÁFICA 10.6 CAPITAL NECESARIO EN CADA UNO DE LOS MÉTODOS DE OPTIMIZACIÓN EMPLEADOS. 301
GRÁFICA 10.7 BENEFICIO ESPERADO EN CADA UNO DE LOS MÉTODOS DE OPTIMIZACIÓN EMPLEADOS. 302
GRÁFICA 11.1 CAPITAL NECESARIO EN CADA UNA DE LAS SITUACIONES ANALIZADAS. 310
GRÁFICA 11.2 BENEFICIO ESPERADO EN CADA UNA DE LAS SITUACIONES ANALIZADAS. 311

ÍNDICE DE TABLAS.

TABLA 5.1 FUERZAS QUE MOTIVAN EL USO Y DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DE ESTUDIO DEL VALOR ECONÓMICO. FUENTE: BABBEL (2001). 40
TABLA 7.1 ESTADO INICIAL DE LAS RAMAS DE NEGOCIO DE LA COMPAÑÍA ASEGURADORA. 83
TABLA 7.2 BALANCE INICIAL DE LA COMPAÑÍA. 85
TABLA 7.3 BALANCE FINAL PRESUPUESTADO DE LA COMPAÑÍA. 88
TABLA 7.4 BALANCE ECONÓMICO SIMPLIFICADO DE LA COMPAÑÍA AL FINAL DEL EJERCICIO. 91
TABLA 7.5 BALANCE INICIAL DE LA COMPAÑÍA PREVIO A LA SIMULACIÓN DE UN ESCENARIO ALEATORIO. 92
TABLA 7.6 BALANCE FINAL DE LA COMPAÑÍA EN UNO DE LOS ESCENARIOS GENERADOS ALEATORIAMENTE. 93
TABLA 7.7 SITUACIÓN INICIAL DE LAS RAMAS DE PASIVO DE LA COMPAÑÍA, PREVIO A LA GENERACIÓN DE UN ESCENARIO ALEATORIO. 94
TABLA 7.8 SITUACIÓN FINAL DE LAS RAMAS DE PASIVO DE LA COMPAÑÍA EN UN ESCENARIO GENERADO ALEATORIAMENTE. 94
TABLA 7.9 SITUACIÓN INICIAL DE LOS RAMOS DE PASIVO DE LA COMPAÑÍA. 98
TABLA 7.10 TABLA DE CORRELACIONES ENTRE LOS PASIVOS DE LA COMPAÑÍA. 99
TABLA 7.11 VOLATILIDADES ESPERADAS EN EL EJERCICIO. 100
TABLA 7.12 CORRELACIÓN ENTRE LOS ACTIVOS ELEGIBLES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CARTERA.... 101
TABLA 7.13 CARTERA DE MERCADO, CONSIDERADA EFICIENTE EN TÉRMINOS DE SHARPE. 101
TABLA 7.14 VOLATILIDAD ESPERADA Y VOLATILIDAD FINAL DE LOS ACTIVOS TRAS INCORPORAR EL ELEMENTO DIVERSIFICADOR. 102
TABLA 7.15 VOLATILIDAD ESPERADA Y VOLATILIDAD FINAL DE LOS PASIVOS TRAS INCORPORAR EL ELEMENTO DIVERSIFICADOR. 102
TABLA 7.16 MÁXIMA PÉRDIDA Y GANANCIAS REGISTRADAS EN LOS RENDIMIENTOS DEL ÍNDICE BURSÁTIL S&P500. 124
TABLA 7.17 RELACIÓN DE LAS MAYORES GANANCIAS REGISTRADAS EN UNA SOLA SESIÓN EN LOS RENDIMIENTOS DEL ÍNDICE BURSÁTIL S&P50. 124
TABLA 7.18 RELACIÓN DE LAS MAYORES PÉRDIDAS REGISTRADAS EN UNA SOLA SESIÓN EN LOS RENDIMIENTOS DEL ÍNDICE BURSÁTIL S&P50. 125
TABLA 7.19 MUESTRA DE LA POSICIÓN DE CAPITAL DE UNA COMPAÑÍA TRAS LA SIMULACIÓN DE 10.000 ESCENARIOS. 132
TABLA 7.20 RENTABILIDADES Y VOLATILIDADES ESPERADAS POR LOS ACTIVOS Y LOS PASIVOS DE LA COMPAÑÍA EN UN CASO DE EJEMPLO. 135
TABLA 7.21 CAPITAL NECESARIO PARA LA CONSECUCIÓN DE UN PERCENTIL 99.50%. 137
TABLA 7.22 SITUACIÓN DEL BALANCE DE LA COMPAÑÍA TRAS LA INYECCIÓN DE CAPITAL QUE LA SITUARÍA EN UN PERCENTIL 99.50%. DADO QUE DICHO CAPITAL SE INVIERTE EN LOS ACTIVOS DE LA COMPAÑÍA, INTRODUCIENDO VARIABILIDAD, EL P-VALOR TAMBIÉN SE REDUCE. 137
TABLA 7.23 CAPITAL NECESARIO PARA LA CONSECUCIÓN DE UN PERCENTIL 99.50%. 140
TABLA 7.24 PROCESO ITERATIVO QUE CONSIGUE ALCANZAR UNA SOLUCIÓN ESTABLE DE CAPITAL REQUERIDO PARA EL 99.50% DE LOS CASOS. 141
TABLA 8.1 MUESTRA SELECCIONADA DE COMPAÑÍAS AMERICANAS Y EUROPEAS DE LOS RAMOS DE VIDA Y NO-VIDA, QUE COMPARA INGRESOS Y COSTES OPERATIVOS. FUENTE: ESTADOS FINANCIEROS PUBLICADOS. 148
TABLA 8.2 PASIVOS INICIALES DE LA COMPAÑÍA. 149

TABLA 8.3 PRIMAS NO CONSUMIDAS EN CADA UNO DE LOS PASIVOS AL INICIO DEL EJERCICIO. 152
TABLA 8.4 RENTABILIDADES PROMEDIO DE EURIBOR Y LIBOR EN EL PERÍODO 2000-2015 Y 2009-2015. 155
TABLA 8.5 VOLATILIDADES ESPERADAS DE LOS ACTIVOS Y DEL MERCADO. 166
TABLA 8.6 MATRIZ DE CORRELACIONES ESPERADA ENTRE LOS ACTIVOS QUE COMPONEN EL MERCADO. 166
TABLA 8.7 MATRIZ DE CHOLESKY GENERADA PARA LOS ACTIVOS DEL MERCADO. 167
TABLA 8.8 CORRELACIÓN EXPERIMENTADA POR LOS ACTIVOS DEL MERCADO. 168
TABLA 8.9 MATRIZ DE DIFERENCIAS HALLADAS ENTRE LA CORRELACIÓN DESEADA Y LA EXPERIMENTADA TRAS EL PROCESO DE DESCOMPOSICIÓN DE CHOLESKY. 168
TABLA 8.10 MATRIZ DE VARIANZAS Y COVARIANZAS GENERADA PARA LOS ACTIVOS DEL MERCADO. 169
TABLA 8.11 MATRIZ DE VOLATILIDADES DE LOS ACTIVOS DEL MERCADO. 169
TABLA 8.12 BETAS DE LOS ACTIVOS DEL MERCADO EN BASE AL MODELO CAPM. 169
TABLA 8.13 PESOS INICIALES DE LOS ACTIVOS DEL MERCADO EN LA CARTERA. 170
TABLA 8.14 RETORNOS ESPERADOS POR LOS ACTIVOS DE MERCADO CONSECUENTES CON EL MODELO CAPM. 170
TABLA 8.15 MATRIZ DE CORRELACIONES ENTRE TODOS LOS ELEMENTOS DEL BALANCE DE LA COMPAÑÍA. 172
TABLA 8.16 MATRIZ DE CHOLESKY ASOCIADA A LA MATRIZ DE CORRELACIONES DESEADA ENTRE TODOS LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL BALANCE DE LA COMPAÑÍA. 172
TABLA 8.17 MATRIZ DE VARIANZAS Y COVARIANZAS DE TODOS LOS ELEMENTOS DEL BALANCE. 173
TABLA 8.18 SUBMATRICES DE VARIANZAS Y COVARIANZAS A PARTIR DE LA MATRIZ ORIGINAL. 173
TABLA 9.1 CAMBIOS EXPERIMENTADOS TRAS UN INCREMENTO EN LOS COSTES OPERATIVOS DE LA COMPAÑÍA. 177
TABLA 9.2 CAMBIOS EXPERIMENTADOS EN LA RENTABILIDAD DE LA COMPAÑÍA TRAS UN CAMBIO EN LOS COSTES OPERATIVOS DE LA MISMA. 177
TABLA 9.3 CAMBIOS EXPERIMENTADOS EN EL BALANCE INICIAL DE LA COMPAÑÍA TRAS UN CAMBIO EN LOS COSTES OPERATIVOS DE LA MISMA. 178
TABLA 9.4 CAMBIOS EXPERIMENTADOS EN LA POSICIÓN DE CAPITAL DE LA COMPAÑÍA TRAS UN CAMBIO EN LOS COSTES OPERATIVOS DE LA MISMA. 178
TABLA 9.5 CAMBIOS EXPERIMENTADOS EN LA ESTRUCTURA DE COSTES DE LA COMPAÑÍA TRAS UN CAMBIO EN LOS COSTES VARIABLES DE LA MISMA. 179
TABLA 9.6 CAMBIOS EXPERIMENTADOS EN EL BALANCE INICIAL DE LA COMPAÑÍA TRAS UN CAMBIO EN LOS COSTES VARIABLES DE LA MISMA. 180
TABLA 9.7 EFECTO EN EL CAPITAL DISPONIBLE TRAS EL CAMBIO EN EL VOLUMEN DE PRIMAS CONTRATADAS. 181
TABLA 9.8 EFECTO EN LAS RENTABILIDADES Y VOLATILIDADES DE LA CARTERA TRAS EL CAMBIO EN EL VOLUMEN DE PRIMAS CONTRATADAS. 182
TABLA 9.9 EFECTO EN LOS COSTES OPERATIVOS DE LA COMPAÑÍA TRAS EL CAMBIO EN EL VOLUMEN DE PRIMAS CONTRATADAS. 182
TABLA 9.10 EFECTO EN EL RETORNO ESPERADO DE LA COMPAÑÍA TRAS EL CAMBIO EN EL VOLUMEN DE PRIMAS CONTRATADAS. 183
TABLA 9.11 EFECTO EN EL BALANCE INICIAL DE LA COMPAÑÍA TRAS EL CAMBIO EN EL VOLUMEN DE PRIMAS CONTRATADAS. 184
TABLA 9.12 EFECTO EN EL CAPITAL NECESARIO PARA LA COMPAÑÍA TRAS EL CAMBIO EN EL VOLUMEN DE PRIMAS CONTRATADAS. 184
TABLA 9.13 CAMBIOS EN EL RETORNO ESPERADO Y LAS VOLATILIDADES DE LOS ACTIVOS TRAS UN CAMBIO EN LAS DESVIACIONES ESTÁNDAR DE LA SINIESTRALIDAD DE LOS PASIVOS. 187

TABLA 9.14 CAMBIOS EN LAS PRIMAS A PAGAR ESPERADAS AL FINAL DEL PERÍODO TRAS UN CAMBIO EN LAS DESVIACIONES ESTÁNDAR DE LA SINIESTRALIDAD DE LOS PASIVOS. 188
TABLA 9.15 CAMBIOS EN EL RETORNO ESPERADO Y LA VARIABILIDAD DE LOS FLUJOS DE CAJA TRAS UN CAMBIO EN LAS DESVIACIONES ESTÁNDAR DE LA SINIESTRALIDAD DE LOS PASIVOS. 188
TABLA 9.16 CAMBIOS EN LA VOLATILIDAD DE LOS ACTIVOS Y LOS PASIVOS TRAS UN CAMBIO EN LAS DESVIACIONES ESTÁNDAR DE LA SINIESTRALIDAD DE LOS PASIVOS. 189
TABLA 9.17 CAMBIOS EN EL BALANCE INICIAL DE LA COMPAÑÍA TRAS UN CAMBIO EN LAS DESVIACIONES ESTÁNDAR DE LA SINIESTRALIDAD DE LOS PASIVOS. 189
TABLA 9.18 CAMBIOS EN EL CAPITAL NECESARIO DE LA COMPAÑÍA TRAS UN CAMBIO EN LAS DESVIACIONES ESTÁNDAR DE LA SINIESTRALIDAD DE LOS PASIVOS. 190
TABLA 9.19 CAMBIO EN LAS RESERVAS ESPERADAS TRAS INCREMENTAR LAS RESERVAS DE LA RAMA 2 DESDE 50% HASTA 55%. 191
TABLA 9.20 CAMBIO EN LA RENTABILIDAD ESPERADA TRAS INCREMENTAR LAS RESERVAS DE LA RAMA 2 DESDE 50% HASTA 55%. 191
TABLA 9.21 CAMBIO EN LAS VOLATILIDADES ESPERADAS TRAS INCREMENTAR LAS RESERVAS DE LA RAMA 2 DESDE 50% HASTA 55%. 192
TABLA 9.22 CAMBIO EN EL BALANCE SIMPLIFICADO TRAS INCREMENTAR LAS RESERVAS DE LA RAMA 2 DESDE 50% HASTA 55%. 193
TABLA 9.23 CAMBIO EN EL CAPITAL NECESARIO TRAS INCREMENTAR LAS RESERVAS DE LA RAMA 2 DESDE 50% HASTA 55%. 193
TABLA 9.24 PESOS INICIALES DE LOS PASIVOS DE LA COMPAÑÍA. 195
TABLA 9.25 CORRELACIONES ENTRE LOS PASIVOS DE LA COMPAÑÍA. 196
TABLA 9.26 PESOS FINALES DE LOS PASIVOS DE LA COMPAÑÍA AL INCREMENTAR EL PESO DE LA PRIMERA DE ELLAS EN UN 1%. 196
TABLA 9.27 CAMBIO EN LAS PRIMAS ESPERADAS TRAS INCREMENTAR EL PESO DE LA RAMA 1 EN UN 1%. 196
TABLA 9.28 CAMBIO EN EL BENEFICIO ESPERADO TRAS INCREMENTAR EL PESO DE LA RAMA 1 EN UN 1%. 197
TABLA 9.29 CAMBIO EN LOS FLUJOS DE LA COMPAÑÍA TRAS INCREMENTAR EL PESO DE LA RAMA 1 EN UN 1%. 197
TABLA 9.30 CAMBIO EN EL BALANCE DE LA COMPAÑÍA TRAS INCREMENTAR EL PESO DE LA RAMA 1 EN UN 1%. 198
TABLA 9.31 CAMBIO EN LOS PARÁMETROS DE RIESGO TRAS INCREMENTAR EL PESO DE LA RAMA 1 EN UN 1%. 199
TABLA 9.32 CAMBIO EN LAS MÉTRICAS DE CAPITAL TRAS INCREMENTAR EL PESO DE LA RAMA 1 EN UN 1%. 199
TABLA 9.33 PESOS DE LAS RAMAS DE PASIVO DE LA COMPAÑÍA TRAS INCREMENTAR EL PESO DE LA RAMA 2 EN UN 1%. 200
TABLA 9.34 CAMBIOS EN LAS VOLATILIDADES Y MÉTRICAS DE BENEFICIOS DE LA COMPAÑÍA TRAS INCREMENTAR EL PESO DE LA RAMA 2 EN UN 1%. 200
TABLA 9.35 CAMBIO EN EL BALANCE INICIAL DE LA COMPAÑÍA TRAS INCREMENTAR EL PESO DE LA RAMA 2 EN UN 1%. 201
TABLA 9.36 CAMBIOS EN LA POSICIÓN DE CAPITAL DE LA COMPAÑÍA TRAS INCREMENTAR EL PESO DE LA RAMA 2 EN UN 1%. 201
TABLA 9.37 CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS DE CAPITAL DE LA COMPAÑÍA TRAS INCREMENTAR EL PESO DE LA RAMA 2 EN UN 1%. 202

TABLA 9.38 PESOS DE LAS RAMAS DE PASIVO DE LA COMPAÑÍA TRAS INCREMENTAR EL PESO DE LA RAMA 3 EN UN 1%. 202
TABLA 9.39 CAMBIOS EN LA VOLATILIDAD Y LAS MÉTRICAS DE BENEFICIO DE LA COMPAÑÍA TRAS INCREMENTAR EL PESO DE LA RAMA 3 EN UN 1%. 203
TABLA 9.40 CAMBIOS EN EL BALANCE INICIAL DE LA COMPAÑÍA TRAS INCREMENTAR EL PESO DE LA RAMA 3 EN UN 1%..... 204
TABLA 9.41 CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS DE RIESGO DE LA COMPAÑÍA TRAS INCREMENTAR EL PESO DE LA RAMA 3 EN UN 1%. 204
TABLA 9.42 CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS DE CAPITAL DE LA COMPAÑÍA TRAS INCREMENTAR EL PESO DE LA RAMA 3 EN UN 1%. 205
TABLA 9.43 PESOS DE LAS RAMAS DE PASIVO DE LA COMPAÑÍA MANTENIENDO UN NIVEL DE RESERVAS DEL 50% EN TODAS ELLAS. 206
TABLA 9.44 CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS DE CAPITAL MANTENIENDO UN NIVEL DE RESERVAS DEL 50% EN TODOS LOS PASIVOS DE LA COMPAÑÍA E INCREMENTANDO EL PESO DE LA RAMA 1 EN UN 1%. 206
TABLA 9.45 CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS DE CAPITAL MANTENIENDO UN NIVEL DE RESERVAS DEL 50% EN TODOS LOS PASIVOS DE LA COMPAÑÍA E INCREMENTANDO EL PESO DE LA RAMA 2 EN UN 1%. 207
TABLA 9.46 CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS DE CAPITAL MANTENIENDO UN NIVEL DE RESERVAS DEL 50% EN TODOS LOS PASIVOS DE LA COMPAÑÍA E INCREMENTANDO EL PESO DE LA RAMA 3 EN UN 1%. 207
TABLA 9.47 REPRESENTACIÓN NUMÉRICA DEL GRÁFICO ANTERIOR. RATIOS DE RENTABILIDAD OBTENIDA POR UNIDAD DE CAPITAL EMPLEADA ANTE DIFERENTES PESOS DE LAS RAMAS DE PASIVO DE LA COMPAÑÍA (IZQUIERDA RAMA 1, DERECHA RAMA 3). 209
TABLA 9.48 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL MERCADO DE ACTIVOS. 212
TABLA 9.49 TABLA DE BETAS DE LOS ACTIVOS DEL MERCADO. 212
TABLA 9.50 RETORNOS ESPERADOS DE LOS ACTIVOS DEL MERCADO. 213
TABLA 9.51 VOLATILIDADES DE LOS ACTIVOS DE MERCADO. 213
TABLA 9.52 CORRELACIONES DE LOS DISTINTOS ACTIVOS CON EL MERCADO. 214
TABLA 9.53 CAMBIOS EN EL RETORNO ESPERADO DE LOS ELEMENTOS DEL BALANCE TRAS UN INCREMENTO DEL RETORNO ESPERADO DE LOS ACTIVOS DESDE 3.50% HASTA 4.50%. 214
TABLA 9.54 CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DE COSTES Y SINIESTRALIDAD DE LA COMPAÑÍA TRAS UN INCREMENTO DEL RETORNO ESPERADO DE LOS ACTIVOS DESDE 3.50% HASTA 4.50%. 215
TABLA 9.55 CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS DE BENEFICIO DE LA COMPAÑÍA TRAS UN INCREMENTO DEL RETORNO ESPERADO DE LOS ACTIVOS DESDE 3.50% HASTA 4.50%. 215
TABLA 9.56 CAMBIOS EN LOS FLUJOS DE CAJA DE LA COMPAÑÍA TRAS UN INCREMENTO DEL RETORNO ESPERADO DE LOS ACTIVOS DESDE 3.50% HASTA 4.50%. 216
TABLA 9.57 CAMBIOS EN EL BALANCE DE LA COMPAÑÍA TRAS UN INCREMENTO DEL RETORNO ESPERADO DE LOS ACTIVOS DESDE 3.50% HASTA 4.50%. 217
TABLA 9.58 CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS DE RIESGO DE LA COMPAÑÍA TRAS UN INCREMENTO DEL RETORNO ESPERADO DE LOS ACTIVOS DESDE 3.50% HASTA 4.50%. 218
TABLA 9.59 CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS DE CAPITAL DE LA COMPAÑÍA TRAS UN INCREMENTO DEL RETORNO ESPERADO DE LOS ACTIVOS DESDE 3.50% HASTA 4.50%. 218
TABLA 9.60 CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DE ACTIVOS Y PASIVOS DE LA COMPAÑÍA TRAS INCREMENTAR EL TIPO IMPOSITIVO DESDE 21% HASTA 25%. 221
TABLA 9.61 CAMBIOS EN LA TASA DE RENTABILIDAD DE LA COMPAÑÍA TRAS INCREMENTAR EL TIPO IMPOSITIVO DESDE 21% HASTA 25%. 222
TABLA 9.62 CAMBIOS EN EL BALANCE INICIAL DE LA COMPAÑÍA TRAS INCREMENTAR EL TIPO IMPOSITIVO DESDE 21% HASTA 25%. 222

TABLA 9.63 CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS DE RIESGO DE LA COMPAÑÍA TRAS INCREMENTAR EL TIPO IMPOSITIVO DESDE 21% HASTA 25%. 223
TABLA 9.64 CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS DE CAPITAL DE LA COMPAÑÍA TRAS INCREMENTAR EL TIPO IMPOSITIVO DESDE 21% HASTA 25%. 223
TABLA 9.65 VOLATILIDADES DE LOS ACTIVOS. 224
TABLA 9.66 CAMBIOS EN LAS RENTABILIDADES ESPERADAS Y VOLATILIDADES DE LOS ACTIVOS Y LOS PASIVOS TRAS UN INCREMENTO DE LA VOLATILIDAD DEL ACTIVO 1 DEL 3% AL 4%. 224
TABLA 9.67 CAMBIOS EN EL BALANCE INICIAL DE LA COMPAÑÍA TRAS UN INCREMENTO DE LA VOLATILIDAD DEL ACTIVO 1 DEL 3% AL 4%. 225
TABLA 9.68 CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS DE RIESGO DE LA COMPAÑÍA TRAS UN INCREMENTO DE LA VOLATILIDAD DEL ACTIVO 1 DEL 3% AL 4%. 226
TABLA 9.69 CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS DE CAPITAL DE LA COMPAÑÍA TRAS UN INCREMENTO DE LA VOLATILIDAD DEL ACTIVO 1 DEL 3% AL 4%. 226
TABLA 9.70 CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS DE CAPITAL DE LA COMPAÑÍA TRAS UN INCREMENTO DE LA VOLATILIDAD DEL ACTIVO 2 DEL 7% AL 8%. 227
TABLA 9.71 CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS DE CAPITAL DE LA COMPAÑÍA TRAS UN INCREMENTO DE LA VOLATILIDAD DEL ACTIVO 3 DEL 11% AL 12%. 228
TABLA 9.72 CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS DE CAPITAL DE LA COMPAÑÍA TRAS UN INCREMENTO DE LA VOLATILIDAD DEL ACTIVO 4 DEL 16% AL 17%. 228
TABLA 9.73 PRINCIPALES CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS DE LOS ACTIVOS DE MERCADO TRAS UN INCREMENTO DE LA VOLATILIDAD EN TODOS LOS ACTIVOS DE UN 1%. 231
TABLA 9.74 CAMBIOS EN EL RETORNO ESPERADO Y LA VOLATILIDAD DE LOS ACTIVOS TRAS UN INCREMENTO GENERALIZADO DE LA VOLATILIDAD DE LOS MISMOS EN UN 1%. 232
TABLA 9.75 CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS DE RENTABILIDAD Y FLUJOS DE CAJA DE LA COMPAÑÍA TRAS UN INCREMENTO GENERALIZADO DE LA VOLATILIDAD DE LOS ACTIVOS EN UN 1%. 232
TABLA 9.76 CAMBIOS EN LOS FLUJOS DE CAJA DE LA COMPAÑÍA TRAS UN INCREMENTO GENERALIZADO DE LA VOLATILIDAD DE LOS ACTIVOS EN UN 1%. 233
TABLA 9.77 CAMBIOS EN EL BALANCE INICIAL DE LA COMPAÑÍA TRAS UN INCREMENTO GENERALIZADO DE LA VOLATILIDAD DE LOS ACTIVOS EN UN 1%. 234
TABLA 9.78 CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS DE RIESGO DE LA COMPAÑÍA TRAS UN INCREMENTO GENERALIZADO DE LA VOLATILIDAD DE LOS ACTIVOS EN UN 1%. 234
TABLA 9.79 CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS DE CAPITAL DE LA COMPAÑÍA TRAS UN INCREMENTO GENERALIZADO DE LA VOLATILIDAD DE LOS ACTIVOS EN UN 1%. 235
TABLA 10.1 PESOS INICIALES DE LOS PASIVOS ANTES DE LA OPTIMIZACIÓN. 248
TABLA 10.2 VALORES INICIALES DE LOS PARÁMETROS DE LOS ACTIVOS ANTES DE LA OPTIMIZACIÓN. 248
TABLA 10.3 PRINCIPALES VALORES REFERENTES AL MERCADO DE CAPITALES ANTES DE LA OPTIMIZACIÓN. 249
TABLA 10.4 CAPITAL DISPONIBLE NECESARIO ANTES DE LA OPTIMIZACIÓN. 249
TABLA 10.5 ESTRUCTURA DE PASIVOS Y COSTES DE LA COMPAÑÍA ANTES DE LA OPTIMIZACIÓN. 249
TABLA 10.6 BALANCE INICIAL DE LA COMPAÑÍA ANTES DE LA OPTIMIZACIÓN. 250
TABLA 10.7 MATRIZ DE CORRELACIONES ANTES DE LA OPTIMIZACIÓN. 250
TABLA 10.8 PESOS DE LOS ACTIVOS PROPUESTOS TRAS LA OPTIMIZACIÓN. 253
TABLA 10.9 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS ACTIVOS. 253
TABLA 10.10 CAPITAL NECESARIO TRAS LA OPTIMIZACIÓN DE ACTIVOS. 253
TABLA 10.11 RENTABILIDAD Y VOLATILIDAD ESPERADAS DE LA CARTERA DE ACTIVOS TRAS LA OPTIMIZACIÓN DE ACTIVOS. 254
TABLA 10.12 ESTRUCTURA DE SINIESTROS Y COSTES TRAS LA OPTIMIZACIÓN DE ACTIVOS. 254

TABLA 10.13 MÉTRICAS DE RENTABILIDAD TRAS LA OPTIMIZACIÓN DE ACTIVOS. 254
TABLA 10.14 BALANCE INICIAL DE LA COMPAÑÍA. 255
TABLA 10.15 PRINCIPALES MÉTRICAS DE RIESGO DE LA COMPAÑÍA TRAS LA OPTIMIZACIÓN DE ACTIVOS. 255
TABLA 10.16 PRINCIPALES MÉTRICAS DE CAPITAL TRAS LA OPTIMIZACIÓN DE ACTIVOS. 256
TABLA 10.17 PESOS DE LOS PASIVOS TRAS LA OPTIMIZACIÓN DE PASIVOS. 260
TABLA 10.18 ESTRUCTURA DE PASIVOS PROPUESTA TRAS LA OPTIMIZACIÓN DE PASIVOS. 261
TABLA 10.19 CAPITAL DISPONIBLE PROPUESTO TRAS LA OPTIMIZACIÓN DE PASIVOS. 261
TABLA 10.20 PRINCIPALES MÉTRICAS DE CAPITAL DE LA COMPAÑÍA TRAS LA OPTIMIZACIÓN DE PASIVOS. 261
TABLA 10.21 ESTRUCTURA DE COSTES DE LA COMPAÑÍA TRAS LA OPTIMIZACIÓN DE PASIVOS. 262
TABLA 10.22 RENTABILIDAD Y VOLATILIDAD DE LOS ACTIVOS TRAS LA OPTIMIZACIÓN DE PASIVOS. 262
TABLA 10.23 BALANCE INICIAL DE LA COMPAÑÍA TRAS LA OPTIMIZACIÓN DE PASIVOS. 264
TABLA 10.24 BALANCE FINAL DE LA COMPAÑÍA TRAS LA OPTIMIZACIÓN DE PASIVOS. 265
TABLA 10.25 PRINCIPALES PARÁMETROS DE RIESGO DE LA COMPAÑÍA TRAS LA OPTIMIZACIÓN DE PASIVOS. 266
TABLA 10.26 PESOS INICIALES DE LOS PASIVOS ANTES DE LA OPTIMIZACIÓN. 268
TABLA 10.27 CAPITAL DISPONIBLE ANTES DE LA OPTIMIZACIÓN. 268
TABLA 10.28 PRINCIPALES MÉTRICAS DE CAPITAL ANTES DE LA OPTIMIZACIÓN. 269
TABLA 10.29 PESOS DE LOS PASIVOS TRAS UN INCREMENTO DE UN 1% EN LA RAMA 1. 269
TABLA 10.30 IMPACTO EN LOS RATIOS DE CAPITAL TRAS UN INCREMENTO EN LA RAMA 1 DE UN 1%. 269
TABLA 10.31 CONFIGURACIÓN DE LAS RAMAS DE PASIVO TRAS UN INCREMENTO EN LA RAMA 1 DE UN 1%. 271
TABLA 10.32 PRINCIPALES RATIOS DE CAPITAL TRAS UN INCREMENTO EN LA RAMA 1 DE UN 1%. 272
TABLA 10.33 PESOS INICIALES DE LOS PASIVOS. 273
TABLA 10.34 PRINCIPALES MÉTRICAS DE CAPITAL TRAS UN INCREMENTO EN LA RAMA 1 DE UN 1%. 273
TABLA 10.35 PESOS INICIALES DE LAS RAMAS DE PASIVOS. 273
TABLA 10.36 PESOS DE LAS RAMAS DE LOS PASIVOS COMO RESULTADO DE LA OPTIMIZACIÓN. 274
TABLA 10.37 PESOS DE LOS PASIVOS DE LA COMPAÑÍA TRAS UN INCREMENTO DE UN 1% EN LA RAMA 3. 274
TABLA 10.38 PRINCIPALES MÉTRICAS DE CAPITAL DE LA COMPAÑÍA TRAS UN INCREMENTO DE UN 1% EN LA RAMA 3. 274
TABLA 10.39 CAMBIOS EN LAS PRINCIPALES MÉTRICAS DE CAPITAL DE LA COMPAÑÍA TRAS UN INCREMENTO DE UN 1% EN LA RAMA 3. 275
TABLA 10.40 INCREMENTO EN EL RATIO DE RESERVAS INICIALES DE LA RAMA 3 SUFICIENTE PARA COMPENSAR UN INCREMENTO DEL RATIO DE INGRESOS SOBRE CAPITAL. 276
TABLA 10.41 CAPITAL DISPONIBLE ANTES DE LA OPTIMIZACIÓN. 277
TABLA 10.42 PESOS DE LOS PASIVOS ANTES DE LA OPTIMIZACIÓN. 278
TABLA 10.43 PESOS DE LOS ACTIVOS ANTES DE LA OPTIMIZACIÓN. 278
TABLA 10.44 BALANCE INICIAL DE LA COMPAÑÍA ANTES DE LA OPTIMIZACIÓN. 279
TABLA 10.45 BALANCE FINAL PRESUPUESTADO ANTES DE LA OPTIMIZACIÓN. 280
TABLA 10.46 PRINCIPALES MÉTRICAS DE CAPITAL ANTES DE LA OPTIMIZACIÓN. 280
TABLA 10.47 PESOS DE LOS PASIVOS PROPUESTOS TRAS LA OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE. 281
TABLA 10.48 PESOS PROPUESTOS DE LOS ACTIVOS TRAS LA OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE. 281
TABLA 10.49 CAPITAL DISPONIBLE REQUERIDO TRAS LA OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE. 282
TABLA 10.50 BALANCE FINAL PRESUPUESTADO TRAS LA OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE. 282
TABLA 10.51 PRINCIPALES MÉTRICAS DE CAPITAL TRAS LA OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE. 283

TABLA 10.52 DIFERENCIAS EN LAS PRINCIPALES MÉTRICAS DE CAPITAL TRAS LA OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE. 283
TABLA 10.53 COMPARATIVA DE LAS PRINCIPALES MÉTRICAS DE LOS TRES MÉTODOS DE OPTIMIZACIÓN PROPUESTOS. 284
TABLA 10.54 CAPITAL INICIAL DISPONIBLE. 290
TABLA 10.55 PESOS INICIALES DE LOS ACTIVOS 291
TABLA 10.56 PESOS INICIALES DE LOS PASIVOS. 291
TABLA 10.57 PERFIL INICIAL DE LA COMPAÑÍA. 292
TABLA 10.58 BALANCE FINAL PRESUPUESTADO DE LA COMPAÑÍA ANTES DE LA OPTIMIZACIÓN. 292
TABLA 10.59 RATIOS DE CAPITAL DE LA COMPAÑÍA ANTES DE LA OPTIMIZACIÓN. 293
TABLA 10.60 PESOS DE LOS ACTIVOS PROPUESTOS TRAS LA OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE. 293
TABLA 10.61 PESOS DE LOS PASIVOS PROPUESTOS TRAS LA OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE. 294
TABLA 10.62 CAPITAL NECESARIO PROPUESTO TRAS LA OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE. 295
TABLA 10.63 ESTRUCTURA OPERATIVA DE LA COMPAÑÍA PROPUESTA TRAS LA OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE. 296
TABLA 10.64 BALANCE INICIAL DE LA COMPAÑÍA PROPUESTO TRAS LA OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE. 297
TABLA 10.65 BALANCE FINAL DE LA COMPAÑÍA PROPUESTO TRAS LA OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE. 298
TABLA 10.66 PRINCIPALES MÉTRICAS DE CAPITAL OBTENIDAS TRAS LA OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE. 299
TABLA 10.67 PRINCIPALES MÉTRICAS DE CAPITAL PROPUESTO TRAS LA OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE. 300
TABLA 10.68 DIFERENCIAS EN LAS PRINCIPALES MÉTRICAS DE CAPITAL PROPUESTO. 300
TABLA 10.69 COMPARATIVA DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS EMPLEADOS EN LA OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE. 301
TABLA 11.1 TABLA COMPARATIVA DE LOS RESULTADOS DE LA OPTIMIZACIÓN. 309
TABLA 11.2 PESOS DE LOS ACTIVOS RESULTADO DEL PROCESO DE OPTIMIZACIÓN. 312
TABLA 11.3 BALANCE FINAL DE LA COMPAÑÍA TRAS REALIZAR EL PROCESO DE OPTIMIZACIÓN DE BALANCE. 313
TABLA 11.4 PESOS DE LOS PASIVOS DE LA COMPAÑÍA TRAS LA OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE. 314
TABLA 11.5 SITUACIÓN INICIAL DE LAS RAMAS DE PASIVO DE LA COMPAÑÍA. 314
TABLA 11.6 SITUACIÓN DE PARTIDA DE LOS PESOS DE LAS RAMAS DE PASIVO DE LA COMPAÑÍA. 316
TABLA 11.7 PRINCIPALES MÉTRICAS DE RETORNO Y CAPITAL INICIALES DE LA COMPAÑÍA. 316
TABLA 11.8 PESOS DE LAS RAMAS DE LOS PASIVOS TRAS INCREMENTAR EL PESO DE LA RAMA 1 EN UN 1%. 316
TABLA 11.9 PRINCIPALES MÉTRICAS DE RETORNO Y CAPITAL DE LA COMPAÑÍA TRAS INCREMENTAR EL PESO DEL RAMO 1 EN UN 1%. 317
TABLA 11.10 ESTRUCTURA DE LOS PASIVOS Y PRINCIPALES MÉTRICAS DE RETORNO Y CAPITAL CUANDO SE INCREMENTA EL PESO DE LA RAMA 1 EN UN 1%. 317
TABLA 11.11 EVOLUCIÓN DEL BALANCE DE LA COMPAÑÍA Y LA CUENTA DE RESULTADOS TRAS UN INCREMENTO EN LOS COSTES VARIABLES 319
TABLA 11.12 EVOLUCIÓN DE LAS MÉTRICAS DE RIESGO TRAS UN INCREMENTO EN LOS COSTES VARIABLES. 319
TABLA 11.13 EVOLUCIÓN DE LAS MÉTRICAS DE BENEFICIOS TRAS UN INCREMENTO EN LOS COSTES VARIABLES DE LA COMPAÑÍA. 320
TABLA 11.14 CAMBIO EN EL BALANCE TRAS UN INCREMENTO PROPORCIONAL DE LAS PRIMAS CONTRATADAS. 320
TABLA 11.15 CAMBIO EN LAS VOLATILIDADES DE LOS FLUJOS DE LA COMPAÑÍA TRAS UN INCREMENTO EN LA SINIESTRALIDAD DE LAS RAMAS DE NEGOCIO. 321

TABLA 11.16 CAMBIOS EN EL CAPITAL NECESARIO TRAS UN INCREMENTO EN LA SINIESTRALIDAD DE LAS RAMAS DE NEGOCIO. 322
TABLA 11.17 CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS DE RENTABILIDAD TRAS UNA VARIACIÓN EN LAS RESERVAS INICIALES DE LA COMPAÑÍA. 322
TABLA 11.18 INCREMENTO EN LA RENTABILIDAD DE LA COMPAÑÍA TRAS UN INCREMENTO EN LA PRIMA DE RIESGO. 323
TABLA 11.19 CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS DE RIESGO Y CAPITAL TRAS UN INCREMENTO EN LA PRIMA DE RIESGO DE LOS ACTIVOS. 324
TABLA 11.20 CAMBIOS EN EL RETORNO ESPERADO DE LOS ACTIVOS TRAS UN INCREMENTO EN EL RETORNO ESPERADO DE LOS MISMOS. 324
TABLA 11.21 CAMBIOS EXPERIMENTADOS EN LAS MÉTRICAS DE CAPITAL TRAS UN INCREMENTO LOCALIZADO EN LA VOLATILIDAD DE LOS ACTIVOS. 325
TABLA 11.22 INCREMENTO EN LA VOLATILIDAD DE LOS ACTIVOS TRAS EXPERIMENTAR UN INCREMENTO EN LA VOLATILIDAD DEL MERCADO. 325
TABLA 11.23 INCREMENTO EN LAS NECESIDADES DE CAPITAL TRAS UN INCREMENTO EN LA VOLATILIDAD DE LOS ACTIVOS DE MERCADO. 326

ANEXOS.

i. Descomposición de Cholesky.

La descomposición de Cholesky ha sido realizada mediante código Visual Basic. Se reproduce el código de la fórmula a continuación:

```
Function Cholesky(mat As Range)
Dim A, L() As Double, S As Double
Dim n, m, j, K, I As Integer
A = mat
   n =mat.Rows.Count
   m = mat.Columns.Count
   If n <> m Then
      Cholesky2 = "?"
      Exit Function
   End If

ReDim L(1 To n, 1 To n)
   For j = 1 To n
      S = 0
      For K = 1 To j - 1
         S = S + L(j, K) ^ 2
      Next K
      L(j, j) = A(j, j) - S
```

```
        If L(j, j) <= 0 Then Exit For
        L(j, j) = Sqr(L(j, j))

        For I = j + 1 To n
           S = 0
           For K = 1 To j - 1
              S = S + L(I, K) * L(j, K)
           Next K
L(I, j) = (A(I, j) - S) / L(j, j)
Next I
   Next j
Cholesky = L
EndFunction
```

ii. Archivador de simulaciones.

Para llevar a cabo las simulaciones de Montecarlo también se ha hecho uso de código Visual Basic en entorno Excel. Dado que es un modelo de alto coste computacional, se incluye en dicho código una función "timer", que indica una aproximación del tiempo restante a partir del tiempo actual empleado en el cálculo de simulaciones. Sirve, además, para establecer benchmarks de optimización de la hoja.

Se reproduce el código de la fórmula a continuación:

```
Sub simul_markow()

DimNSimul, I, Progreso, Contador, Porcentaje_Avanzado

NSimul = Range("B2")
Progreso = Range("A14")

Range("B5") = "Calculando..."

Application.ScreenUpdating = False

Tiempo_Calculado = Now()

For I = 1 To NSimul
```

```
    Range("A15") = I


Fijar_aleatorios_assets

Fijar_pesos_cias

Calculate


    Range("A15:AE15").Select

Selection.Copy


    Sheets("Markowitz").Select

    Cells(I + 1, 1).Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _

        :=False, Transpose:=False


    Sheets("Simulador").Select


        If Progreso = True Then

Contador = Contador + 1

            Calculate

Application.ScreenUpdating = True

            Range("B3") = Contador

Application.ScreenUpdating = False

Porcentaje_Avanzado = Range("B4")
```

```
            Tiempo_Calculado2 = Now()
        Tiempo_Calculado3 = (1 - Porcentaje_Avanzado) * (Tiempo_Calculado2 -
Tiempo_Calculado) / Porcentaje_Avanzado
        Horas_C = Int(Tiempo_Calculado3 * 24)
        Minutos_C = Int((Tiempo_Calculado3 * 24 - Horas_C) * 60)
        Segundos_C = Int((Tiempo_Calculado3 * 24 * 60 - Minutos_C - Horas_C * 60)
* 60)
        Range("B5") = "Queda(n) " &Horas_C& " hora(s), " &Minutos_C& " minuto(s)
y " &Segundos_C& " segundo(s)."

        End If

        Next I

        Range("B5") = "Calculado."

        Application.ScreenUpdating = True

        End Sub
```

iii. Matriz de pesos ratio de capital.

Peso en la rama número 1 \ Peso en la rama número 3	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
95,00%	0,727																			
90,00%	0,726	0,720																		
85,00%	0,725	0,721	0,718																	
80,00%	0,726	0,723	0,718	0,714																
75,00%	0,726	0,722	0,718	0,716	0,713															
70,00%	0,724	0,721	0,718	0,715	0,708	0,704														
65,00%	0,722	0,720	0,716	0,711	0,706	0,699	0,692													
60,00%	0,722	0,718	0,711	0,707	0,699	0,693	0,690	0,684												
55,00%	0,718	0,712	0,707	0,699	0,693	0,688	0,682	0,678	0,675											
50,00%	0,711	0,705	0,699	0,693	0,687	0,681	0,678	0,675	0,672	0,668										
45,00%	0,706	0,699	0,694	0,688	0,684	0,680	0,676	0,673	0,669	0,666	0,663									
40,00%	0,700	0,694	0,690	0,686	0,682	0,679	0,676	0,672	0,668	0,665	0,660	0,657								
35,00%	0,696	0,693	0,689	0,686	0,683	0,679	0,674	0,670	0,667	0,660	0,656	0,650	0,645							
30,00%	0,696	0,691	0,690	0,685	0,682	0,676	0,671	0,665	0,660	0,658	0,653	0,646	0,641	0,639						
25,00%	0,695	0,692	0,687	0,682	0,676	0,671	0,665	0,661	0,657	0,653	0,647	0,643	0,640	0,640	0,636					
20,00%	0,692	0,688	0,684	0,678	0,673	0,665	0,661	0,658	0,654	0,650	0,647	0,643	0,640	0,636	0,634	0,632				
15,00%	0,690	0,685	0,680	0,673	0,669	0,664	0,660	0,655	0,653	0,648	0,644	0,644	0,640	0,637	0,633	0,630	0,626			
10,00%	0,687	0,682	0,676	0,671	0,666	0,660	0,656	0,652	0,649	0,647	0,643	0,641	0,638	0,634	0,632	0,628	0,621	0,615		
5,00%	0,685	0,680	0,674	0,668	0,663	0,658	0,653	0,649	0,647	0,644	0,642	0,639	0,634	0,633	0,630	0,623	0,615	0,610	0,608	
0,00%	0,683	0,675	0,669	0,664	0,659	0,654	0,650	0,648	0,645	0,641	0,639	0,635	0,633	0,631	0,623	0,615	0,612	0,608	0,605	0,599

iv. Matriz de varianzas y covarianzas.

La matriz inicial obtenida de varianzas y covarianzas será la siguiente:

COVAR	Activo 1	Activo 2	Activo 3	Activo 4	Mercado	Rama 1	Rama 2	Rama 3
Activo 1	0,0009	0,0019	0,0019	0,0035	0,0022	0,0040	0,0017	0,0041
Activo 2	0,0019	0,0049	0,0059	0,0100	0,0053	0,0084	0,0058	0,0080
Activo 3	0,0019	0,0059	0,0121	0,0152	0,0051	0,0093	0,0040	0,0077
Activo 4	0,0035	0,0100	0,0152	0,0256	0,0094	0,0162	0,0113	0,0138
Mercado	0,0022	0,0053	0,0051	0,0094	0,0081	0,0089	0,0096	0,0107
Rama 1	0,0040	0,0084	0,0093	0,0162	0,0089	0,0196	0,0069	0,0199
Rama 2	0,0017	0,0058	0,0040	0,0113	0,0096	0,0069	0,0225	0,0097
Rama 3	0,0041	0,0080	0,0077	0,0138	0,0107	0,0199	0,0097	0,0256

Esta matriz de varianzas y covarianzas es segregable en dos bloques, pertenecientes a los activos y a los pasivos, como se muestra a continuación:

COVAR	Activo 1	Activo 2	Activo 3	Activo 4	Mercado
Activo 1	0,0009	0,0019	0,0019	0,0035	0,0022
Activo 2	0,0019	0,0049	0,0059	0,0100	0,0053
Activo 3	0,0019	0,0059	0,0121	0,0152	0,0051
Activo 4	0,0035	0,0100	0,0152	0,0256	0,0094
Mercado	0,0022	0,0053	0,0051	0,0094	0,0081

COVAR	Rama 1	Rama 2	Rama 3
Rama 1	0,0196	0,0069	0,0199
Rama 2	0,0069	0,0225	0,0097
Rama 3	0,0199	0,0097	0,0256

v. Configuración de la optimización.

A modo de ejemplo, se incluye el reporte generado por Solver en la optimización de activos:

Microsoft Excel 14.0 Answer Report
Worksheet: [Seguros ALM Activos.xlsm]Balances
Report Created: 22/08/2016 13:29:27
Result: Solver stopped at user's request.
Solver Engine
Engine: GRG Nonlinear
Solution Time: 175,704 Seconds.
Iterations: 6 Subproblems: 0
Solver Options
Max Time Unlimited, Iterations Unlimited, Precision 0,000001, Show Iteration Results
Convergence 0,00001, Population Size 100, Random Seed 0, Derivatives Central
Max Subproblems Unlimited, Max Integer Sols Unlimited, Integer Tolerance 1%

Objective Cell (Max)

Cell	Name	Original Value	Final Value
N7	Retorno/capital	0,7499	1,6471

Variable Cells

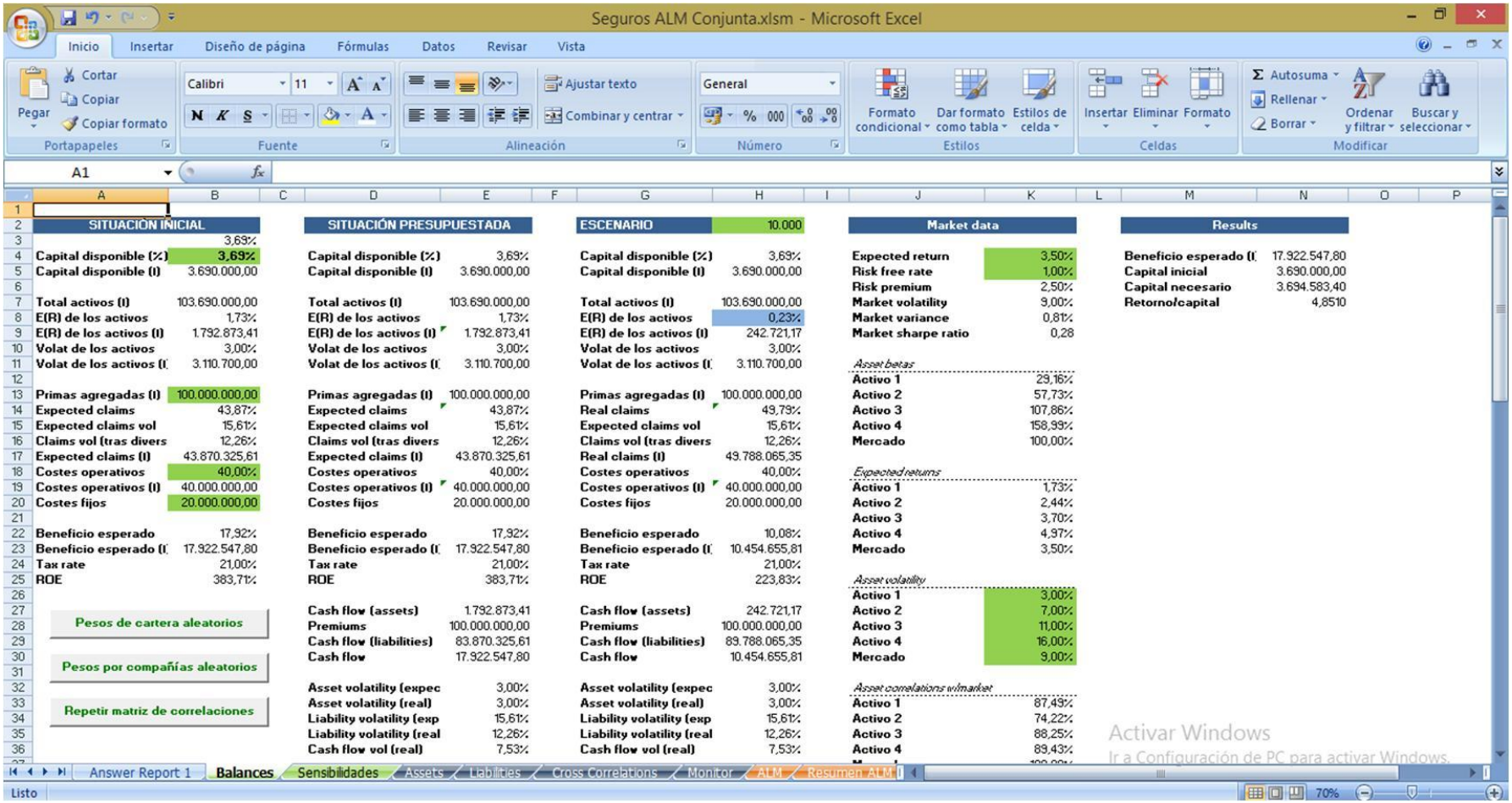
Cell	Name	Original Value	Final Value	Integer
K40	Activo 1	25,00%	97,37%	Contin
K41	Activo 2	25,00%	0,00%	Contin
K42	Activo 3	25,00%	2,63%	Contin
K43	Activo 4	25,00%	0,00%	Contin

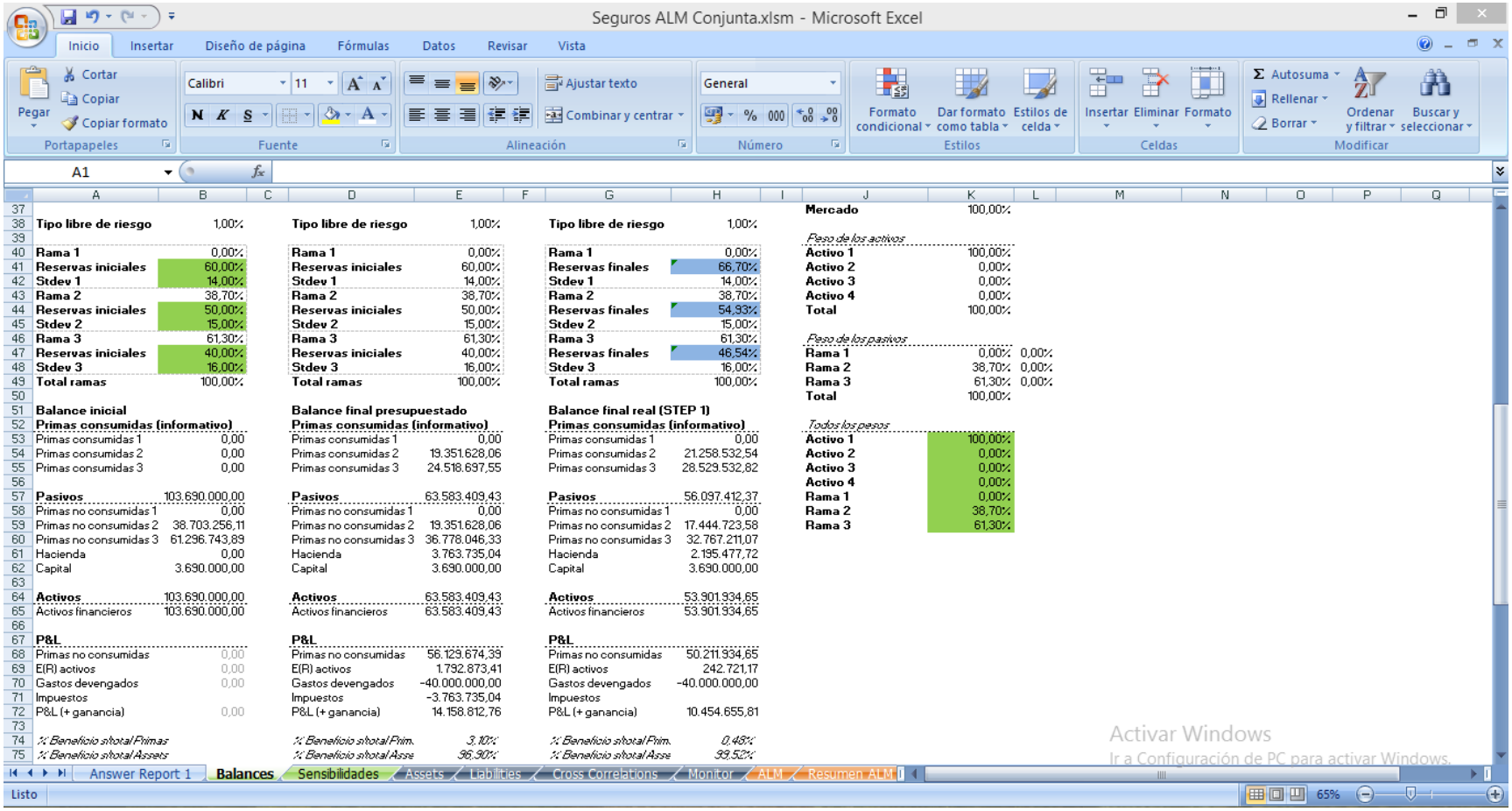
Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
K44	Total	100,00%	K44<=1	Binding	0
K40	Activo 1	97,37%	K40<=1	Not Binding	0,026271221
K40	Activo 1	97,37%	K40>=0	Not Binding	97,37%
K41	Activo 2	0,00%	K41<=1	Not Binding	1
K41	Activo 2	0,00%	K41>=0	Binding	0,00%
K42	Activo 3	2,63%	K42<=1	Not Binding	0,973728779
K42	Activo 3	2,63%	K42>=0	Not Binding	2,63%
K43	Activo 4	0,00%	K43<=1	Not Binding	1
K43	Activo 4	0,00%	K43>=0	Binding	0,00%

Configuración de la optimización de los activos

vi. Modelización en Excel.




Seguros ALM Conjunta.xlsm - Microsoft Excel
Inicio
Insertar
Diseño de página
Fórmulas
Datos
Revisar
Vista
Pegar
Cortar
Copiar
Copiar formato
Portapapeles
Calibri
11
Fuente
Ajustar texto
Combinar y centrar
Alineación
General
Número
Formato condicional
Dar formato como tabla
Estilos de celda
Estilos
Insertar
Eliminar
Formato
Celdas
Autosuma
Rellenar
Borrar
Ordenar y filtrar
Buscar y seleccionar
Modificar
A1
Tipo libre de riesgo 1,00%
Rama 1 0,00%
Reservas iniciales 60,00%
Stdev 1 14,00%
Rama 2 38,70%
Reservas iniciales 50,00%
Stdev 2 15,00%
Rama 3 61,30%
Reservas iniciales 40,00%
Stdev 3 16,00%
Total ramas 100,00%
Balance inicial
Primas consumidas (informativo)
Primas consumidas 1 0,00
Primas consumidas 2 0,00
Primas consumidas 3 0,00
Pasivos 103.690.000,00
Primas no consumidas 1 0,00
Primas no consumidas 2 38.703.256,11
Primas no consumidas 3 61.296.743,89
Hacienda 0,00
Capital 3.690.000,00
Activos 103.690.000,00
Activos financieros 103.690.000,00
P&L
Primas no consumidas 0,00
E(R) activos 0,00
Gastos devengados 0,00
Impuestos
P&L (+ ganancia) 0,00
% Beneficio s/total Primas
% Beneficio s/total Assets
Tipo libre de riesgo 1,00%
Rama 1 0,00%
Reservas iniciales 60,00%
Stdev 1 14,00%
Rama 2 38,70%
Reservas iniciales 50,00%
Stdev 2 15,00%
Rama 3 61,30%
Reservas iniciales 40,00%
Stdev 3 16,00%
Total ramas 100,00%
Balance final presupuestado
Primas consumidas (informativo)
Primas consumidas 1 0,00
Primas consumidas 2 19.351.628,06
Primas consumidas 3 24.518.697,55
Pasivos 63.583.409,43
Primas no consumidas 1 0,00
Primas no consumidas 2 19.351.628,06
Primas no consumidas 3 36.778.046,33
Hacienda 3.763.735,04
Capital 3.690.000,00
Activos 63.583.409,43
Activos financieros 63.583.409,43
P&L
Primas no consumidas 56.129.674,39
E(R) activos 1.792.873,41
Gastos devengados -40.000.000,00
Impuestos -3.763.735,04
P&L (+ ganancia) 14.158.812,76
% Beneficio s/total Prim. 3,10%
% Beneficio s/total Asse 96,90%
Tipo libre de riesgo 1,00%
Rama 1 0,00%
Reservas finales 66,70%
Stdev 1 14,00%
Rama 2 38,70%
Reservas finales 54,93%
Stdev 2 15,00%
Rama 3 61,30%
Reservas finales 46,54%
Stdev 3 16,00%
Total ramas 100,00%
Balance final real (STEP 1)
Primas consumidas (informativo)
Primas consumidas 1 0,00
Primas consumidas 2 21.258.532,54
Primas consumidas 3 28.529.532,82
Pasivos 56.097.412,37
Primas no consumidas 1 0,00
Primas no consumidas 2 17.444.723,58
Primas no consumidas 3 32.767.211,07
Hacienda 2.195.477,72
Capital 3.690.000,00
Activos 53.901.934,65
Activos financieros 53.901.934,65
P&L
Primas no consumidas 50.211.934,65
E(R) activos 242.721,17
Gastos devengados -40.000.000,00
Impuestos
P&L (+ ganancia) 10.454.655,81
% Beneficio s/total Prim. 0,48%
% Beneficio s/total Asse 99,52%
Mercado 100,00%
Peso de los activos
Activo 1 100,00%
Activo 2 0,00%
Activo 3 0,00%
Activo 4 0,00%
Total 100,00%
Peso de los pasivos
Rama 1 0,00% 0,00%
Rama 2 38,70% 0,00%
Rama 3 61,30% 0,00%
Total 100,00%
Todos los pesos
Activo 1 100,00%
Activo 2 0,00%
Activo 3 0,00%
Activo 4 0,00%
Rama 1 0,00%
Rama 2 38,70%
Rama 3 61,30%
Activar Windows
Ir a Configuración de PC para activar Windows.
Answer Report 1
Balances
Sensibilidades
Assets
Liabilities
Cross Correlations
Monitor
ALM
Resumen ALM
Listo
65%