



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Trabajo Fin de Máster

Aplicación de la normativa
Solvencia II. Estudio del riesgo de
longevidad: Efectos sobre el sistema
de pensiones de jubilación de la
Seguridad Social española bajo el
supuesto de un sistema de
capitalización individual.

Paula Leis López
Codirigido por María Pérez y Adolfo Caballero

II

2015-2016

UNIVERSIDADE COMPLUTENSE DE MADRID

Máster en Ciencias Actuariales y Financieras

Trabajo Fin de Máster

Aplicación de la normativa
Solvencia II. Estudio del
riesgo de longevidad: Efectos
sobre el sistema de pensiones
de jubilación de la Seguridad
Social española bajo el
supuesto de un sistema de
capitalización individual.

Paula Leis López

Codirigido por María Pérez y Adolfo Caballero

II

Julio de 2016

UNIVERSIDADE DE COMPLUTENSE DE MADRID

Índice general

Resumen	v
Introducción	vii
1. Conceptos fundamentales	1
1.1. El riesgo de longevidad y la esperanza de vida	1
1.2. El sistema de pensiones de la Seguridad Social Española	5
1.3. Solvencia II	15
2. La fórmula estándar	19
2.1. Descripción de la fórmula estándar	19
2.2. Discusión del shock de longevidad	21
2.3. Aplicación de la estructura temporal de los tipos de interés	22
2.4. Escenario de aplicación	24
3. La Muestra Continua de Vidas Laborales	27
3.1. Descripción de la base de datos	27
3.2. Trabajo realizado sobre la Muestra Continua de Vidas Laborales	28
3.2.1. Variables utilizadas	29
3.2.2. Extracción de la muestra	30
4. Cálculo del SCR del módulo de longevidad	33
4.1. Estimación de la pensión para personas en activo	33
4.2. Estimación de la prima para personas en activo	35
4.3. Cálculo del SCR	37
4.3.1. Shock de longevidad del 20 %	37
4.3.2. Shocks de longevidad alternativos	39
5. Mitigación del riesgo de longevidad	43
5.1. El factor de sostenibilidad de la Seguridad Social	44
5.2. Bonos de longevidad	46
5.3. Swaps de longevidad	48

6. Conclusiones	51
6.1. Influencia de la Longevidad en los sistemas de seguros de vida . .	51
6.2. Líneas de investigación abiertas	52
A. Shocks de longevidad progresivos	57
B. Código para el cálculo de la pensión de jubilación	59
C. Código para el cálculo de la prima	61
D. Macro para el cálculo del capital de solvencia obligatorio	63
Bibliografía	65

Resumen

En este Trabajo Fin de Máster se busca conciliar tres conceptos que, en diferentes ámbitos, están afectando de forma pronunciada a nuestra sociedad. El primero de ellos es el aumento cada vez más pronunciado de la esperanza de vida. Este fenómeno es un hecho constatado que afectará a nuestras vidas diarias a distintos niveles. Una vida más larga implica también la necesidad de disponer de recursos durante más tiempo, pero procurando que la calidad de vida no se deteriore por el simple hecho de vivir más. Una de las motivaciones de este trabajo es la grave situación que atraviesa el sistema de pensiones español en la actualidad. La crisis financiera de los últimos años, el envejecimiento de la población, el descenso de la natalidad, junto con los movimientos migratorios, han provocado que el sistema esté encontrando grandes dificultades para asegurar el pago de las pensiones en los próximos años, por ello, y tal y como reconocen organismos como el FMI o la OCDE ¹, se recomienda a los ciudadanos comenzar a trasladar la responsabilidad de las pensiones al sector privado. En este trabajo se constatará, al igual que se ha hecho en numerosos estudios, que este traslado supondrá un coste muy elevado para los ciudadanos, equivalente al que supondría pasar de un sistema de reparto a un sistema de capitalización individual. Por último, la entrada en vigor de la nueva normativa para la regulación de la actividad de las empresas aseguradoras europeas, Solvencia II, está suponiendo un gran reto para las compañías de cara a su adaptación. Con Solvencia II se establece un sistema dinámico basado en el riesgo y con el objetivo de proteger al asegurado, de manera que se consolide la firmeza de las estructuras del sector. El objetivo de este trabajo es simular y cuantificar el efecto que el riesgo de longevidad tendrá sobre una posible cartera de un conjunto de la población española jubilada uniendo estos tres elementos. De esta manera se mostrará la carga de capital y la metodología de cálculo que Solvencia II exige en materia de longevidad a las entidades privadas, lo que dará una medida de los altos costes que supondría para la población obtener su pensión bajo un sistema de capitalización.

Abstract

The target of this dissertation is de conciliation of three concepts that, in different scopes, are seriously affecting our society. The first of them is de steady increase of life expectancy. This phenomenon is a constated fact that will affect

¹Recomendación incluida en el Informe sobre la Estabilidad Financiera Mundial del FMI (2012) y en el informe elaborado anualmente por la OCDE Pensions at a glance (2013)

our daily lives at several levels. A longer life also means the necessity of having resources available for a longer time, but trying not to deteriorate the quality of life for the simple fact of living longer than we used to. One of the drives of this paper is the serious crisis that the Spanish social security system is currently suffering. The financial crisis of last years, the population ageing, the decreasing of birth rate and the migratory movements have caused that the system is encountering difficulties to ensure pensions payments in the next years. Because of this, as some institutions like IMF or OECD, it is recommended that citizens should start to transferring responsibility to the private sector. In this paper, as in many other research studies, that the transfer would mean a high cost for citizens, equivalent to the transition from a contribution to an individual capitalization system. Finally, the entry into force of the new regulation of European insurance activities, Solvency II, it is meaning a big challenge regarding its implementation. With Solvency II, a dynamic system based on risk is being put in place, with the aim of protect policyholders and consolidate the strength of the sector's framework. The target of this paper is to simulate and quantify the longevity risk effect over a hypothetical portfolio based on the Spanish retired population linking these three elements. In this way, it would be shown the capital charge and calculation methodology that would be required under Solvency II in the scope of longevity to private companies, which would reveal a measure of the high costs that an individual capitalization pension system could mean for citizens.

Introducción

En este Trabajo Fin de Máster se tratará de calibrar como afecta el aumento de la esperanza de vida a los sistemas de pensiones, tanto públicos como privados. Para ello, y como método más avanzado de la actualidad para conocer la solvencia de un sistema, aplicaremos las directrices de la nueva directiva que regulará la actividad de las compañías aseguradoras, Solvencia II, simulando una cartera de asegurados que busca obtener un nivel de renta semejante al que ofrece la Seguridad Social, de forma que se pongan de manifiesto los altos costes que supone para la población basar su pensión en un sistema de capitalización. Para este estudio se utilizará la Muestra Continua de Vidas Laborales (MCVL) que la Seguridad Social pone a disposición de cualquiera que, justificadamente, desee realizar un proyecto de investigación en el que se necesite la información recogida en estos datos.

En primer lugar se partirá de una introducción que detalle y explique los tres elementos fundamentales de este trabajo: el riesgo de longevidad, el sistema de pensiones de la Seguridad Social española, y Solvencia II. Siguiendo esas líneas, se concretará que se entiende por riesgo de longevidad y cual es su relación con la esperanza de vida y se explicará cómo afecta a un sistema de pensiones. A continuación, se hará un recorrido por el sistema de la Seguridad Social, explicando su funcionamiento y su problemática actual. Por último, en esta introducción, se añadirá una explicación sobre la nueva normativa Solvencia II, indicando cuales son los cambios que introduce más significativos y cómo su entrada en vigor afecta a la solvencia de las compañías aseguradoras.

Posteriormente, se dedicará un capítulo a explicar la fórmula estándar propuesta en Solvencia II para el cálculo del capital de solvencia obligatorio, que será la metodología de cálculo que se seguirá en este trabajo. En este capítulo se detallarán los elementos que se incluyen en dicha fórmula y se discutirá la razonabilidad de alguno de ellos. Además, se expondrá cual será el escenario de aplicación del modelo.

Seguidamente, se dedicará un capítulo a la descripción la base de datos utilizada, la Muestra Continua de Vidas Laborales proporcionada por la Seguridad Social. Se detallarán los pasos seguidos para el tratado de la base de datos, el método elegido para la obtención de la muestra con la que se realizarán los

cálculos y las variables utilizadas.

A continuación se procederá al cálculo del capital de solvencia obligatorio, detallando los pasos seguidos en la obtención de la información necesaria, y discutiendo la posibilidad de modificar ciertos parámetros para obtener mejores resultados.

Adicionalmente, se dedicará un capítulo a exponer las principales medidas que los sistemas públicos y privados están tomando en la mitigación del riesgo de longevidad. Para ello se explicará la inclusión del factor de sostenibilidad en el cálculo de la pensión de la seguridad social y se introducirán los principales métodos que podrían utilizar las entidades privadas.

Por último, se dedicará un capítulo a explicar las principales cuestiones que se deducen del estudio realizado sobre la incidencia de la longevidad en los sistemas de pensiones, así como una indicación de las futuras líneas de investigación que quedan abiertas tras la realización de este Trabajo Fin de Máster.

Capítulo 1

Conceptos fundamentales

1.1. El riesgo de longevidad y la esperanza de vida

El riesgo de longevidad es aquel que afecta a los seguros para los cuales un aumento de la esperanza de vida (equivalentemente, una disminución de las tasas de mortalidad) puede suponer un aumento del valor de las obligaciones contraídas con los asegurados.

Un ejemplo sencillo para entender este concepto, y que será el producto con el que se trabajará en este trabajo, se puede encontrar en el caso de una cartera de asegurados a los que se le garantiza una renta vitalicia que se empieza a pagar a partir de la edad de jubilación y hasta que fallezcan. Si finalmente, el número de asegurados que alcanza cada edad es mayor que el contemplado en las tablas de mortalidad utilizadas para modelar el producto, (es decir, si las probabilidades de supervivencia resultan inferiores a las tasas reales) la compañía habrá proyectado unos flujos de pagos insuficientes, con el consecuente desequilibrio financiero-actuarial que sufrirá.

Tal y como se explica en el libro (REFERENCIA), actuarialmente, la modelización de la supervivencia de las poblaciones se realiza utilizando como base el tiempo biométrico, es decir, la edad de las personas. Sobre ello se construye un modelo estocástico en el que la protagonista será una variable aleatoria, que denotaremos por X y que se denominará “edad de fallecimiento” que podrá tomar valores reales positivos, $\Omega = (0, +\infty)$. Sin embargo, en la práctica se supone que existe una edad límite a la que una persona puede llegar, la cual se denomina por ω , por lo que X tomará valores en $\Omega = (0, \omega)$. Esta variable se puede interpretar como “*el tiempo biológico transcurrido desde el instante del nacimiento de un individuo hasta su fallecimiento*”.

Por otra parte, la variable que más interesará para el tema que se trata en

este Trabajo Fin de Máster será la variable “vida residual a la edad x ”, que denotaremos por $T(x)$ y que se puede interpretar como los años que le quedan por vivir a un individuo de edad x . Concretamente, si $X > x$, entonces

$$T : \begin{array}{ccc} (0, \omega) & \longrightarrow & (0, \omega - x) \\ x & \rightsquigarrow & X - x \end{array}$$

La calibración de la supervivencia es uno de los aspectos más importantes que una compañía que ofrece productos sobre la vida debe tener en cuenta, pero también es fundamental para el sector público y su sistema de pensiones.

El aumento de la esperanza de vida en la población mundial es un hecho constatado y que seguirá avanzando a medida que se vaya alcanzando mayor nivel de desarrollo en cada país. Es por ello que este aumento es más pronunciado en países con Estados de Bienestar más avanzados, y motivado por diferentes circunstancias en cada uno, ya que en la esperanza de vida, además de aspectos biológicos, influyen notablemente las condiciones de salud y el nivel de desarrollo de cada población.

Según el Informe Mundial sobre Envejecimiento y Salud publicado por la Organización Mundial de la Salud en el año 2015, por primera vez en la historia, la mayor parte de la población tiene una esperanza de vida residual que le permitirá vivir por encima de los 60 años. Según dicho informe, se espera que entre los años 2015 y 2050 la población mayor de 60 años pase del 12% al 22%.

Uno de los factores más importantes que influyen en el aumento de la esperanza de vida es la probabilidad de muerte al nacer. Históricamente, la probabilidad de muerte de un recién nacido se situaba en niveles muy superiores a los que se aprecian hoy en día. Esta mejoría se debe fundamentalmente a los avances médicos y tecnológicos en el cuidado del riesgo de embarazo y la atención al parto. Es precisamente la reducción de estas tasas de mortalidad uno de los factores que según el informe de la OMS ha permitido mejorar la esperanza de vida en los últimos años en los países menos desarrollados. Por otra parte, en los países más desarrollados, el aumento de la esperanza de vida se debe principalmente a la reducción de las tasas de mortalidad de las personas mayores, es decir, al aumento de su esperanza de vida residual.

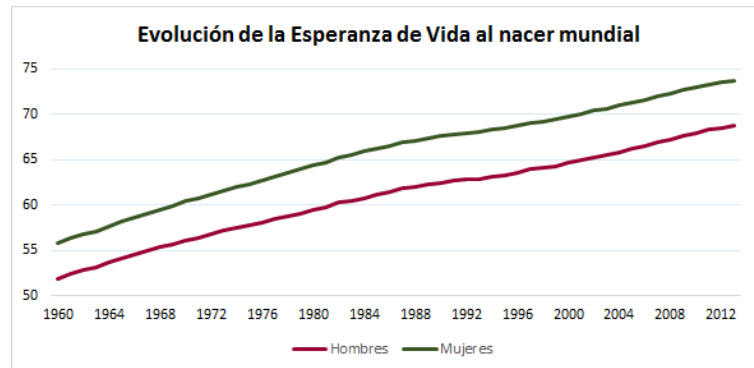


Figura 1.1: Fuente: elaboración propia a partir de datos de los World Development Indicators del Banco Mundial

Además, cabe destacar que esta longevidad se ha conseguido en muy poco tiempo. Según estos datos del Banco Mundial para España, en 1960 la esperanza de vida al nacer era de 66,68 años. En las últimas dos décadas, esta es la evolución que ha seguido:

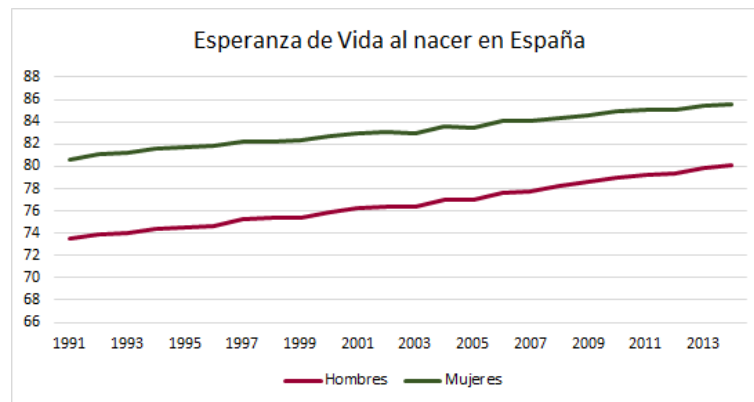


Figura 1.2: Fuente: Elaboración propia con datos del INE

Observando este gráfico, se puede decir que en 40 años se han ganado 16 años de vida, 5 de los cuales han sido durante los últimos 10 años. Esto da una idea de la rapidez con el que este fenómeno está ocurriendo.

En España es precisamente la consolidación del Estado de Bienestar el factor que más ha influido en los últimos años en el aumento de la esperanza de vida de nuestra población. Principalmente, los avances sociales en materia de sanidad, con su universalización y su desarrollo en cuanto a técnicas médicas, suponen un

aspecto fundamental que ha colaborado en la mejora de las tasas de mortalidad. Además, otras materias como el gran avance tecnológico, las medidas tomadas en relación a la prevención de riesgos laborales y de accidentes de tráfico y, en general, la tendencia a un estilo de vida más saludable, son otras características de la población española que se traducen en vidas más largas.

Asumida la tendencia de reducción de las tasas de mortalidad en la población mundial, los estados deberán dedicar recursos para gestionar la influencia que este fenómeno tendrá en casi todos los ámbitos: laboral, sanitario, social, económico, etc. Los ciudadanos deberán enfrentarse al reto de organizar sus ahorros de forma que sean suficientes para mantener su nivel de vida durante más tiempo. Aunque se espera que se realicen profundas reformas en el sector público en materia de pensiones, en la medida que estas no sean suficientes los ciudadanos transferirán la responsabilidad de mantener sus ahorros para garantizar una vejez digna al sector privado.

De esta manera, el sector privado se enfrenta a su vez al reto de ofrecer estas prestaciones a los ciudadanos que recurran a ellos. Sin embargo, de la misma manera el riesgo de longevidad supondrá una dificultad añadida para las compañías aseguradoras. Los seguros sobre la vida se soportan mediante la rentabilidad que las aseguradoras obtienen de sus inversiones, pero en un escenario de tipos de interés bajos, obtener una rentabilidad razonable para un compromiso por pensiones que previsiblemente se deberán pagar cada vez durante más tiempo de lo que hasta ahora venía ocurriendo será una tarea difícil. Por otra parte, los factores que influyen en la esperanza de vida de las personas depende de una infinidad de factores que muchas veces son impredecibles, tales como catástrofes naturales, guerras, atentados terroristas, pandemias, crisis económicas, etc. Es por ello que calibrar las tasas de mortalidad de forma que se ajusten lo más posible a la realidad será una tarea merecedora de grandes recursos. En este Trabajo Fin de Máster, se tratará de ver que carga supondrá este hecho tanto para las compañías aseguradoras como para los pensionistas.

Por último, para recalcar la importancia que tiene la situación descrita en esta sección, cabe señalar que el Fondo Monetario Internacional en su Informe sobre la estabilidad financiera mundial publicado en el mes de abril de 2012, pone de manifiesto este hecho definiendo el riesgo de longevidad como un riesgo financiero. En dicho informe se indica que si la esperanza de vida mejorara hasta el año 2050 tan solo 3 años más de lo esperado, el coste del envejecimiento de la población aumentaría en un 50%. Vemos, por tanto, la envergadura del desafío que supone una vida más larga.

1.2. El sistema de pensiones de la Seguridad Social Española

Los sistemas públicos de seguridad social nacen ante la decisión de los estados de proteger ciertas necesidades sociales que se pueden producir en todos los individuos de una sociedad, tales como la enfermedad, la invalidez, la orfandad, etc. Por la relevancia de estas situaciones, los sistemas de seguridad social se construyen bajo el marco de la protección universal y pública.

De entre estas situaciones de necesidad, este Trabajo Fin de Máster se centrará en la protección a la vejez. La protección a la vejez nace cuando se produce una incapacidad de trabajar provocada por una edad avanzada. Esta situación genera la imposibilidad de obtener recursos económicos del trabajo y de ello nace la necesidad de protección.

Tal y como se explica en (Vicente, 2015 Vol I), en el artículo 41 de la Constitución española se establece la obligación del estado a proporcionar un sistema público de Seguridad Social para todos los españoles. Por otra parte, en el artículo 50, se indica el deber de los poderes públicos a garantizar la suficiencia económica de los ciudadanos de la tercera edad mediante un sistema de pensiones. Ambos artículos se encuentran entre los Principios rectores de la política social y económica de la Constitución, por lo que no son directamente aplicables, si no que deben ser desarrollados por leyes y reglamentos. A continuación se describirán el funcionamiento y los eventos más importantes que se han sucedido en la regulación de nuestro sistema de Seguridad Social, concretamente en la protección a la vejez.

La seguridad social española se articula en tres niveles de protección que, concretamente para la protección a la vejez, se pueden definir de la siguiente manera:

- **Nivel no contributivo:** Un nivel básico, financiado con aportaciones del Estado que proceden de impuestos, y que cubre las necesidades de aquellos ciudadanos que no han cotizado nunca o no lo han hecho el tiempo suficiente para acceder a una pensión contributiva.
- **Nivel contributivo:** Un nivel obligatorio, financiado con las cotizaciones de los trabajadores y al que se tendrá acceso una vez alcanzado un nivel mínimo de cotización. Este Trabajo Fin de Máster se centrará en el estudio de este nivel de protección.
- **Nivel complementario:** Un nivel libre, voluntario y de carácter privado al que el ciudadano recurrirá como complemento a los niveles financiados por los servicios públicos.

La financiación del nivel contributivo en España se basa en un sistema de reparto. En los sistemas de reparto, las personas que están trabajando ahora

mismo están financiando con sus cotizaciones las jubilaciones de los pensionistas de este mismo instante, y se espera que las generaciones venideras financien las pensiones de los primeros cuando éstos alcancen la edad de jubilación. Por ello, para garantizar su viabilidad es necesario que exista un colectivo de gran dimensión en el que se de un equilibrio entre el número personas en edad de trabajar y el número de pensionistas. De esta manera, es necesario que exista una renovación continua y creciente del número de activos, así como un equilibrio entre los niveles de cotizaciones y de pagos por pensiones. Formalmente, se deberá verificar un equilibrio financiero dado por la siguiente expresión, para un modelo simplificado de pensiones de jubilación:

$$C(i) \sum_{x=16}^{64} L(ix)S(ix) = \sum_{x=65}^{\omega} P(ix)N(ix)$$

donde:

$C(i)$ representa el tipo de cotización del periodo i

$L(ix)$ es el número de personas aseguradas de edad x en el periodo i , dentro de los límites de las edades activas

$S(ix)$ es el salario medio de cotización de una persona de edad x en el periodo i

$P(ix)$ representa la pensión de un individuo de edad x en el periodo i

$N(ix)$ es el número de jubilados de edad x en el periodo i

La relación entre el número de individuos pasivos y el número de población activa es un factor demográfico que se denomina tasa de dependencia. Por otra parte, la relación entre la pensión media y el salario medio es un factor económico que se denomina tasa de sustitución de ingresos. “*El control de estos factores es básico para la viabilidad del sistema*”, (Vicente, 2015 Vol II).

$$\begin{aligned} L(i) &= \sum_{x=16}^{64} L(x) \text{ la población total asegurada en el periodo } i \\ N(i) &= \sum_{x=65}^{\omega} N(x) \text{ la población total jubilada en el periodo } i \\ \bar{S}(i) &\text{ el salario medio de cotización de los activos en el periodo } i \\ \bar{P}(i) &\text{ la pensión media de los jubilados en el periodo } i \end{aligned}$$

Entonces, la tasa de dependencia β_i y la tasa de sustitución de ingresos α_i son, respectivamente, para un periodo i :

$$\beta_i = \frac{N(i)}{L(i)} \quad \alpha_i = \frac{\bar{P}(i)}{\bar{S}(i)}$$

Veamos como este sistema ha entrado en una crisis profunda durante los últimos años. Durante la década de los 90 el estado comenzó a ser consciente de un problema que amenazaba cada vez de forma más acentuada al sistema de pensiones español: el envejecimiento de la población, motivado por el descenso de la natalidad y el aumento de la esperanza de vida. El envejecimiento de la población ha sido un fenómeno generalizado en todo el mundo, pero tal y como se indica en trabajo de investigación realizado por Montserrat Guillen, *Hacia la*

1.2. EL SISTEMA DE PENSIONES DE LA SEGURIDAD SOCIAL ESPAÑOLA 7

Solvencia del sistema de pensiones tras los nuevos retos: envejecimiento y desempleo. Líneas de aplicación y calendario de actuación en España este fenómeno ha llegado más tarde, pero se ha producido de manera más pronunciada que en el resto de países de Europa. Mientras que en el año 1985 España era el segundo país de la Unión Europea con menor tasa de envejecimiento, según la Oficina Estadística Europea (Eurostat), España será en el año 2050 el país más envejecido de Europa. Según datos del INE, en el año 2050 las personas mayores de 65 años superarán el 31 % de la población total española.

En los siguientes gráficos, elaborados a partir de datos del INE, se puede comprobar como será la evolución de la pirámide poblacional española comparando su estructura para el año 2014 con la proyección para el año 2054:

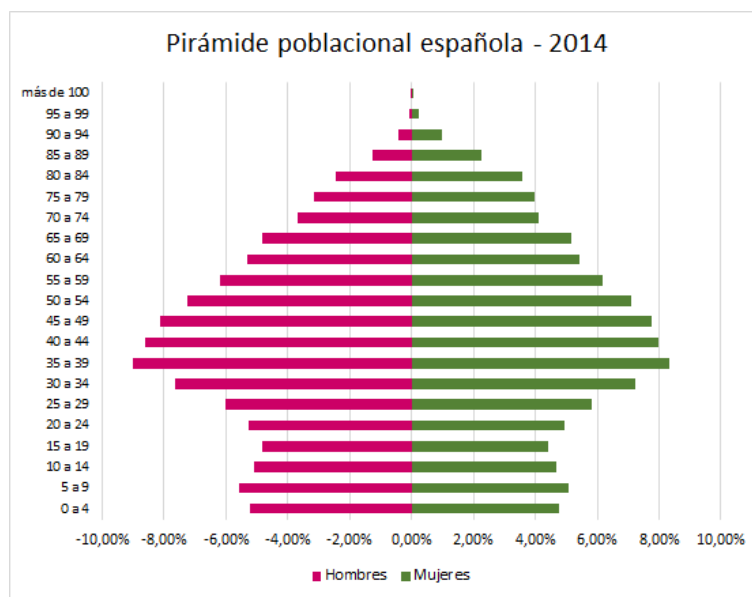


Figura 1.3: Elaboración propia con datos del INE

En la primera figura se puede ver como la mayor parte de la población se concentra en la franja de edades de entre los 35 y los 55 años, conocida como la generación del *baby boom*. Sin embargo, se comienza a apreciar el estrechamiento de la base de la población, debido a la baja natalidad que se ha registrado en los últimos años.

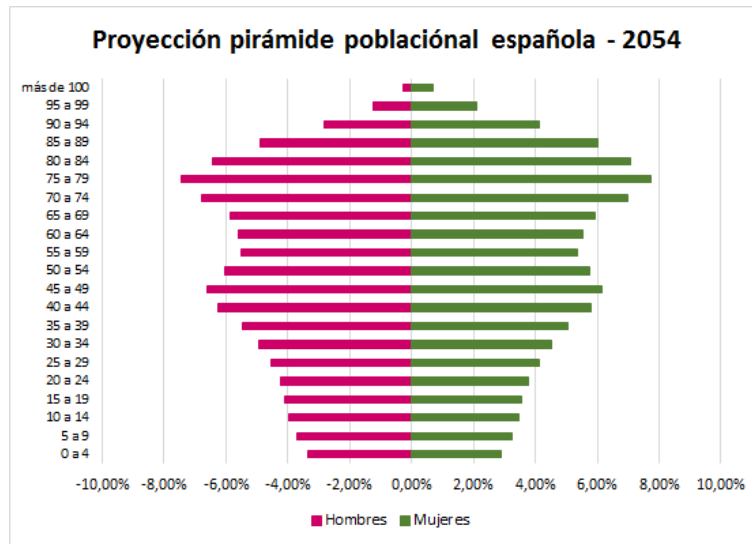


Figura 1.4: Elaboración propia con datos del INE

En la segunda imagen se puede comprobar como transcurridos 20 años, la generación del *baby boom* se va desplazando hacia arriba de manera que, una esperanza de vida más larga y una tasa de natalidad más baja, producirá un estrechamiento en la base de la pirámide cada vez más pronunciado, pues esta masa de población no será compensada con nuevos nacimientos. En el siguiente gráfico se puede apreciar el acentuado descenso de la tasa de natalidad en los últimos años:

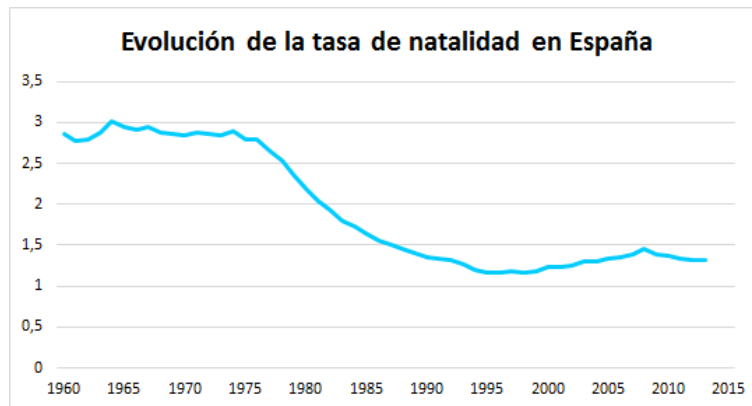


Figura 1.5: Elaboración propia con datos del Banco Mundial

A este fenómeno hay que sumarle el efecto de los movimientos migratorios.

1.2. EL SISTEMA DE PENSIONES DE LA SEGURIDAD SOCIAL ESPAÑOLA 9

Según se informa en la Encuesta Nacional de Inmigrantes (ENI), la población inmigrante durante el año 2015 sumaba más de 4 millones de personas, de los cuales la mayoría tenían alrededor de 39 años, lo que contribuye a aumentar el efecto de la generación del *baby boom*. Esta generación, tal y como se explica en el artículo del Fondo de Investigación de la Seguridad Social *Efectos de la productividad, envejecimiento, empleo e inmigración sobre la sostenibilidad del sistema público de pensiones en España: Propuesta de Reforma* ha provocado en el pasado gran presión sobre el sistema educativo y sobre el panorama laboral, y ahora lo hará sobre el sistema de pensiones.

A finales del año 2007, tal y como se explica en el artículo del Fondo de Investigación de la Seguridad Social *Crisis económica y sostenibilidad de las pensiones de jubilación y los sistemas de provisión privados*, al problema demográfico del que se empezaba a ser consciente, se le sumó la profunda crisis económica que sufrieron las grandes economías mundiales durante los últimos 6 años. Concretamente España se encontró con una situación muy preocupante: debido al envejecimiento de la población, cada vez se tenían que pagar más pensiones, pero con las históricas tasas de paro, cada vez se recibían menos ingresos por cotizaciones. Prueba de ello es que la tasa de dependencia se ha disparado por los dos extremos llevando al sistema a una situación de desequilibrio financiero-actuarial muy grave. En el siguiente gráfico se puede comprobar como ha sido su evolución: desde el año 2012 el número de pensionistas supera al número de personas activas, y esta tendencia no ha dejado de aumentar hasta el año 2015.

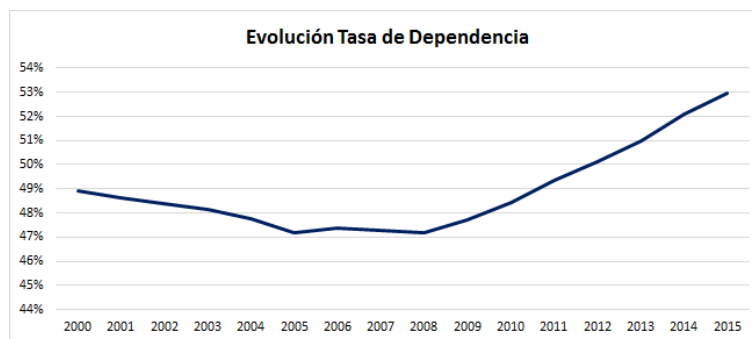


Figura 1.6: Elaboración propia con datos del INE

Se debe tener en cuenta que en un sistema de pensiones influyen dos tipos de factores: Los factores exógenos y los factores endógenos. Los factores exógenos son aquellos de tipo macroeconómico que no pueden ser regulados explícitamente en las políticas de pensiones, ya que dependen de decisiones económicas más globales (paro, PIB, inflación...). Sin embargo lo que si se puede hacer es

establecer vínculos a estos factores, de modo que las pensiones se adecuen a su evolución. Por otra parte, los factores endógenos son aquellos que si se pueden modificar a través de las políticas sobre pensiones (edad de jubilación, límites de cotizaciones, etc.). En los últimos años se ha tratado de actuar sobre estos dos tipos de factores para intentar solucionar la grave problemática que está afectando al sistema.

El primer ejemplo de este intento es la aprobación en el año 2011 de la *Ley 27/2011, de 1 de agosto, sobre actualización, adecuación y modernización del sistema de Seguridad Social*, que entró en vigor en el año 2013 y que tendrá un periodo transitorio de adaptación de 15 años (hasta el 2027). Esta Ley se elabora después de dos años de discusión de la Comisión Parlamentaria del Pacto de Toledo para la renovación de las recomendaciones del primer acuerdo. En el mismo preámbulo de esta Ley se reconoce que la crisis que experimenta el sistema es principalmente debido:

“al rápido incremento de la población de edad y de su esperanza de vida, así como por las dificultades existentes en la legislación de nuestro país para hacer frente a esos retos, que se han visto acentuados por la situación económica global, y que motivan la conveniencia de incorporar las correspondientes modificaciones en nuestro sistema”

Veamos cuales son las medidas más importantes que ha incorporado esta Ley.

- **Ampliación de la edad de jubilación.** Se aumenta la edad legal de jubilación desde los 65 hasta los 67 años. Sin embargo, se establece un sistema de jubilación flexible desde el que es posible acceder a la pensión si se han cotizado 38 años y 6 meses. Este cambio se hará de forma gradual durante un periodo de 15 años como se puede ver en el siguiente cuadro:

1.2. EL SISTEMA DE PENSIONES DE LA SEGURIDAD SOCIAL ESPAÑOLA11

Año	Edad de jubilación	Cotización acceso jubilación a los 65
2013	65 años y 1 mes	35 años y 3 meses
2014	65 años y 2 meses	35 años y 6 meses
2015	65 años y 3 meses	35 años y 9 meses
2016	65 años y 4 meses	36 años
2017	65 años y 5 meses	36 años y 3 meses
2018	65 años y 6 meses	36 años y 6 meses
2019	65 años y 8 meses	36 años y 9 meses
2020	65 años y 10 meses	37 años
2021	66 años	37 años y 3 meses
2022	66 años y 2 meses	37 años y 6 meses
2023	66 años y 4 meses	37 años y 9 meses
2024	66 años y 8 meses	38 años
2025	66 años y 10 meses	38 años y 3 meses
2026	66 años y 12 meses	38 años y 6 meses
2027	67	38 años y 6 meses

- Periodo de cálculo de la base reguladora.** La base reguladora es el importe sobre el cual se determina la pensión que se va a percibir, en función de las cotizaciones realizadas. En esta Ley se amplía el periodo para su cálculo desde los 15 a los 25 años de forma que ahora se calculará con el cociente de las bases de cotización de los últimos 300 meses (25 años), tomando las 24 últimas por su valor nominal y las restantes actualizadas según la evolución del IPC, entre 350.

$$B_r = \frac{\sum_{i=1}^{24} B_i + \sum_{i=25}^{300} B_i \frac{I_{25}}{I_i}}{350}$$

Según se dice en dicha Ley, esta medida se toma siguiendo las recomendaciones del pacto de Toledo de manera que se logre una mayor proporcionalidad entre las cotizaciones realizadas por el individuo y la pensión a percibir. Esta ampliación se llevará a cabo de forma transitoria hasta el año 2022 para neutralizar el impacto de las personas que se encuentren en edades cercanas a la jubilación. En el siguiente cuadro se puede ver como será la aplicación progresiva de esta medida:

Año	Años para el cálculo	bases cotización/cociente de cálculo
2013	16	192/224
2014	17	204/238
2015	18	216/252
2016	19	228/266
2017	20	240/280
2018	21	252/294
2019	22	264/308
2020	23	276/322
2021	24	288/336
2022	25	300/350

- **Años de cotización para alcanzar el 100% de la pensión y porcentajes sobre la base reguladora.** Esta Ley también ha aumentado el número de años mínimos de cotización para tener derecho al 100% de la pensión contributiva, que pasa de 35 a 37 años. El periodo mínimo de cotización para acceder a una pensión contributiva sigue siendo de 15 años, y el porcentaje aplicado a la base reguladora en este caso se mantiene en el 50%. En el siguiente cuadro podemos ver cuales serán los porcentajes a aplicar en función de los meses cotizados:

Tiempo de cotización	Porcentaje aplicable
15 años	50 %
A partir del año 16, entre 1 y 248 meses	0,19 % por mes
Resto de meses	0,18 % por mes hasta el 100 %

Se podrá alcanzar un porcentaje mayor que el 100% cuando se acceda a la jubilación en una edad superior a la reglamentada, Estos porcentajes se aplicarán a partir del 1 de enero del año 2027, y hasta entonces se aplicarán los indicados en el siguiente cuadro:

Años de aplicación	Porcentaje aplicable	Porcentaje aplicable
Años 2013 a 2019	0,21 % meses 1 a 163	0,19 % 83 meses siguientes
Años 2020 a 2022	0,21 % meses 1 a 106	0,19 % 146 meses siguientes
Años 2023 a 2026	0,21 % meses 1 a 49	0,19 % 209 meses siguientes
A partir del año 2027	0,19 % meses 1 a 248	0,19 % 16 meses siguientes

Explicada esta gran reforma, la última prueba de la crisis que está sufriendo el sistema se encuentra en la “hucha de las pensiones”. La hucha de las pensiones

1.2. EL SISTEMA DE PENSIONES DE LA SEGURIDAD SOCIAL ESPAÑOLA13

es el nombre que se da comúnmente al Fondo de Reserva de la Seguridad Social. El Fondo de Reserva se creó con la *Ley 24/1997, de 15 de julio, de consolidación y racionalización del Sistema de Seguridad Social*, en la que se estableció una reforma profunda del sistema de pensiones contributivas de jubilación. En ella se indicaba el deber de constitución de reservas a partir de los excedentes de cotización, que podrían ser utilizadas en momentos de necesidad del sistema. Con leyes posteriores, como la *Ley 28/2003, de 29 de septiembre, reguladora del Fondo de Reserva de la Seguridad Social*, se ha ido regulado el uso del Fondo de Reserva, estableciéndose un límite máximo de disposición de un 3% del gasto anual en pensiones contributivas, entre otras medidas. Pero lo cierto es que debido a la mala salud del sistema, en los últimos años ha sido necesario extraer gran parte de los fondos acumulados para el pago de las pensiones.

En el año 2012, con el *Real Decreto-ley 28/2012, de 30 de noviembre, de medidas de consolidación y garantía del sistema de la Seguridad Social*, se elimina el tope máximo de disposición del Fondo de Reserva, justificándose que la situación del sistema determinó:

“la imperiosa necesidad de establecer, durante los ejercicios 2012, 2013 y 2014 unas condiciones excepcionales para la disposición del Fondo, dejando sin efecto durante los mencionados ejercicios la limitación del tres por ciento”

Además, en la misma Ley se establece que:

“queda plenamente justificada la extraordinaria y urgente necesidad de la situación que legitima la adopción de este real decreto-ley por el que se fija un nuevo límite en la disposición de activos del Fondo de Reserva de la Seguridad Social y se autoriza durante los ejercicios 2012, 2013 y 2014 la disposición del Fondo de Reserva de la Seguridad Social, a medida que surjan las necesidades, hasta un importe máximo equivalente al déficit presupuestario de las entidades gestoras y servicios comunes de la Seguridad Social.”

En el siguiente cuadro podemos ver como ha ido evolucionando el saldo del Fondo de Reserva en los últimos años:

	2008	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Dotaciones	50.670	50.750	52.559	52.782	53.008	53.205	53.484	53.587
Disposiciones					-7.003	-18.651	-33.951	-47.201
Rendimientos	6.553	9.272	11.816	14.033	17.003	19.190	22.101	26.095
TOTAL	57.223	60.022	64.375	66.815	63.008	53.744	41.634	32.481

Figura 1.7: Fuente: Seguridad Social. Datos acumulados en millones de euros

Desde el año 2011 ha sido necesario sacar del Fondo de Reserva más de 34 millones de euros para el pago de las pensiones, para lo cual se ha tenido que

suspender el límite máximo de disposición. Esto es una prueba más de la grave crisis que atraviesa el sistema y de que las medidas tomadas hasta el momento son insuficientes. Muchos estudios, como el presentado por la Autoridad Independiente de Responsabilidad Fiscal en 2016, *Situación y perspectivas de las finanzas públicas en España* calculan que para el año 2018 el Fondo de reserva estará agotado y existe mucha incertidumbre sobre que ocurrirá cuando llegue este momento.

Por otra parte, en este mismo Real Decreto, se establece otra de las grandes medidas que se ha tomado para garantizar la sostenibilidad del sistema, que es la regularización de su revalorización. La revalorización de las pensiones se venía realizando en función del IPC, pero la situación económica que atravesó el país en estos últimos años obligó a cambiar este mecanismo.

En el año 2009 se había previsto un IPC del 2%, pero sin embargo solo se registró un aumento del 0,3%. Ello llevó al estado a revalorizar las pensiones por encima del IPC en un 1,7%. A continuación, en el año 2010 se previó un IPC del 1%, pero se registró un 2,3% por lo que fue necesario pagar a los pensionistas una compensación por el 1,3% restante. Estos hechos produjeron grandes desajustes presupuestarios durante estos años, lo que se tradujo en una suspensión de la revalorización de las pensiones para el año 2011. Para el año 2012 las pensiones se revalorizaron un 1%, pero ello supuso disponer del Fondo de Reserva. Para el año 2013 las pensiones se volvieron a revalorizar en un 1%, con un 1% extra para aquellas que no superaban unas cuantías mínimas.

El estado fue consciente de que se debía establecer un mecanismo mediante el cual la revalorización de las pensiones se adecuara a la situación de cada momento. Por ello se aprueba la *Ley 23/2013, de 23 de diciembre, reguladora del Factor de Sostenibilidad y del Índice de Revalorización del Sistema de Pensiones de la Seguridad Social*. En el mismo preámbulo de esta Ley se resume toda la problemática que hemos tratado en este capítulo sobre la crisis del sistema de pensiones:

“La evolución que se está experimentando en España con una elevación prevista de la esperanza de vida y bajas tasas de natalidad son riesgos a los que se enfrenta nuestro sistema de pensiones. Además, concurre una circunstancia excepcional, en los próximos años, y es que accederá a la jubilación la generación denominada del «baby boom» con lo que eso supone de incidencia en el aumento en el número de pensiones durante un periodo dilatado de tiempo (2025-2060). A la desfavorable evolución demográfica se le une una intensa crisis económica que ha anticipado varios años la aparición de déficits en las cuentas de la Seguridad Social, lo que ha supuesto tensiones económicas añadidas en el corto plazo”

En esta Ley se introduce un factor de sostenibilidad, que según se define, permite vincular la cuantía de las pensiones a la evolución de la esperanza de vida de la población. Este factor, que se aplicará a partir del año 2027, se ob-

tendrá a partir de un valor que tenga en cuenta la esperanza de vida a los 67 años, el cual se recalculará cada 5 años.

En general, con la nueva forma de calcular la revalorización, ya no se intenta equiparar la evolución de los precios a la cuantía de las pensiones, si no que ésta se intenta adecuar al nivel de ingresos y gastos del sistema. Con esta metodología, el estado está cubriéndose del riesgo de longevidad y de posibles desviaciones financieras, pero a la vez está impidiendo a la población la posibilidad de mantener el mismo nivel de vida. Esto es debido principalmente al envejecimiento de la población y al aumento de la esperanza de vida, lo que prueba una vez más la gran necesidad que tienen las instituciones de gestionar el riesgo de longevidad de manera que una vida más larga no empeore las condiciones de la misma.

Una posible solución que se ha planteado en los últimos años es la transformación del sistema de reparto a un sistema de capitalización. Sin embargo, en este Trabajo Fin de Máster se podrán comprobar los altos costes que ello supondría. Son muchos los estudios que han demostrado que este cambio no sería la mejor opción. Un ejemplo es el trabajo de investigación realizado por María Ángeles Cadarso y Eladio Febrero, *Sistemas de reparto versus sistemas de capitalización. Algunas reflexiones críticas*. En el se señala que la problemática que supondría para las generaciones de transición, que deberían seguir contribuyendo al sistema con sus cotizaciones a la vez que ahorrar de forma individual, además de que se correría un alto riesgo de deflación.

1.3. Solvencia II

Solvencia II es la nueva normativa europea de regulación de la actividad aseguradora que ha entrado en vigor en el presente año sustituyendo a la anterior legislación, Solvencia I, que se había introducido en el año 1973. Las diferencias de las condiciones de mercado actuales motivaron que en el año 2001 se iniciaran conversaciones para elaborar una normativa renovada que se ajustara a estas nuevas circunstancias y que mejorara la gestión del riesgo de las empresas aseguradoras europeas.

Solvencia II nace inspirándose en la normativa equivalente para el sector bancario, Basilea II, y con la intención de establecer un modelo de capital basado en riesgo y centrado en la protección del asegurador. En Solvencia I se establecía un sistema estático que solo cubría el riesgo del pasivo, pero con Solvencia II se busca que el sector esté preparado para posibles cambios desfavorables en sus predicciones, de manera que la gestión se realice en función del riesgo asumido, evolucionando de esta manera hacia un sistema dinámico.

La normativa se divide en tres pilares fundamentales:

Solvencia II		
Pilar I	Pilar II	Pilar III
Requisitos armonizados de valoración y de capital basados en riesgo	Requisitos armonizados de gobernanza y gestión de riesgos	Requisitos armonizados de información con fines de supervisión y publicación de datos

El pilar II está centrado en la supervisión del cumplimiento de los requisitos establecidos en la normativa por parte de las entidades reguladoras. En Solvencia II se otorga a estas entidades el deber de supervisar todo lo que tiene que ver con el cálculo de la solvencia de la compañía, así como dar su autorización para la utilización de determinados conceptos previstos en su desarrollo. Pero por otra parte, también deberá supervisar el gobierno de la entidad, ya que será el que establecerá la política de la compañía en materia de gestión de riesgos.

El pilar III, por otra parte, está centrado en la disciplina de mercado y la transparencia con la que deberán operar las compañías aseguradoras. Una de las bases sobre las que se ha construido Solvencia II es la protección al asegurado y es por ello que se establece la elaboración de un Informe sobre la Situación Financiera, que será público, y que se elaborará bajo unas directrices equitativas para permitir su comparabilidad.

Este Trabajo Fin de Máster se centrará en el pilar I, el pilar cuantitativo, el cual establece la metodología de cálculo y los requisitos a cumplir para la obtención de las provisiones técnicas y de los requerimientos de capital. Es decir, se regula de forma cuantitativa la gestión que las empresas aseguradoras deben hacer de sus recursos e inversiones, de manera que el riesgo sea el eje central alrededor del cual giren todas las operaciones que efectúe la compañía para poder cumplir con sus obligaciones.

En primer lugar, en este pilar se establece la obligación de disponer de un capital de solvencia obligatorio (SCR por sus siglas en inglés de Solvency Capital Requirement), para el cual en la propia directiva se indica que:

“El capital de solvencia obligatorio será igual al valor en riesgo de los fondos propios básicos de una empresa de seguros o de reaseguros, con un nivel de confianza del 99,5%, a un horizonte de un año.”

De esta manera bajo, un único cálculo, las compañías recogerán todos los riesgos cuantificables a los que están expuestas, de manera que puedan atender a sus obligaciones en caso de tener pérdidas 1 de cada 200 años.

Para cumplir con este requerimiento de capital, las compañías podrán utilizar una fórmula estándar que se propone en la directiva, o podrán optar por la elaboración de un modelo interno, completo o parcial, basado en la experiencia propia de la compañía y que se ajuste más a su perfil de riesgo. El modelo interno deberá cumplir una serie de requisitos y su utilización estará condicionada a la aprobación previa de la entidad reguladora.

El cálculo del SCR para los distintos módulos de riesgos pasará por aplicar un estrés a las distintas probabilidades que afectan a cada riesgo. Cada estrés se especificará concretamente en la directiva y su ajuste será motivo de elaboración de un modelo interno en caso de que la compañía considere los valores propuestos no se ajustan a sus características.

Por otra parte, se exige un capital mínimo de solvencia para poder operar (MCR, Minimum Capital Requirement). Supone un nivel más bajo de exigencia ya que se debe calcular de forma que se garantice que la compañía podrá hacer frente a sus obligaciones en un horizonte temporal de un año con un nivel de confianza del 85 %.

Adicionalmente, se actualiza también el método de cálculo de las provisiones técnicas. Se indica que las provisiones técnicas serán la suma de dos conceptos, la mejor estimación y el margen de riesgo. La mejor estimación será la media de los flujos de caja futuros probabilizados, teniendo en cuenta el valor temporal del dinero, y el margen de riesgo será aquel valor que garantice que las provisiones técnicas sean equivalentes al importe necesario para poder cumplir las obligaciones.

Como se ha dicho, en el cálculo de las provisiones técnicas se deberá tener en cuenta el valor temporal del dinero. Este es otro de los principales cambios que se introducen con la entrada en vigor de la normativa de Solvencia II, la utilización de la estructura temporal de tipos de interés (ETTI) o curva libre de riesgo, para la actualización de los flujos de caja. De esta manera se otorga un valor a las provisiones técnicas consistente con la situación del mercado en cada momento.

Dicha curva se obtendrá basándose en la permuta de tipos de interés para cada moneda sobre carteras de referencia, ajustados en función del riesgo de crédito. La utilización de la estructura temporal de los tipos de interés se basa en criterios de prudencia y será calculada y publicada, para cada moneda, por la Autoridad Europea de Seguros y Pensiones de Jubilación al menos trimestralmente.

Sin embargo, se establecen una serie de ajustes a la curva libre de riesgo de manera que se puedan elevar moderadamente los tipos de interés. En este sentido, cada país de los Estados Miembros incluirá en sus reglamentos los requisitos que se deben cumplir para poder aplicar dichos ajustes en cuanto al casamiento,

duración, calidad, etc., de sus inversiones, siendo posible la necesidad de tener autorización de la entidad reguladora previamente para su aplicación.

En este momento las compañías aseguradoras están dedicando gran parte de sus recursos a la adaptación a Solvencia II, sabiendo que fruto de ello conseguirán unas estructuras más firmes y solventes, además de dinámicas, lo que les permitirá estar preparados ante cualquier evento que pueda poner en peligro el cumplimiento de sus obligaciones y su buen funcionamiento. Tal y como se explica en el informe elaborado por el banco BBVA, *Tendencias regulatorias financieras globales y retos para las Pensiones y Seguros*, aunque Solvencia II supondrá requisitos de capital más elevados, en el quinto estudio de impacto cuantitativo elaborado por la EIOPA en el año 2010, el QIS5, se llegó a la conclusión de que el sector está preparado para afrontar estas nuevas exigencias. En este mismo informe se dice también que la implantación de Solvencia II podrá tener como efecto la mayor especialización de las compañías en los productos ofrecidos, y en particular, las compañías de seguros de vida podrían disminuir su oferta en productos a largo plazo, de manera que pudieran respaldar sus obligaciones con activos consistentes con las condiciones cambiantes del mercado.

Sin embargo, la creciente deficiencia de sistema de Seguridad Social español, provocará que los ciudadanos comiencen a transferir la responsabilidad de su jubilación al sector privado, por lo que las compañías comenzarán a tener mayor demanda en sistemas de ahorro a largo plazo. Es por ello que en este Trabajo Fin de Máster se ha decidido simular la exigencia que Solvencia II, tendrá en materia de longevidad, sobre cualquier compañía que decida proporcionar un nivel aceptable de jubilación a sus asegurados, bajo el supuesto de que la Seguridad Social no podrá hacerlo.

Capítulo 2

La fórmula estándar

2.1. Descripción de la fórmula estándar

En este Trabajo Fin de Máster se utilizará la fórmula estándar que se propone en Solvencia II. Concretamente nos centraremos en la explicación de su aplicación al riesgo de longevidad, tema central de este trabajo. Dicha normativa regula que el SCR calculado con la fórmula estándar deberá ser la suma de tres elementos:

- el capital de solvencia obligatorio básico
- el capital de solvencia obligatorio por riesgo operacional
- el importe del ajuste destinado a tener en cuenta la capacidad de absorción de pérdidas de las provisiones técnicas y los impuestos diferidos

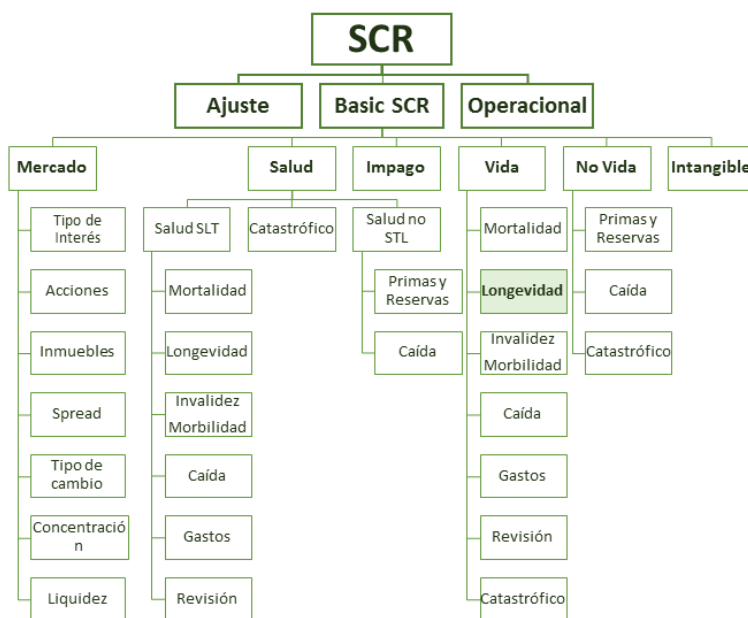
A su vez, se indica que el capital de solvencia obligatorio básico se compondrá por módulos de riesgos individuales, entre los que se incluirán al menos los siguientes:

- riesgo de suscripción en el seguro distinto del seguro de vida
- riesgo de suscripción en el seguro de vida
- riesgo de suscripción del seguro de enfermedad
- riesgo de mercado
- riesgo de incumplimiento de la contraparte

Estos riesgos se calibrarán a su vez en función del valor en riesgo con un nivel de confianza del 99,5 % y se agregarán utilizando unos coeficientes de correlación que también se especifican en la normativa. Se aplicará por tanto la siguiente formulación:

$$BasicSCR = \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{ij} \cdot SCR_i \cdot SCR_j} + SCR_{intangibles}^1$$

A su vez, estos módulos de riesgo se subdividirán en submódulos, con arreglo a lo indicado en la directiva. En el siguiente esquema podemos ver en su totalidad la división y organización de los distintos elementos que integran el cálculo del SCR.



El submódulo de riesgo en el que se centrará este Trabajo Fin de Máster es el submódulo de riesgo de longevidad, el cual en la Directiva se define de la siguiente forma:

“riesgo de pérdida o de modificación adversa del valor de los compromisos contraídos en virtud de los seguros, debido a variaciones en el nivel, la tendencia o la volatilidad de las tasas de mortalidad, para aquellos casos en que un descenso de la tasa de mortalidad genere un aumento en el valor de los compromisos

¹Se agrega un módulo de riesgo para el riesgo de activos intangibles

contraídos en virtud de los seguros”

Además, en el artículo 138 del reglamento que desarrolla dicha directiva, se especifica la metodología de cálculo de este submódulo de riesgo. Concretamente, se establece que “el capital obligatorio frente al riesgo de longevidad será igual a la pérdida de fondos propios básicos que resultaría de una disminución instantánea permanente en un 20 % de las tasas de mortalidad utilizadas para calcular las provisiones técnicas”.

2.2. Discusión del shock de longevidad

El estrés del 20 % propuesto para las tasas de mortalidad por Solvencia II ha sido y sigue siendo objeto de discusión en numerosas ocasiones.

Desde el año 2005, se han realizado una serie de estudios de impacto cuantitativo (QIS) para calibrar la mejor metodología de cálculo de las exigencias de Solvencia II, de forma que se verificara su viabilidad, y sus parámetros se ajustaran a la realidad del negocio asegurador. En total, se han realizado 5 estudios de impacto cuantitativo, los cuales se recogen en la siguiente tabla.

QIS	Año	Órgano	Objetivos
QIS1	2005	CEIOPS	Cálculos de las provisiones técnicas
QIS2	2006	CEIOPS	Obtención del SCR
QIS3	2007	CEIOPS	Expresión analítica del modelo
QIS4	2008	Comisión Europea	Obtención del SCR final
QIS5	2010	Comisión Europea	Última valoración del impacto

Concretamente, para la determinación del shock de longevidad, en primer lugar en el QIS3 se tomó como referencia un estudio realizado por la Consultora inglesa Watson Wyatt² sobre los ICAS³, donde se obtenía una disminución única y permanente de las tasas de mortalidad entre el 5 % y el 35 %, con una media del 18 %. Sin embargo, en el QIS3 se tomó finalmente como shock para el riesgo de longevidad una disminución de la mortalidad del 25 %, tomando como referencia otros estudios posteriores sobre los ICAS, y la consistencia con la experiencia reflejada en trabajos de investigación como la obra “Longevity in the 21st century”, donde se pone de manifiesto los saltos cuantitativos en cuanto a mortalidad que existen entre las distintas tablas que las empresas aseguradoras inglesas han utilizado en los últimos años. En el estudio se concreta que este shock equivale a un aumento de la esperanza de vida de 3 años para un hombre de 65.

²Fusionada desde el 2010 con Tower Perrin, pasando a formar Towers Watson

³Individual Capital Assessment Standards, exigencias de capital en Reino Unido

Sin embargo este valor fue muy discutido por ser excesivamente prudente, sobre todo en el corto plazo. Por ello, en el QIS5 se redujo este valor al 20%. Aún así, muchos investigadores consideran que la aplicación de un estrés fijo a toda la tabla de mortalidad no es un método realista, ya que esta tasa debería ser gradual y depender, por ejemplo, de la edad o el sexo. En el trabajo de la Fundación Mapfre *El riesgo de longevidad y su aplicación práctica a Solvencia II*, se indica como algunos estudios aseguran que una disminución de este nivel de la mortalidad equivaldría a, por ejemplo, desaparecer totalmente las muertes en mujeres por cáncer, lo que no parece probable que vaya a ocurrir en un periodo cercano. Incluso el CEIOPS ha reconocido en uno de sus Consultation Papers (*CEIOPS? Advice for Level 2 Implementing Measures on Solvency II: Standard formula SCR - Article 109 c Life underwriting risk*) que un shock progresivo sería más adecuado.

Por todas estas consideraciones, en este Trabajo Fin de Máster se ha decidido realizar los cálculos aplicando la fórmula estándar y aplicando los posibles shocks de un modelo interno propuestos en el libro *El riesgo de longevidad y su aplicación práctica a Solvencia II*, que se pueden encontrar en el anexo 1. Estos shocks se han calculado a partir de datos históricos de la población española, proyectando los factores de mejora de la mortalidad con un intervalo de confianza del 99,5% para calcular finalmente la probabilidad de muerte sobre una población base, y se han estimado en función del sexo, la edad y la duración del contrato. A los shocks obtenidos, se les añade un shock adicional del 2% como criterio de prudencia por “*las posibles desviaciones futuras abruptas de la longevidad*”. Se utilizarán los mismos shocks que en citado trabajo ya que se consideran realistas en base su metodología de cálculo y las conclusiones obtenidas.

2.3. Aplicación de la estructura temporal de los tipos de interés

Como ya se ha dicho, una de los principales cambios que incluye Solvencia II es la utilización de una curva libre de riesgo para el cálculo de las provisiones técnicas. La curva libre de riesgo a utilizar será la que publique la EIOPA trimestralmente para cada vencimiento, por lo que las compañías aseguradoras no deben preocuparse por su obtención. Sin embargo, vamos a explicar cómo se construye.

En el artículo 43 del Reglamento Delegado por el que se completa la directiva de Solvencia II se establece que la estructura temporal de tipos de interés deberá garantizar que:

- Las entidades podrán obtener estos tipos sin riesgo en el mercado
- Los tipos se determinarán de modo fiable mediante instrumentos financieros negociados en un mercado profundo, líquido y transparente.

2.3. APLICACIÓN DE LA ESTRUCTURA TEMPORAL DE LOS TIPOS DE INTERÉS²³

De esta manera se dota a las provisiones de un valor de mercado que sea consistente con el valor de los activos en los que enfocarán sus inversiones. Las provisiones aumentarán cuando los tipos de interés del mercado bajen, y disminuirán cuando suban. En el artículo 44 de este mismo reglamento se especifica cuáles serán los instrumentos financieros indicados para la obtención de la curva:

- “1. Con respecto a cada moneda y vencimiento, los tipos de interés sin riesgo básicos se obtendrán sobre la base de los tipos de las permutas de los tipos de interés de la moneda en cuestión, ajustados en función del riesgo de crédito.*
- 2. En relación con cada moneda, para los vencimientos respecto de los cuales no estén disponibles los tipos de las permutas de tipos de interés aplicados en mercados financieros profundos, líquidos y transparentes, se utilizarán, a fin de obtener los tipos de interés sin riesgo básicos, los tipos de los bonos del Estado emitidos en la moneda en cuestión, con ajustes para tener en cuenta el correspondiente riesgo de crédito, siempre que los tipos de los bonos del Estado estén disponibles en mercados financieros profundos, líquidos y transparentes.”*

Sin embargo, en muchos casos, sobre todo en el ramo de vida, existen compromisos a un plazo más largo que los activos que se pueden encontrar en mercados profundos, líquidos y transparentes. Es por ello que es necesario realizar una extrapolación de la curva tal y como se dice en el artículo 77 del Texto Refundido de la Directiva de Solvencia II:

“Con respecto a los vencimientos para los que los mercados de los instrumentos financieros pertinentes o de los bonos y obligaciones ya no sean profundos, líquidos y transparentes, se extrapolará la estructura temporal pertinente de los tipos de interés sin riesgo.

La parte extrapolada de la estructura temporal pertinente de los tipos de interés sin riesgo se basará en tipos de interés futuros que converjan progresivamente desde uno o una serie de tipos futuros relativos a los vencimientos más largos para los cuales el pertinente instrumento financiero y los bonos y obligaciones puedan observarse en un mercado profundo, líquido y transparente hasta un último tipo de interés futuro.”

Además, en el artículo 46 del Reglamento Delegado se desarrolla la manera en la que la curva deberá ser extrapolada:

“Los principios aplicados al extrapolar la estructura temporal pertinente de tipos de interés sin riesgo serán los mismos respecto de todas las monedas. Lo mismo será válido en lo que se refiere a la determinación de los vencimientos más largos respecto de los cuales puedan observarse tipos de interés en un mercado profundo, líquido y transparente y el mecanismo para garantizar una

convergencia sin obstáculos hacia el tipo de interés a plazo último.”

Esto quiere decir que la curva con la que se trabaja está basada en los activos que se encuentran en el mercado hasta un punto (*last liquid point*) y a partir de ahí se realiza una extrapolación de manera que la curva converja hacia el tipo de interés a plazo último (*ultimate forward point*) basándose en la idea de que los tipos de interés a lo largo del tiempo se aproximarán a la media.

2.4. Escenario de aplicación

Una vez vistas las especificaciones técnicas que implica la aplicación de la fórmula estándar, a continuación se hará una descripción del escenario sobre el que se va a aplicar.

Vamos a trabajar con una cartera ficticia de 10.000 asegurados, cuya distribución de activos, pasivos, edad y sexo se ha determinado en función de las proporciones de estos parámetros que existían en el año 2014 (año de referencia de la MCVL con la que se trabaja) en el sistema español de Seguridad Social.

Para la población activa:

Rango de edad	Hombres	Mujeres	Total
Entre 30 y 40 años	846	799	1645
Entre 40 y 50 años	1131	979	2110
Entre 50 y 60 años	955	798	1753
Mayores de 60 años	520	401	921
Total	3.452	2.977	6429

Para la población de jubilados:

Rango de edad	Hombres	Mujeres	Total
Menores de 60 años	2	1	3
Entre 60 y 70 años	843	412	1255
Entre 70 y 80 años	982	384	1366
Entre 80 y 90 años	597	220	817
Entre 90 y 100 años	77	50	127
Mas de 100 años	2	1	3
Total	2.503	1.068	3571

En total tenemos una cartera de 10.000 asegurados con una proporción entre activos y pasivos de 1,8, la misma que había en el año 2014 en el sistema de la Seguridad Social según datos del INE.

Por otra parte, estas son las hipótesis con las que se realizará la simulación:

- **Edad de entrada.** Se ha supuesto una edad de entrada al sistema asegurador de 30 años. Esta asunción se basa en la idea de que si finalmente la Seguridad Social española no puede garantizar sus compromisos por pensiones, los ciudadanos deberán tener mayor conciencia de ahorro, y deberán otorgar la responsabilidad de su jubilación a las empresas privadas a una edad que les permita realizar las suficientes aportaciones para tener un nivel de pensión adecuado.
- **Pensión.** La pensión que otorgará este supuesto seguro de rentas será la misma que otorgaría la Seguridad Social. Para su cálculo se utilizarán los datos de la MCVL, que se detallarán en el siguiente capítulo. En base a esta pensión, se calculará la prima que el asegurador deberá aportar atendiendo a las equivalencias actuariales correspondientes.
- **Tabla de Mortalidad.** La tabla de mortalidad utilizada será la PASEM 2010. La decisión de utilizar esta tabla se basa en la *Resolución de 6 de julio de 2012, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones* sobre las tablas de mortalidad a utilizar por las entidades aseguradoras, en la que se promueve el uso de las tablas de mortalidad PASEM 2010, específicas para la población española, obtenidas a través de la experiencia del sector asegurador en el ámbito de las carteras de fallecimiento.
- **Revalorización de las pensiones.** Se ha supuesto un crecimiento anual de las prestaciones del 0,25%. Este valor es el mínimo que se contempla actualmente en la legislación sobre revalorización de las pensiones, y el que se ha aplicado en los 3 últimos años.
- **Tipo de interés** El tipo de interés utilizado para el cálculo de la prima ha sido del 1,5%. Se ha tomado este valor en base un criterio de prudencia, en base al escenario de tipos bajos en el que nos encontramos.
- **Edad de jubilación.** La edad en la que cada asegurado comenzará a percibir la pensión se calculará en base a la edad a la que se podría jubilar según la reforma del sistema de pensiones del año 2011 (siguiendo el criterio de la edad y no de los años cotizados) Además, se ha supuesto que cada persona comienza a cotizar a los 30 años, partiendo del supuesto de que cada vez los jóvenes entran más tarde al mercado laboral. Esta edad es suficiente a efectos de número de bases reguladoras necesarias par el cálculo de la pensión, ya que se necesitarán las de un periodo un máximo de 25 años y como muy pronto la jubilación podrá suceder a los 65.
- **Prima.** La prima se calculará en términos anuales aplicando las correspondientes formulaciones actuariales para las rentas vitalicias diferidas. En marzo de 2011 el Tribunal de Justicia de la Unión Europea declaró que a partir del 21 de diciembre del año 2012 estaba prohibida la fijación el precio de los seguros en función del sexo del asegurado. En palabras de la Vicepresidenta Viviane Reding, comisaria de justicia de la Unión Europea:

“La igualdad de género es un derecho fundamental en la Unión Europea y el Tribunal de Justicia ha dejado claro que dicho derecho también se aplica a la fijación de los precios de los seguros”

Es por ello que la prima se ha calculado utilizando el 50 % de la lx más el 50 % de la lx para mujeres de la tabla PASEM 2010.

Capítulo 3

La Muestra Continua de Vidas Laborales

3.1. Descripción de la base de datos

La Muestra Continua de Vidas Laborales (MCVL) es una base de datos que la Seguridad Social pone a disposición de todo aquel que la solicite para su uso en trabajos de investigación. La base de datos que se facilita se corresponde con una muestra de los archivos de la Seguridad Social, que se completan con datos del Padrón Continuo Municipal y con los de la Agencia Tributaria. En la muestra se recogen datos anonimados de personas seleccionadas al azar de entre todos los que estuvieron afiliados o fueron pensionistas de la seguridad social al menos un día en durante el año de referencia. Concretamente, las personas que se incluyen en la MCVL deben cumplir dos requisitos:

- Tener un documento identificador de persona física que pertenezca al conjunto de números seleccionables
- Haber estado en situación de afiliado en alta o haber sido beneficiario una pensión contributiva de la Seguridad Social. No se incluyen en la muestra:
 - Personas registradas en la Seguridad Social a efectos de asistencia sanitaria
 - Perceptores de pensiones no contributivas o asistenciales
 - Personas encuadradas en sistemas de previsión social distintos a la Seguridad Social
 - Personas en situación de paro que no perciben ninguna prestación por desempleo
 - Perceptores de la Renta Activa de Inserción¹

¹Prestación para personas que han agotado el subsidio por desempleo

La muestra se extrae mediante un muestreo aleatorio simple sin estratos. Se corresponde aproximadamente a un 4% de la población de referencia, y anualmente se realizan contrastes estadísticos para garantizar su representatividad.

En la MCVL, para cada individuo, se incluyen datos personales tales como lugar de nacimiento, nivel educativo, sexo, etc., toda la información referente a la trayectoria laboral, así como datos sobre la percepción en algún momento de cualquier tipo de prestación contributiva. Para estas informaciones se incluyen datos históricos en la medida que los archivos de la Seguridad Social los conserven. Estos datos se organizan en 6 tablas que se relacionan entre sí a través de un identificador anonimado que se corresponde con cada persona que forma parte de la MCVL:

- Tabla 1: Personas. En cada fila de esta tabla se recogen los datos personales de cada individuo tales como fecha de nacimiento, nacionalidad, etc.
- Tabla 2: Afiliación. En esta tabla se encuentran los principales datos de los periodos de afiliación a la Seguridad Social a lo largo de la vida de cada persona incluida en la tabla.
- Tabla 3: Bases de cotización. En esta tabla se incluye un registro para cada año natural y para cada persona de cada una de las cotizaciones mensuales correspondientes.
- Tabla 4: Pensiones. La tabla número 4 recoge todas las pensiones que cada individuo percibe o ha percibido en algún momento de su vida. Se incluyen datos tales como periodo durante el que se percibe, tipo de pensión, importe, etc.
- Tabla 5: Convivientes. Aquí se incluye un registro por cada persona seleccionada que esté registrada en el Padrón Municipal Continuo, de modo que se pueda identificar la hoja padronal en la que está inscrita.
- Tabla 6: Datos Fiscales. Esta última tabla recoge los datos de las retribuciones y retenciones que se realizaron a cada individuo recogido en la MCVL.

3.2. Trabajo realizado sobre la Muestra Continua de Vidas Laborales

En este trabajo se intentará simular como afectaría el riesgo de longevidad a una hipotética empresa que con el lanzamiento de un producto de rentas intentara ofrecer a sus asegurados una renta equivalente a la que percibiría por parte de la Seguridad Social. De esta manera se puede constatar a su vez la carga que supondría basar las pensiones de jubilación en un sistema de capitalización individual. Para ello, se han extraído de la MCVL los datos de 10.000 persona que formarían la supuesta cartera con la que se trabajará. Para la obtención de

los datos de estos 10.000 asegurados se han seguido los pasos que se detallan a continuación. Se ha considerado este tamaño de cartera por ser un número de asegurados medio en base a la experiencia de trabajo con carteras de este tipo de productos.

3.2.1. Variables utilizadas

Como ya se ha explicado, los datos de la MCVL se distribuyen en 6 tablas distintas, pero además, el soporte informático en el que se proporcionan, debido a su tamaño, divide algunas de estas tablas en varios archivos diferentes. Por ejemplo, para la tabla de cotización, los registros se reparten en 13 archivos. Por ello, el primer paso seguido ha sido la identificación de los conceptos que se necesitarían para llevar a cabo el cálculo del submódulo de riesgo de longevidad según la fórmula estándar de Solvencia II y poder recoger así en un mismo archivo las variables y los registros oportunos, teniendo presente que los datos de la muestra son a fecha 31 de diciembre de 2014.

En primer lugar, se debe distinguir dos tipos de personas que formarán la cartera con la que se trabajará: activos y jubilados. Las herramientas que se han utilizado para el tratamiento de los datos de la MCVL han sido Microsoft Excel 2013 y SPSS Statistics 20.

Tratamiento de datos para personas en activo.

1. En primer lugar, se ha decidido trabajar con personas afiliadas en el régimen general, para de esta forma tener un modo unificado de calcular la pensión de jubilación que abarcara a la mayoría de la población. Para ello, en la tabla número 2, la tabla de afiliaciones, se ha filtrado por aquellas personas encuadradas en este régimen.
2. A continuación, se han seleccionado las personas que realizan una actividad a jornada completa, siguiendo el mismo objetivo del punto anterior de obtener un método unificado de calcular la pensión.
3. De la tabla número 1, la tabla que recoge los datos personales, se han eliminado las personas que hubieran fallecido durante el año 2014. Además, se han seleccionado a las personas que a 31 de diciembre de 2014 eran mayores de 30 años, ya que ésta es la edad que se ha fijado como edad más temprana de entrada al plan.
4. Una vez filtradas estas dos tablas, se ha hecho un cruce entre ellas para tener la población total susceptible de pertenecer a la cartera, y se han guardado los datos de la tabla 1 correspondientes al identificador, la fecha de nacimiento y el sexo.
4. A estos datos se les ha añadido la Base Reguladora, que se encuentra en la tabla número 3, la de bases de cotización. Para cada registro, hemos seleccionado el promedio de sus bases reguladoras del año 2014.

Tratamiento de datos para personas jubiladas.

1. Al igual que en el caso anterior, se ha decidido trabajar con personas afiliadas en el régimen general. Para seleccionar a estas personas, en la tabla 4, la tabla de pensiones, se ha filtrado el régimen de la pensión. Además, se han eliminado las personas con jubilación procedente del Seguro Obligatorio de Vejez, ya que este tipo de pensión ya no está en vigor y en poco tiempo desaparecerá totalmente.
2. Por otra parte, sobre esta misma tabla, se ha hecho un filtro para seleccionar solo las pensiones de jubilación. Además, se han eliminado las personas para las que en el campo “Importe anual de la pensión” aparece un valor 0, ya que este era el caso concurrencia con otro tipo de pensiones que alcanzaban el valor máximo.
3. Finalmente, de la tabla de pensiones, se ha extraído el importe anual de la pensión para cada registro seleccionado.
4. Análogamente al caso de activos, de la tabla de datos personales, se han eliminado las personas que hubieran fallecido durante el año 2014.
5. Por último, se ha hecho un cruce entre la tabla personal y la tabla de pensiones para reunir toda la información necesaria.

Los datos utilizados, según se explica en el fichero de Descripción de la Muestra Continua de Vidas Laborales, son datos validados y utilizados por la Seguridad Social, por lo que suponemos que su veracidad. Sin embargo, se han realizado las siguientes modificaciones sobre los datos para obtenerlos en el formato apropiado para realizar los cálculos:

- La fecha de nacimiento que se recoge en la MCVL se presenta como una cadena de 6 dígitos, los cuatro primeros referentes al año de nacimiento y los dos últimos al mes. Por ello, se ha supuesto que todos los asegurados han nacido el primer día del mes correspondiente, y se han realizado las correspondientes transformaciones sobre formato del dato de la MCVL para convertirlo en formato de fecha.
- Los valores de las bases reguladoras y de las pensiones se presentan en céntimos de euro, por lo que se han dividido por 100 para obtener valores en euros.

3.2.2. Extracción de la muestra

Una vez realizados todos los filtros y transformaciones indicados en la sección anterior para seleccionar la población objetivo, se ha procedido a obtener la muestra de 10.000 asegurados que compondrá la cartera con la que se trabajará, tamaño apropiado para una cartera de este tipo. En total, para la población activa se han obtenido 184.100 personas después de realizar los flitros anteriores,

3.2. TRABAJO REALIZADO SOBRE LA MUESTRA CONTINUA DE VIDAS LABORALES31

y para la población pasiva 119.552 jubilados. De cada uno de ellos se ha realizado un muestreo por estratos de sexo y edad, mediante las proporciones citadas anteriormente, y dentro de cada estrato se ha realizado un muestreo aleatorio simple. Se ha utilizado una afijación proporcional y no óptima basándose en los estudios consultados para los que se fijan proporciones de edad y sexo en base a ciertos supuestos, y a cada estrato se les asigna una pensión determinada, fija en muchos casos (véase Ariza et al, (2009) o Silverman, S., Simpson, F. (2011)).

Aplicando un muestreo por estratos se intenta aumentar la precisión del muestreo aleatorio simple, en casos de poblaciones heterogéneas. En este trabajo se ha optado por utilizar este método para así poder conseguir las proporciones de sexo y edad deseadas de acuerdo con la población objetivo de estudio. Estas dos variables han sido las elegidas para definir los estratos, ya que en la mayoría de trabajos consultados sobre pensiones o riesgo de longevidad, estas son las variables claves en las que se basan los estudios, como los citados en el párrafo anterior.

De esta manera, la población total, de tamaño N , ha sido subdividida en L subpoblaciones de tamaños N_1, N_2, \dots, N_L , de forma que la suma de los tamaños de estas poblaciones nos dará la población total de tamaño N . Cada subpoblación se denomina estrato y de cada uno de ellos se extraerá una submuestra. Con la agregación de todas las submuestras se obtendrá la muestra total.

Este ha sido el proceso seguido para realizar el muestreo. Se explicará para la población activa, siendo el proceso análogo para la población de jubilados:

- Se parte de una población de $N = 184.100$ personas, la cual se divide en $L = 8$ grupos distintos, L_1, \dots, L_8 de tamaños N_1, \dots, N_8 , como se muestra a continuación:

Grupos	Hombres	Mujeres
Entre 30 y 40 años	$N_1 = 32.382$	$N_2 = 23.581$
Entre 40 y 50 años	$N_3 = 37.056$	$N_4 = 25.318$
Entre 50 y 60 años	$N_5 = 30.491$	$N_6 = 21.380$
Mayores de 60 años	$N_7 = 7.791$	$N_8 = 6.101$

De esta manera, $\sum_{i=1}^8 N_h = 184.100$

- Dentro de cada estrato se realiza un muestreo aleatorio simple de forma que la suma de las submuestras obtenidas sea la muestra total deseada. En este caso, los tamaños de los estratos son los indicados anteriormente. Para la población activa, respetando la proporción de 1,8 activos por cada jubilado, de un total de 10.000 asegurados se necesitarán $n = 6\ 429$ activos.

Rango de edad	Hombres	Mujeres
Entre 30 y 40 años	$n_1 = 846$	$n_2 = 799$
Entre 40 y 50 años	$n_3 = 1.131$	$n_4 = 979$
Entre 50 y 60 años	$n_5 = 955$	$n_6 = 798$
Mayores de 60 años	$n_7 = 520$	$n_8 = 401$

- Por tanto, la muestra final de nuestra población será la formada por las submuestras de cada estrato.

$$\sum_{i=1}^8 n_h = 6.429$$

Capítulo 4

Cálculo del SCR del módulo de longevidad

En este capítulo se va a describir el proceso seguido para el cálculo del SCR del submódulo de longevidad para la cartera de 10.000 asegurados que se ha construido.

4.1. Estimación de la pensión para personas en activo

Para la estimación de la pensión de las personas en activo seleccionadas en la muestra, se ha tratado de calcular la posible pensión que cobrarían de la Seguridad Social una vez alcanzada la edad de jubilación. Para ello, se han seguido los siguientes pasos.

1. En primer lugar se ha supuesto, como ya se ha explicado, que cada persona comenzaría a cotizar a la edad de 30 años, pues esta edad es suficiente para obtener las bases de cotización necesarias para el cálculo de la pensión, y para obtener un porcentaje del 100 % sobre la base reguladora
2. En el cálculo que realiza la Seguridad Social, las 2 últimas bases reguladoras se toman por su valor nominal, y las restantes deben ser actualizadas con la variación del IPC que haya habido entre el mes de la correspondiente base reguladora y el momento de cálculo de la pensión. Siguiendo este razonamiento, las bases reguladoras para el cálculo de la pensión anteriores al 31 de diciembre 2014, se ha supuesto que una vez revalorizadas alcanzarían un nivel equivalente al de la base reguladora del año 2014, y para las posteriores a 2014 se ha supuesto un factor de revalorización del 0,25 %.
3. Se ha supuesto que las personas se jubilan atendido al criterio de la edad y no de los años cotizados, y que todas podrían optar a un porcentaje del

34 CAPÍTULO 4. CÁLCULO DEL SCR DEL MÓDULO DE LONGEVIDAD

100% de la pensión. Para ello, se ha aplicado la reforma progresiva de la edad de jubilación, de modo que a partir del año 2027 todas las personas se podrán jubilar una vez cumplidos los 67 años.

4. Para el divisor que se utiliza en el cálculo de la pensión, también se ha utilizado la aplicación progresiva de la ley del 2011, de modo que a partir del año 2027 este coeficiente será 350, y para los años anteriores será el indicado en dicha ley.

De esta manera, mediante la elaboración de una macro en el lenguaje de programación Visual Basic, se ha obtenido la pensión de todas las personas incluidas en la muestra. El código correspondiente se puede encontrar en el anexo 2.

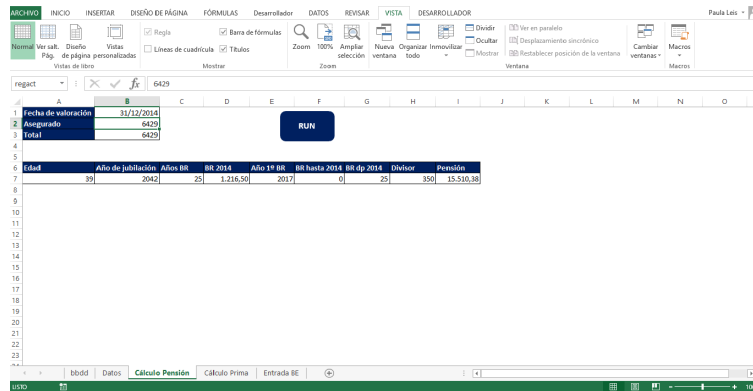


Figura 4.1: Macro para el cálculo de la pensión

La pensión media obtenida para cada rango de edad se resume en la siguiente tabla:

Rango de edad	Hombres	Mujeres	Total
Entre 30 y 40 años	25.826,22	23.433,41	24.664,00
Entre 40 y 50 años	26.968,02	24.996,98	26.053,50
Entre 50 y 60 años	25.956,78	23.626,30	24.895,90
Mayores de 60 años	26.014,23	24.280,85	25.259,52
Total	26.264,76	24.113,45	25.268,58

Por otra parte, para la población pasiva extraída de la MCVL, estas son las pensiones medias recogidas en la base de datos inicial:

Rango de edad	Hombres	Mujeres	Total
Menores de 60 años	29.367,90	26.226,96	28.320,92
Entre 60 y 70 años	16.484,16	11.562,07	14.868,30
Entre 70 y 80 años	15.126,36	10.642,17	13.865,79
Entre 80 y 90 años	13.001,53	8.773,72	11.863,07
Entre 90 y 100 años	10.631,75	8.474,87	9.782,59
Mas de 100 años	17.982,66	12.270,60	16.078,64
Total	14.952,25	10.526,80	13.628,71

4.2. Estimación de la prima para personas en activo

Una vez estimada la pensión para las personas en activo, bajo el supuesto de que el actual sistema de pensiones fuera de capitalización como, estamos simulando en este trabajo, se ha calculado la prima correspondiente que deberían pagar los asegurados para obtener ese nivel de rentas. Para ello se han utilizado las fórmulas actuariales de los seguros de rentas, es decir, se ha utilizado la equivalencia actuarial entre una prima que se pagará durante los años que la persona esté en activo (es decir, le corresponderá el valor actual actuarial de una renta temporal), y el valor actual actuarial de una pensión que se pagará desde el momento de jubilación del asegurado hasta que muera (es decir, le corresponderá el valor actual actuarial de una renta diferida vitalicia). Formalmente, esto es:

$$P \cdot a_{x:\overline{n}|} = R_{0,25} \cdot {}_n/a_x$$

donde:

- P_x es el valor de la prima
- $a_{x:\overline{n}|}$ es el valor actual actuarial de una renta temporal de n años para un individuo de edad x
- $R_{0,25}$ denota el valor de una renta que crece un 0,25 % cada año
- ${}_n/a_x$ es el valor actual actuarial de una renta diferida n años para un individuo de edad x

Los valores de cada tipo de renta se han obtenido mediante los flujos probables actualizados correspondientes, que formalmente se corresponden con los siguientes desarrollos:

$$a_{x:\overline{n}|} = v \cdot p_x + v^2 \cdot {}_2p_x + \dots + v^n \cdot {}_n p_x$$

$${}_n/a_x = v^n \cdot {}_n p_x \cdot a_{x+n} = v^n \cdot {}_n p_x \cdot (v \cdot p_x + v^2 \cdot {}_2p_x + \dots + v^{w-x} \cdot {}_{w-x} p_x)$$

donde:

36 CAPÍTULO 4. CÁLCULO DEL SCR DEL MÓDULO DE LONGEVIDAD

- $v = (1 + i)^{-1}$ es el factor de actualización con el tipo de interés correspondiente
- ${}_t p_x$ es la probabilidad de que un individuo de edad x alcance la edad $x + t$
- w es el límite de años considerado para la vida humana

De esta manera, mediante la programación de una macro en el lenguaje de Visual Basic, se obtiene para cada asegurado de la cartera la correspondiente prima que tendría que abonar para poder acceder a la pensión que le daría la seguridad social, con las bases de cálculo enunciadas en el capítulo anterior. El correspondiente código de programación se puede ver en el anexo 2.

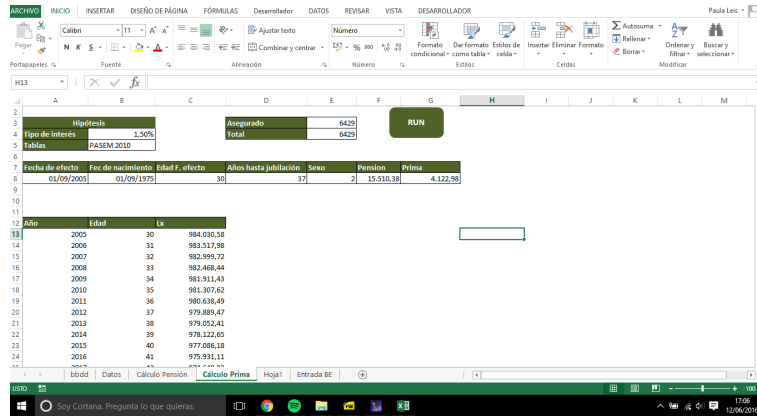


Figura 4.2: Macro para el cálculo de la prima

Estos han sido los resultados promedio obtenidos para el cálculo de la prima:

Rango de edad	Hombres	Mujeres	Total
Entre 30 y 40 años	7.231,06	6.548,22	6.899,40
Entre 40 y 50 años	7.551,90	7.009,19	7.300,09
Entre 50 y 60 años	7.724,80	7.022,78	7.405,23
Mayores de 60 años	8.692,02	8.129,63	8.447,16
Total	7.692,85	7.040,04	7.390,56

Cabe destacar que las primas obtenidas son muy altas en cuantía, pero ello se debe a que se está considerando que la jubilación dependería al 100 % del sector privado y por tanto se está accediendo a pensiones muy altas en comparación con lo que ocurre en la actualidad, donde las personas que deciden contratar un seguro de este tipo lo hacen como forma de ahorro complementaria. Es por ello que conviene decir que en la medida que la Seguridad Social no fuese capaz

de hacer frente a las pensiones de jubilación, para que los ciudadanos pudieran acceder a un nivel de renta del sector privado que les permitiera disfrutar de una vejez digna, convendría revisar los niveles de cotizaciones, para que la población pudiera destinar recursos suficientes al ahorro privado. De igual manera se pueden interpretar estos resultados para demostrar el gran coste que supondría el paso de un sistema de reparto a un sistema de capitalización (véase Cadarso y Febrero, 2003).

4.3. Cálculo del SCR

Finalmente, se ha construido una herramienta de cálculo para el capital de solvencia obligatorio del submódulo de longevidad. Para ello, se han reunido todos los elementos necesarios.

- Las entradas de caja del sistema serán las primas que aporten los activos
- Las salidas de caja del sistema serán las pensiones que se están pagando en este instante a los pasivos, y las que se pagarán a los activos cuando alcancen la edad de jubilación
- La tabla de mortalidad utilizada es, como ya se ha explicado, la PASEM 2010
- En cuanto a la curva libre de riesgo, a pesar de que los datos de los que se disponen son a fecha 31 de diciembre de 2014, se ha utilizado la curva publicada por la EIOPA a 31 de diciembre de 2015, ya que es la primera de la que se dispone. La poca variación de los tipos de interés en estos últimos años permite hacer esta asunción.

4.3.1. Shock de longevidad del 20 %

Mediante la herramienta de cálculo elaborada (que se puede encontrar en el anexo 3), hemos aplicado la fórmula estándar de Solvencia II, sometiendo las tasas de mortalidad a un estrés del 20 %, de manera que se ha aplicado la siguiente fórmula:

$$SCR_{long} = NAV_0 - (NAV_0 | shock\ 20\%)$$

38 CAPÍTULO 4. CÁLCULO DEL SCR DEL MÓDULO DE LONGEVIDAD

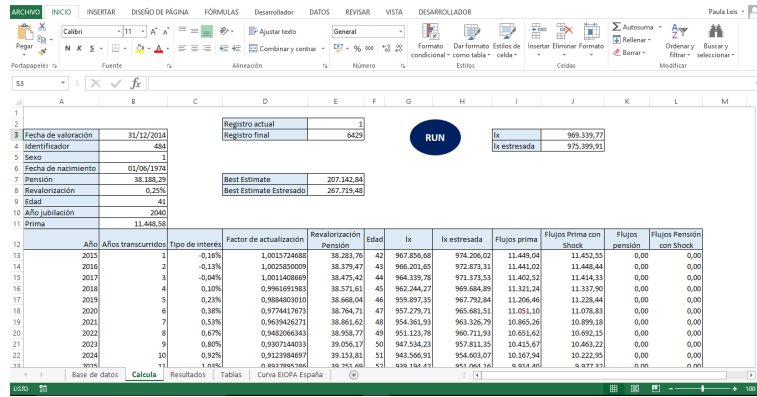


Figura 4.3: Macro para el cálculo del SCR

Es decir, se ha calculado la diferencia entre el la mejor estimación de los flujos de caja probabilizados con las tasas de mortalidad reales y la mejor estimación con las tasas de mortalidad estresadas según el shock propuesto por Solvencia II.

Así, se han obtenido los siguientes resultados:

Resultados para hombres activos

Rango de edad	Best Estimate	Best Estimate Estresado	Diferencia
Entre 30 y 40 años	107.166.233,81	142.083.809,10	34.917.575,30
Entre 40 y 50 años	198.861.407,28	247.239.907,89	48.378.500,61
Entre 50 y 60 años	238.241.037,99	277.356.182,21	39.115.144,23
Mayores de 60 años	185.406.326,83	206.221.512,17	20.815.185,34
Total	729.675.005,90	872.901.411,37	143.226.405,47

Resultados para hombres jubilados

Rango de edad	Best Estimate	Best Estimate Estresado	Diferencia
Menores de 60 años	1.052.604,63	1.120.535,17	67.930,53
Entre 60 y 70 años	182.276.524,61	198.411.611,30	16.135.086,69
Entre 70 y 80 años	126.598.244,26	142.686.850,44	16.088.606,17
Entre 80 y 90 años	31.558.549,62	38.037.282,61	6.478.732,99
Entre 90 y 100 años	1.531.441,94	2.011.342,19	479.900,24
Mas de 100 años	28.269,31	42.354,70	14.085,39
Total	343.045.634,38	382.309.976,40	39.264.342,02

Resultados para mujeres activas

Rango de edad	Best Estimate	Best Estimate Estresado	Diferencia
Entre 30 y 40 años	159.828.348,41	188.812.335,66	28.983.987,25
Entre 40 y 50 años	249.383.980,14	286.912.227,34	37.528.247,20
Entre 50 y 60 años	248.168.943,53	276.659.377,83	28.490.434,30
Mayores de 60 años	167.738.886,57	182.016.178,97	14.277.292,40
Total	825.120.158,65	934.400.119,81	109.279.961,16

Resultados para mujeres jubiladas

Rango de edad	Best Estimate	Best Estimate Estresado	Diferencia
Menores de 60 años	556.319,34	582.043,28	25.723,93
Entre 60 y 70 años	75.075.710,16	80.164.701,94	5.088.991,79
Entre 70 y 80 años	44.298.047,66	48.647.922,04	4.349.874,38
Entre 80 y 90 años	9.565.694,62	11.212.982,99	1.647.288,37
Entre 90 y 100 años	896.954,91	1.152.087,17	255.132,26
Mas de 100 años	9.902,45	14.859,92	4.957,46
Total	130.402.629,14	141.774.597,33	11.371.968,20

En términos totales, los resultados han sido los siguientes:

Colectivo	Best Estimate	Best Estimate Estresado	Diferencia
Activos	1.396.980.781,04	1.619.679.406,58	222.698.625,54
Jubilados	473.448.263,52	524.084.573,74	50.636.310,22
Total	1.870.429.044,56	2.143.763.980,32	273.334.935,76

Por tanto, se ha obtenido un consumo de capital igual a

$$\begin{aligned}
 SCR_{long} &= NAV_0 - (NAV_0|shock) = \\
 &= 2.133.362.199,29 - 1.859.952.603,95 = 273.409.595,34
 \end{aligned}$$

4.3.2. Shocks de longevidad alternativos

Sin embargo, como ya se ha comentado, al considerar este shock poco realista, adicionalmente se ha realizado el cálculo con los niveles de estrés que se proponen en la obra *El riesgo de longevidad y su aplicación práctica a Solvencia II*, que dependen de la edad y el sexo de cada persona. Bajo estas hipótesis, se han obtenido los siguientes resultados:

40 CAPÍTULO 4. CÁLCULO DEL SCR DEL MÓDULO DE LONGEVIDAD

Resultado para hombres activos

Rango de edad	Best Estimate	Best Estimate Estresado	Diferencia
Entre 30 y 40 años	107.166.233,81	134.409.583,90	27.243.350,09
Entre 40 y 50 años	198.861.407,28	234.608.804,42	35.747.397,14
Entre 50 y 60 años	238.241.037,99	263.422.476,23	25.181.438,24
Mayores de 60 años	185.406.326,83	196.302.238,76	10.895.911,93
Total	729.675.005,90	828.743.103,31	99.068.097,40

Resultados para hombres jubilados

Rango de edad	Best Estimate	Best Estimate Estresado	Diferencia
Menores de 60 años	1.052.604,63	1.099.871,28	47.266,64
Entre 60 y 70 años	182.276.524,61	189.343.588,70	7.067.064,09
Entre 70 y 80 años	126.598.244,26	131.111.101,67	4.512.857,41
Entre 80 y 90 años	31.558.549,62	32.482.334,14	923.784,51
Entre 90 y 100 años	1.531.441,94	1.566.891,49	35.449,55
Mas de 100 años	28.269,31	28.269,31	0,00
Total	343.045.634,38	355.632.056,59	12.586.422,21

Resultados para mujeres activas

Rango de edad	Best Estimate	Best Estimate Estresado	Diferencia
Entre 30 y 40 años	159.828.348,41	180.600.656,53	20.772.308,11
Entre 40 y 50 años	249.383.980,14	274.390.759,82	25.006.779,68
Entre 50 y 60 años	248.168.943,53	264.179.025,67	16.010.082,14
Mayores de 60 años	167.738.886,57	174.062.528,14	6.323.641,57
Total	825.120.158,65	893.232.970,16	68.112.811,51

Resultados para mujeres jubiladas

Rango de edad	Best Estimate	Best Estimate Estresado	Diferencia
Menores de 60 años	556.319,34	572.983,28	16.663,94
Entre 60 y 70 años	75.075.710,16	77.039.754,11	1.964.043,95
Entre 70 y 80 años	44.298.047,66	45.377.673,25	1.079.625,59
Entre 80 y 90 años	9.565.694,62	9.748.911,31	183.216,69
Entre 90 y 100 años	896.954,91	910.756,87	13.801,96
Mas de 100 años	9.902,45	9.902,45	0,00
Total	130.402.629,14	133.659.981,27	3.257.352,14

En términos totales, los resultados han sido los siguientes:

Colectivo	Best Estimate	Best Estimate Estresado	Diferencia
Activos	1.396.980.781,04	1.543.183.059,81	146.202.278,77
Jubilados	473.448.263,52	489.292.037,86	15.843.774,34
Total	1.870.429.044,56	2.032.475.097,67	162.046.053,11

Por tanto, se ha obtenido un SCR igual a

$$\begin{aligned}
 SCR_{long} &= NAV_0 - (NAV_0|shock) = \\
 &= 2.022.051.787,03 - 1.859.952.603,95 = 162.099.183,07
 \end{aligned}$$

Los resultados obtenidos muestran un nivel de SCR menor que el obtenido utilizando la fórmula estándar.

Capítulo 5

Mitigación del riesgo de longevidad

Una vez detectado y analizado el problema que supone el riesgo de longevidad para cualquier tipo de sistema cuya solvencia depende de la cantidad de tiempo que vivan sus asegurados, se quiere intentar proponer algunas soluciones para intentar mitigar este riesgo.

Tal y como se indica en el documento de trabajo realizado por el Instituto BBVA de Pensiones, realizado por Jorge Miguel Bravo y Javier Díaz-Giménez, *¿La longevidad es un riesgo asegurable? Cubriendo lo incubible* en los últimos años, debido al aumento de la esperanza de vida y el envejecimiento de la población, la demanda de protección frente al riesgo de longevidad ha aumentado considerablemente. Algunos de los métodos que se proponen pasan por perfilar las garantías ofrecidas a los asegurados incluyendo, por ejemplo, una prestación por mortalidad de modo que el riesgo de longevidad se contrarreste con el riesgo de mortalidad.

Sin embargo, según Trigo et al, (2013), se están comenzando a introducir en el mercado métodos de mitigación del riesgo de longevidad más novedosos, los llamados *Mortality Linked Securities, MLS*, dentro de los cuales se encuentran los bonos y los swaps de longevidad, que serán objeto de estudio en este capítulo. Además, el sistema de pensiones de la Seguridad Social español, motivado por la grave situación que atraviesa, también ha iniciado mecanismos en este sentido, incluyendo en el cálculo de la pensión el famoso factor de sostenibilidad que también se explicará a continuación.

5.1. El factor de sostenibilidad de la Seguridad Social

El sistema español de Seguridad Social ya ha comenzado a tomar medidas para mitigar el riesgo de longevidad, el cual es gran responsable de la situación de desequilibrio en el que éste se encuentra. Para ello se ha incorporado al cálculo de la pensión de un factor, llamado *factor de sostenibilidad*, ya nombrado en este trabajo, el cual vinculará la cuantía inicial de la pensión a la esperanza de vida de los pensionistas. Su uso se regula en la *Ley 23/2013, de 23 de diciembre, reguladora del Factor de Sostenibilidad y del Índice de Revalorización del Sistema de Pensiones de la Seguridad Social*.

Este factor, que calculará el estado, se obtendrá tomando como edad de referencia los 67 años y utilizando unas tablas de mortalidad que elaborará la Seguridad Social para la población pensionista. Tal y como se indica en la citada ley, el factor se calculará de la siguiente manera:

$$FS_t = FS_{t-1} \cdot e_{67}^*$$

donde:

- t será el año de aplicación del factor, que se incluirá a partir de 2019
- FS_t denota el factor de sostenibilidad en el momento t , tomando como punto de partida $FS_{2018} = 1$
- e_{67}^* representa la variación entre dos años consecutivos de un periodo quinquenal de la esperanza de vida a los 67 años, la cual se obtendrá de las tablas de mortalidad para la población jubilada elaboradas por la Seguridad Social. Este factor se calculará cada 5 años, y para cada uno de estos periodos, se obtendrá como:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \left[\frac{e_{67}^2 012}{e_{67}^2 017} \right]^{1/5} & \text{Para el periodo 2019-2023, ambos incluidos} \\ \left[\frac{e_{67}^2 017}{e_{67}^2 022} \right]^{1/5} & \text{Para el periodo 2024-2028, ambos incluidos} \\ \left[\frac{e_{67}^2 022}{e_{67}^2 027} \right]^{1/5} & \text{Para el periodo 2029-2033, ambos incluidos} \\ \dots & \dots \end{array} \right.$$

donde e_{67}^x representa la esperanza de vida a los 67 años en el año x .

El factor de sostenibilidad se incluye con la intención de repartir el esfuerzo contributivo que los ciudadanos realizan durante el periodo de retiro, que previsiblemente será cada vez más largo. Tal y como se dice en la propia ley, este ajuste se realiza para que:

“el importe total que perciba a lo largo de su vida un pensionista que acceda al sistema de pensiones dentro de un cierto número de años, y que previsiblemente tendrá mayor esperanza de vida, sea equivalente al que perciba el que se jubile en un momento anterior”

Esta motivación se corresponde con el principio de equidad, explicado en Ayuso et al (2014), bajo el cual cada ciudadano debe recibir la pensión que merece. Sin embargo, bajo la aplicación de esta ley, esto supondrá percibir una cuantía menor en cada mensualidad. Además, el factor ha sido muy debatido, ya que se aplicará a todas las pensiones por igual para calcular la cuantía inicial, con independencia del historial de cotización particular de cada persona. Por otra parte, debido a su metodología de aplicación, tal y como se dice en C. Galán:

“es la opción más gravosa para los futuros pensionistas, ya que si sigue ampliándose la esperanza de vida a los 67 años en nuestro país, que es la tendencia esperada, aunque nuestra economía, y la propia situación del sistema de pensiones mejorase de forma muy significativa, el importe de la pensión de jubilación seguirá reduciéndose, al ser el factor esperanza de vida el único contemplado”

En Europa son diversos los países que incluyen un factor de sostenibilidad en el cálculo de sus pensiones, véase Devesa et al (2012). Por ejemplo, en Alemania también se utiliza un factor asociado con la esperanza de vida, pero éste se vincula a su vez a otras variables macroeconómicas relacionadas con la evolución de la economía, el paro o la productividad. En Ayuso et al (2014) se explica que en Francia, se mantiene una proporción entre los años cotizados para alcanzar una jubilación completa y la esperanza de vida a la edad de jubilación.

Sin embargo, en el Informe del Comité de Expertos sobre el Factor de sostenibilidad encargado por el gobierno, se expone que la introducción de este factor ayuda a corregir el desequilibrio entre ingresos y gastos en el que actualmente se encuentra la Seguridad Social provocado por el riesgo de longevidad. Además, en dicho informe se dice que esta medida ayudará a los ciudadanos a volver confiar en el sistema de manera que se disipen incertidumbres sobre la viabilidad del mismo.

En resumen, el factor de sostenibilidad ayudará a reactivar la solvencia del sistema de pensiones de la Seguridad Social, pero previsiblemente provocará una disminución en el poder adquisitivo de los ciudadanos, ya que disminuirá la cuantía de su pensión de jubilación. Es por ello que una vez más se pone de manifiesto la necesidad que los ciudadanos tendrán de trasladar la responsabilidad de la protección de la vejez al ámbito privado, contratando productos que les permitan mantener su poder adquisitivo, sin verse éste perjudicado por el

aumento de la esperanza de vida.

5.2. Bonos de longevidad

Los bonos de longevidad son instrumentos financieros introducidos por David Blake, profesor de economía financiera y director del Instituto de Pensiones en Birkbeck College, Universidad de Londres y William Burrows, director de desarrollo de negocio en Prudential Annuities, con su publicación *Survivor Bonds: Helping to Hedge Mortality Risk* en The Journal of risk and insurance.

Su trabajo, centrado en los sistemas de pensiones, está motivado por la necesidad de las compañías y los gobiernos de disponer mecanismos de mitigación del riesgo de longevidad para el periodo de retiro de sus asegurados. Como se dice en su artículo, hasta ahora las discusiones de la problemática sobre los sistemas de pensiones se ha centrado en el periodo de acumulación de los fondos, pero pocos esfuerzos se han dedicado a mejorar la gestión de los riesgos durante el periodo de jubilación de los asegurados, ya que “*cuando se establece un nuevo plan, hasta el periodo de retiro pasarán normalmente unos 40 años*”. Como solución para la gestión del riesgo de longevidad durante el periodo de retiro, los autores proponen que los gobiernos emitan un nuevo tipo de activos financieros, los bonos de longevidad, que permitan a los sistemas de pensiones a soportar el peso del riesgo de longevidad con unos costes reducidos.

Como se sabe, las compañías de seguros asignan carteras de activos para respaldar sus carteras de obligaciones de manera que cuanto mayor sea el casamiento entre los flujos de caja de las dos partidas, mejor cobertura se estará realizando de los riesgos implícitos en el negocio concreto del que se trate. En el negocio de rentas, las compañías invierten principalmente en bonos de renta fija o indexados, según corresponda con el tipo de rentas ofrecidas, de manera que los movimientos de los flujos de caja de sus activos sean semejantes a los movimientos de los flujos de caja de sus obligaciones. Sin embargo, no existen en el mercado activos cuyos movimientos sean acordes al riesgo más importante al que se enfrentan las empresas de seguros sobre la vida, el riesgo de longevidad.

Blake y Burrows proponen una solución tan sencilla de formular como es la emisión por parte de los estados de bonos cuyos pagos de cupones estén asociados al porcentaje de población retirada que seguirá viva en las fechas de pago de cada cupón, y éstos se seguirán pagando mientras haya supervivientes en la cohorte de referencia. De esta manera, las compañías podrían invertir en activos cuyos movimientos vayan en paralelo con el comportamiento de supervivencia de su cartera de asegurados, gestionando ésta en función de la renta media que tendrán que pagar a un asegurado medio. Los autores proponen además que cada año se emitan nuevos bonos cuyo precio será determinado por un departamento actuarial del gobierno de forma que cada año se renueven las bases actuariales sobre las cuales se fijarán los precios.

Tal y como se dice en el artículo, este tipo de activos ayudarán a las compañías a mitigar el riesgo de longevidad en términos generales, ya que su precio se fijarán en torno a la mortalidad agregada de la población y no de forma individual. Esto puede conllevar que el comportamiento del colectivo asegurado de una compañía concreta difiera del comportamiento base sobre el que se estructuran los cupones de los bonos de longevidad, ya que además de que el conjunto concreto de asegurados se pueda comportar de forma diferente al de la población general, las personas que perciben una prestación de jubilación suficiente tienen un modo de vida que implícitamente les permite vivir más que la media de la población general.

Sin embargo, con este tipo de activos, al ser emitidos por los gobiernos, el riesgo de longevidad acabaría siendo disipado en toda la población contribuyente de manera que tal y como se asegura en el teorema de Arrow-Lind, distribuyendo un riesgo sobre una población, éste tenderá a cero cuando la población sobre el que se disipa tienda a infinito. Esto justifica la necesidad de que sean los estados quienes emitan este tipo de activos, ya que no parece posible que su emisión pudiera ser realizada por entidades privadas donde los accionistas pudieran reclamar una prima de riesgo. Además, los autores reconocen que emitir bonos sobre la longevidad de la población podría llevar a los gobiernos a realizar políticas desfavorables en materia de sanidad, de manera que sus futuros pagos disminuyesen al estar vinculados los cupones al porcentaje de la población jubilada viva. Sin embargo, se supone la buena fe de los gobiernos, y se entiende que esta tentación sería mucho peor si estos bonos fuesen gestionados por entidades privadas.

Por otra parte, en el artículo se reconoce que una de las hipótesis sobre las que se sostiene el teorema de Arrow-Lind puede no verificarse plenamente, ya que en la realidad los sistemas de impuestos no otorgan la misma carga a todas las personas. Esto podría provocar que los contribuyentes se vieran afectados ellos mismos por el riesgo de longevidad. Esto no ocurre en el caso de que las compañías privadas asuman todo el riesgo de longevidad, ya que sus accionistas participan en ellas de forma voluntaria y son, en general, menos adversos al riesgo que los contribuyentes medios.

En la práctica, la primera emisión que se ha realizado de un bono de longevidad tuvo lugar en el año 2004. El Banco Europeo de Inversiones (IEB) junto con BNP Paribas y con la participación también de la entidad reaseguradora Partner Re, emitieron un bono de longevidad con valor de emisión de 806 millones de euros, vencimiento en 25 años y pago de cupones en función del número de personas nacidas en 1947 de Inglaterra y Gales supervivientes en cada momento. Tal y como se explica en Blake et al (2006), se fijó un valor nominal de 75 millones de libras al que se le aplicó un factor $s(t)$ para incluir el tanto central de mortalidad de la generación elegida en el momento x y con edad y , $m(x, y)$, calculado por el departamento actuarial del gobierno, de manera que:

$$\begin{aligned}
s(0) &= 1 \\
s(1) &= s(0) \cdot (1 - m(2003, 65)) \\
s(2) &= s(0) \cdot (1 - m(2003, 65)) \cdot (1 - m(2004, 66)) \\
&\dots \\
s(t) &= s(0) \cdot (1 - m(2003, 65)) \cdot (1 - m(2004, 66)) \cdot \dots \cdot (1 - m(2002 + t, 64 + t))
\end{aligned}$$

Sin embargo, la emisión se tuvo que cancelar ya que no fue totalmente suscrita. Algunos de los fallos en el diseño del bono se achacan a un vencimiento demasiado corto, una necesidad de capital para invertir demasiado grande en comparación con los cupones ofrecidos, y a los riesgos de modelo y de base.

Conseguir que el diseño de estos bonos atraiga a los inversores no será una tarea fácil, ya que la incidencia del riesgo de longevidad tiene un impacto a muy largo plazo y por ello, son necesarios modelos predictivos muy sofisticados. Además, tal y como señalan Blake y Burrow en su artículo, no debe ser la entidad que se quiere cubrir la que realice la emisión, si no que deben ser los gobiernos los que emitan este tipo de activos.

5.3. Swaps de longevidad

Con la entrada en vigor de Solvencia II en el presente año, la obligación de establecer un sistema de gestión de riesgos en las compañías está propiciando la realización de contratos de reaseguro. Además, la desgranación por riesgos de los capitales de solvencia obligatorio, supondrá una mayor especificación en este tipo de contratos de manera que cada tipo de riesgo sea tratado individualmente.

Concretamente, en materia de longevidad, se está extendiendo el uso de contratos de reaseguro llamados *swaps de longevidad*. Estos contratos son propicios para seguros de rentas, ya que su funcionamiento se basa en la permuta de los flujos futuros inciertos de pagos a cambio de unos flujos ciertos establecidos en el contrato. Tal y como se dice en Pérez, M. J. 2006,

“Un swap de supervivencia puede definirse, por tanto, como un intercambio de pagos en el que como mínimo uno de ellos es aleatorio y además está relacionado con la mortalidad”

Los elementos que participan en un swap de longevidad son los siguientes:

- Una entidad aseguradora ofrece un producto de rentas, calculadas según unas tasas de mortalidad estimadas.
- Desea cubrirse ante el riesgo de que la mortalidad con la que ha modelado su producto sea menor de la que finalmente se realice.
- Una empresa reaseguradora estima unas tasas de mortalidad menores que las que utiliza el mercado.

- Por ello, ambas compañías deciden suscribir un contrato de swap de longevidad.
- En el contrato se pacta una tasa de mortalidad que será bajo la cual la empresa cedente proyectará sus flujos de pagos y los abonará a la entidad reaseguradora, más un margen de riesgo.
- La entidad reaseguradora, a cambio, realizará los pagos de rentas que finalmente se materialicen en función de la supervivencia del colectivo asegurado.
- El contrato se puede suscribir para uno o varios vencimientos, o para toda la vida del seguro.

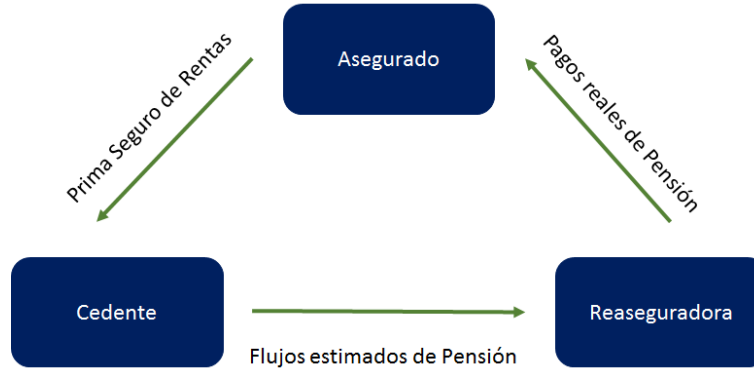


Figura 5.1: Funcionamiento de un swap de longevidad

Por consiguiente, la aseguradora cede al reasegurador el riesgo de longevidad y mantiene el riesgo financiero. Con este tipo de contratos la aseguradora consigue tener unos flujos de caja predecibles en materia de longevidad durante toda la vida del contrato, de manera que lo que aquí se intercambian son las tasas de mortalidad. Si denotamos por $P_e(t)$ los flujos estimados de pago de pensiones calculados con las tasas de mortalidad acordadas en el acuerdo de swap, y por $P_r(t)$ los flujos reales aleatorios que finalmente se materializan, en cada momento t , el esquema que sigue el swap de longevidad entre dos compañías A y B , donde A tiene una posición larga en $P_r(t)$ y la empresa B tiene una posición corta, es el siguiente :

$$\begin{cases} A \rightarrow B & P_e(t) - P_r(t) & \text{si } P_e(t) > P_r(t) \\ B \rightarrow A & P_r(t) - P_e(t) & \text{si } P_e(t) < P_r(t) \end{cases}$$

Los swaps de longevidad se pueden articular de muy diversas maneras según las intenciones de las partes implicadas. Por ejemplo, pueden existir swaps

donde ambas partes intercambien sus factores aleatorios de longevidad al operar cada una, por ejemplo, en un área geográfica diferente, pues las poblaciones de referencia tendrán tasas de mortalidad distintas que en principio no están correlacionadas.

Algunos de los principales inconvenientes de este tipo de contratos residen en la dificultad para las aseguradoras de encontrar una contraparte que acepte las condiciones ofrecidas, por lo que son poco líquidos. Además, al no estar negociados en mercados financieros regulados, ambas partes se exponen al riesgo de contraparte. Sin embargo, en Biffs et al. (2011), se concluye que los costes necesarios para gestionar el riesgo de contraparte de este tipo de contratos es mucho menor que el de los swaps de tipos de interés.

Por otra parte, la ventaja de los swaps de longevidad frente a otros activos de cobertura del riesgo de longevidad, como se indica en Pérez, M. J. (2006), es que los costes bajo los cuales se pueden contratar son más bajos, ya que se adaptan a las circunstancias de las dos partes implicadas. Para la cedente, otra ventaja es que mantiene la titularidad del negocio de rentas. Además, son más flexibles para su cancelación y no necesitan un mercado líquido en el que ser negociados, ya que simplemente basta con la intención de las dos partes implicadas de realizar este tipo de contratos. Los swaps de longevidad no están sujetos a las normas legales de los contratos de seguros de vida, si no que se regulan como derivados financieros y por tanto su normativa es menos restrictiva. Es por ello que los swaps de longevidad se están convirtiendo en la metodología de mitigación más utilizada. En Reino Unido, según se indica en K. Kaufhold (2013), desde el año 2009 se han transferido pasivos relacionados con las pensiones por valor de más de 24.000 millones de euros mediante este tipo de acuerdos.

Además, existen en el mercado otro tipo de productos derivados asociados a la longevidad, como pueden ser los q-forward de longevidad (introducidos por el banco JP Morgan), en los que las partes implicadas pactan intercambiar en un momento futuro un importe monetario proporcional a la realización efectiva de una tasa de mortalidad única. Sin embargo, el mercado más desarrollado en este momento es el de los swaps de longevidad, y se espera que éste continúe su expansión de forma notable en los próximos años.

Capítulo 6

Conclusiones

6.1. Influencia de la Longevidad en los sistemas de seguros de vida

La principal conclusión a la que se ha llegado después de la elaboración de este Trabajo Fin de Máster es que la necesidad de desarrollar metodologías de gestión del riesgo de longevidad eficaces es indiscutible, tanto en el sector público como en el sector privado. Las altas primas necesarias para cubrir una pensión de jubilación suficiente para toda la vida del asegurado son una muestra del alto coste que supondría basar las pensiones en un sistema de capitalización individual. Además, ha quedado de manifiesto la necesidad de las empresas de elaborar modelos internos para ajustar los parámetros del submódulo de longevidad.

La crisis que está sufriendo el sistema de pensiones público parece agravarse a medida que el envejecimiento de la población es más pronunciado. La falta de equilibrio entre la población activa y jubilada, causada también por los graves años de crisis financiera que España ha sufrido, parece que han abierto una brecha en el sistema difícil de recomponer. Es por ello que se necesitan elaborar profundas reformas para devolver la solvencia a las instituciones. Sin embargo, no parece claro que haya alternativa. El paso de un sistema de reparto a un sistema de capitalización, a la vista de los resultados de este Trabajo, supondría unos costes muy altos para la población, ya que las primas que tendrían que abonar para poder conseguir un nivel de jubilación semejante al que garantizaría la Seguridad Social, son muy altas en comparación con el esfuerzo que se realiza con los sistemas de reparto. Es por ello que se deben explorar otras vías, como por ejemplo el establecimiento de un nivel mínimo de rentas por parte del estado de forma que el ciudadano busque completar su pensión de jubilación en un sistema privado.

Sin embargo, la transferencia de esta responsabilidad a las entidades asegu-

radoras también supone para ellas un alto riesgo en materia de longevidad. A la vista de los altos resultados de capital de solvencia obligatorio que se han obtenido, y en un escenario de tipos de interés muy bajos, en el caso cada vez más probable de que los ciudadanos busquen en ellas un nivel complementario de rentas para su jubilación, éstas se encontrarán con el gran reto de conseguir una rentabilidad aceptable para sus productos.

Por otra parte, las exigencias que supone la entrada vigor de Solvencia II, proporcionarán a las entidades aseguradoras unas estructuras financieras capaces de respaldar los riesgos asumidos de una manera más segura de la que se venía haciendo con Solvencia I. Sin embargo, los altos requisitos que esta normativa incluye, pueden llevar a las entidades aseguradoras a disminuir su oferta en productos cuyos riesgos sean más difíciles de asegurar, como es el riesgo de longevidad. Es por ello que en el caso de que el sistema de pensiones deje de proporcionar a los ciudadanos una protección adecuada, se deberán establecer también políticas para incentivar la oferta de estos productos. La elaboración de estas políticas también deberá encaminarse a concienciar y animar a los ciudadanos a mantener una llevar a cabo una cultura del ahorro, por ejemplo, incluyendo mejoras fiscales para los productos que busquen cubrir la vejez de la población.

Además, cabe destacar que los resultados obtenidos al aplicar unos shocks alternativos en función del riesgo y de la edad, se obtiene un nivel de SCR menor que en el modelo propuesto por Solvencia II. Ello recalca la idoneidad de la elaboración de un modelo interno que podría ayudar a las entidades aseguradoras a bajar sus exigencias de capital, consiguiendo que sus riesgos sean tratados de manera más realista y adecuada a sus especificaciones. Sin embargo, previsiblemente la mayoría de las entidades privadas optarán por seguir la fórmula estándar, ya que la elaboración y aprobación de un modelo interno es un proceso muy costoso.

Por último, cabe destacar la importancia de desarrollar mercados y activos financieros que permitan a las entidades aseguradoras cubrirse del riesgo de longevidad, de manera que reduzcan su exposición a éste. Es por ello que se deberán desarrollar productos financieros que sean atractivos para el mercado, a la vez que se deberán construir mercados líquidos en los que estos activos puedan ser negociados con facilidad.

6.2. Líneas de investigación abiertas

Tras la elaboración de este Trabajo Fin de Máster, son muchas las posibles líneas de investigación que se podrían seguir para el estudio de la longevidad. Algunas de ellas son detalladas a continuación.

Estimación de la pensión de jubilación

La pensión de jubilación se ha calculado siguiendo la normativa actual, pero utilizando un modelo simplificado con respecto a ciertas hipótesis. Por ejemplo, la revalorización de las prestaciones se ha considerado constante, por lo que como futura línea de investigación, se podría elaborar un modelo que predijese dicha revalorización siguiendo el cálculo que incluido en la Ley del 2011. Para ello serían necesarios datos de gastos e ingresos del sistema, ya que como se señala a continuación, estos datos se incluyen desde la entrada en vigor de la citada ley para la determinación de la revalorización:

$$IR_{t+1} = \bar{g}_{I,t+1} - \bar{p}_{I,t+1} - \bar{g}_{s,t+1} + \alpha \cdot \left[\frac{I_{t+1}^* - G^*t + 1}{G^*t + 1} \right]$$

donde

IR_{t+1} es el índice de revalorización para el año $t + 1$

$\bar{g}_{I,t+1}$ es la media móvil aritmética centrada en $t + 1$, de once valores de la tasa de variación en tanto por uno de los ingresos del sistema

$\bar{p}_{I,t+1}$ es la media móvil aritmética centrada en $t + 1$, de once valores de la tasa de variación en tanto por uno del número de pensiones contributivas

$\bar{g}_{s,t+1}$ es la media móvil aritmética centrada en $t + 1$, de once valores del efecto sustitución expresado en tanto por uno

α es un parámetro que tomará valores entre 0,25 y 0,33 y se revisará cada cinco años

I_{t+1}^* es la media móvil geométrica centrada en $t + 1$ de once valores del importe de los ingresos del sistema

$G^*t + 1$ es la media móvil geométrica centrada en $t + 1$ de once valores del importe de los gastos del sistema

Elaborar un modelo que ajuste el cálculo de la pensión a la proyección de las magnitudes involucradas sería una de las principales líneas de investigación abiertas.

Diseño de un producto de rentas más sofisticado

En este Trabajo Fin de Máster se ha cuantificado el riesgo de longevidad para un flujo de rentas vitalicias que intentara equiparar a la pensión de jubilación recibida por la seguridad social. Sin embargo, este producto se podría perfilar de manera que se involucraran otras prestaciones que otorga la Seguridad Social, como garantías de fallecimiento o garantías de invalidez, de manera que los flujos proyectados se acercaran más a la carga que supone el sistema de pensiones completo para la Seguridad Social. De esta manera, además del riesgo de longevidad se podrían calcular otros módulos de riesgo como el de mortalidad o invalidez, de forma que al agregarlos con los coeficientes de correlación incluidos en la normativa de Solvencia II, se obtuviera una visión más global de

la solvencia del sistema.

Ajuste de los shocks de longevidad

En este Trabajo Fin de Máster se ha obtenido el capital de solvencia obligatorio del submódulo de longevidad aplicando el shock del 20% propuesto en Solvencia II y los shocks alternativos propuestos en Rodríguez-Pardo et al (2014). A la vista de los resultados obtenidos, el ajuste de estos shocks supone un requerimiento de capital mucho menor. Sin embargo, como ya se ha dicho, muchas compañías no elaborarán sus propios factores de estrés debido a los altos costes que ello conlleva. Por ello se propone la investigación de los pasos a seguir en la elaboración de un modelo interno que cumpla los requisitos indicados en Solvencia II, de forma que se facilite a las compañías la metodología de ajuste de sus requerimientos de capital.

Normativa IORP II

En línea con la entrada en vigor de Solvencia II, la Comisión Europea está desarrollando una actualización de la directiva que regula los fondos de pensiones de empleo, denominada IORP por sus siglas en inglés de Institutions for Occupational Retirement Provision. Esta normativa se espera que entre en vigor próximamente, y por ello se propone su revisión para la elaboración de un estudio en materia de solvencia ante el riesgo de longevidad aplicado a los fondos de pensiones de empleo que utilice las herramientas dispuestas en la nombrada normativa.

Mitigación del riesgo de longevidad

Asimilada la importancia del riesgo de longevidad para los sistemas de seguros de vida, aflora la necesidad de disponer de herramientas avanzadas para su mitigación. Es por ello que como futura línea de investigación se propone el desarrollo de modelos que permitan poner en práctica de forma realista los métodos que se han indicado en este trabajo. Para ello es necesario estudiar las condiciones bajo las cuales el mercado accedería a invertir en este tipo de productos y en base a ello diseñar activos que permitan a las compañías cubrir el riesgo de longevidad con las mismas oportunidades que cubren otro tipo de riesgos financieros.

Solvencia del sistema de pensiones español

En este trabajo se ha recalcado la grave situación en la que se encuentra nuestro sistema de pensiones actualmente. Es por ello que profundizar en posibles soluciones para que los ciudadanos puedan obtener de algún modo recursos suficientes para asegurar su jubilación, es una de las líneas abiertas más importantes

que propone este trabajo. El estudio a fondo de los sistemas de capitalización, perfilar las opciones que se tendrían que incluir en el sector privado, así como medidas fiscales que incentiven el ahorro, son algunas de las posibles vías que se podrían seguir.

Apéndice A

Shocks de longevidad progresivos

A continuación se detallan los shocks progresivos para duración vitalicia propuestos en *El riesgo de longevidad y su aplicación práctica a Solvencia II*. Para edades menores de 50 años se ha considerado el valor del shock a los 50 años.

Edad	Hombres	Mujeres
50	61,59 %	74,92 %
51	58,90 %	71,28 %
52	56,26 %	67,86 %
53	53,56 %	64,49 %
54	51,01 %	61,25 %
55	48,53 %	57,99 %
56	46,04 %	54,90 %
57	43,62 %	51,78 %
58	41,21 %	48,82 %
59	38,84 %	45,83 %
60	36,49 %	42,99 %
61	34,20 %	40,14 %
62	32,05 %	37,51 %
63	29,85 %	34,82 %
64	27,72 %	32,23 %
65	25,60 %	29,69 %
66	23,58 %	27,27 %
67	21,67 %	24,98 %
68	19,85 %	22,79 %
69	18,08 %	20,69 %
70	16,44 %	18,82 %
71	14,89 %	16,97 %
72	13,55 %	15,34 %
73	12,16 %	13,71 %
74	10,94 %	12,23 %
75	9,85 %	10,89 %

Edad	Hombres	Mujeres
76	8,84 %	9,67 %
77	7,93 %	8,55 %
78	7,14 %	7,56 %
79	6,42 %	6,67 %
80	5,79 %	5,89 %
81	5,22 %	5,18 %
82	4,77 %	4,56 %
83	4,32 %	4,00 %
84	3,93 %	3,52 %
85	3,57 %	3,10 %
86	3,26 %	2,74 %
87	2,98 %	2,43 %
88	2,74 %	2,17 %
89	2,51 %	1,94 %
90	2,30 %	1,75 %
91	2,10 %	1,56 %
92	1,92 %	1,43 %
93	1,72 %	1,28 %
94	1,61 %	1,21 %
95	1,45 %	1,13 %
96	1,37 %	1,09 %
97	1,31 %	1,04 %
98	1,25 %	1,02 %
99	1,06 %	0,92 %
100	0,00 %	0,00 %

Apéndice B

Código para el cálculo de la pensión de jubilación

```
Sub CálculoPensión()
```

```
Dim fila , pension , columna , ind , regact , regfin , Baser2014 , ANBR2014 ,  
BR2014 , DPBR2014 , Divisor , añojub
```

```
fila = 7  
columna = 7
```

```
regact = Worksheets("Cálculo Pensión").Cells(2, 2).Value  
regfin = Worksheets("Cálculo Pensión").Cells(3, 2).Value
```

```
regact = 1
```

```
For ind = 0 To regfin - 1
```

```
Worksheets("Cálculo Pensión").Cells(2, 2).Value = regact + ind
```

```
añojub = Worksheets("Cálculo Pensión").Cells(fila , 2).Value  
Baser2014 = Worksheets("Cálculo Pensión").Cells(fila , 4).Value  
ANBR2014 = Worksheets("Cálculo Pensión").Cells(fila , 6).Value  
DPBR2014 = Worksheets("Cálculo Pensión").Cells(fila , 7).Value  
Divisor = Worksheets("Cálculo Pensión").Cells(fila , 8).Value
```

```
pension = Mini((Baser2014 * 12 * ANBR2014 + Baser2014 * 12 * DPBR2014 *  
(1 + 0.0025 * DPBR2014)) / Divisor , 2567.28 * (1 + 0.0025 * DPBR2014))*14
```

60 APÉNDICE B. CÓDIGO PARA EL CÁLCULO DE LA PENSIÓN DE JUBILACIÓN

```
Worksheets("Cálculo Pensión").Cells(fila, 9).Value = pension  
Worksheets("Entrada BE").Cells(2 + ind, columna).Value = pension  
Worksheets("Entrada BE").Cells(2 + ind, columna - 1).Value = añojub
```

Next ind

End Sub

Apéndice C

Código para el cálculo de la prima

```
Sub CalculoPrima()
```

```
Dim regact, regfin, ind1, ind2, pension, prima, añosjub, lx, flujoprima, sumajub, sumaprim, flujopension, ind3, tipoint, lx1, lxn, limtabla  
Dim faa, lxi, flujosprima, flujospension, vaapension
```

```
regact = Worksheets("Cálculo Prima").Cells(3, 5).Value  
regfin = Worksheets("Cálculo Prima").Cells(4, 5).Value  
tipoint = Worksheets("Cálculo Prima").Cells(4, 2).Value  
limtabla = Worksheets("Datos").Cells(2, 13).Value  
pension = Worksheets("Cálculo Prima").Cells(8, 6).Value  
añosjub = Worksheets("Cálculo Prima").Cells(8, 4).Value  
regact = 1
```

```
For ind1 = 0 To regfin - 1
```

```
Worksheets("Cálculo Prima").Cells(3, 5).Value = regact + ind1
```

```
pension = Worksheets("Cálculo Prima").Cells(8, 6).Value  
añosjub = Worksheets("Cálculo Prima").Cells(8, 4).Value
```

```
sumaprim = 0  
sumajub = 0  
lx1 = Worksheets("Cálculo Prima").Cells(13, 3).Value  
flujosprima = 0  
flujospension = 0
```

```
For ind2 = 0 To añosjub - 1
```

```
lxi = Worksheets("Cálculo Prima").Cells(13 + ind2, 3).Value
faa = lxi / lx1 * (1 + tipoint) \^ -(ind2)
flujosprima = flujosprima + faa
Next ind2

For ind3 = añosjub To limtabla
lxi = Worksheets("Cálculo Prima").Cells(13 + ind3, 3).Value
faa = lxi / lx1 * (1 + tipoint) \^ -(ind3)
vaapension = faa * pension * (1 + 0.0025) \^ (ind3 - añosjub)
flujospension = flujospension + vaapension
Next ind3

prima = flujospension / flujosprima

Worksheets("Entrada BE").Cells(2 + ind1, 8).Value = prima

Next ind1

End Sub
```


Apéndice D

Macro para el cálculo del capital de solvencia obligatorio

```
Public Sub Resultados()  
  
Dim columna, regact, regfin, BE, BES, ind  
Dim calcula As Worksheet  
Dim Resultados As Worksheet  
  
columna = 5  
regact = Cells(2, columna)  
regfin = Cells(3, columna)  
BE = Cells(7, columna)  
BES = Cells(8, columna)  
  
regact = 1  
For ind = 0 To regfin - 1  
  
Worksheets("Calcula").Cells(2, columna).Value = regact + ind  
Worksheets("Resultados").Cells(ind + 2, 3).Value = ind + 1  
BE = Worksheets("calcula").Cells(7, columna)  
BES = Worksheets("calcula").Cells(8, columna)  
Worksheets("Resultados").Cells(ind + 2, 4).Value = BE  
Worksheets("Resultados").Cells(ind + 2, 5).Value = BES  
  
Next ind  
  
End Sub
```

64 APÉNDICE D. MACRO PARA EL CÁLCULO DEL CAPITAL DE SOLVENCIA OBLIGATORIO

Bibliografía

- [1] Alonso, J., Alonso, T., Fernández S., Rohde, C., Tuesta, D. (2013), *Tendencias regulatorias financieras globales y retos para las Pensiones y Seguros*. BBVA Research, Documento de trabajo 13/23.
- [2] Antolín,P.(2007), "Longevity Risk and Private Pensions", OECD Working Papers on Insurance and Private Pensions, n.º. 3, OECD Publishing, Paris.
- [3] Arellano, A. (2010), *Crisis económica y sostenibilidad de las pensiones de jubilación y los sistemas de provisión privados*. Fondo de Investigación de la Protección Social.
- [4] Ariza, F. (2013) El camino hasta Solvencia II en la industria europea del seguro y perspectivas de futuro *Revista Universitaria Europea*. n.º 18, p. 103-132.
- [5] Ariza, F. (2013), El riesgo de longevidad bajo Solvencia II. *Actuarios*. n.º 32, p. 16-20.
- [6] Ariza, F. (2013).*Incidencia de los riesgos técnicos en la solvencia de las compañías de seguros de vida: (concreción en el riesgo de longevidad.)* Tesis doctoral. Departamento de Economía Financiera y Actuarial. Universidad Complutense de Madrid.
- [7] Autoridad Independiente de Responsabilidad Fiscal (2016) Situación y perspectivas de las finanzas públicas en España
- [8] Ayuso, M., Corrales, H., Guillén, M., Pérez-Martín, A.M., Rojo, J.K. (2007) *Estadística Actuarial Vida*. Universidad de Barcelona. Publicaciones y Ediciones.
- [9] Ayuso, M., Guillén, M. y Valero, D. (2013). Sostenibilidad del sistema de pensiones en España desde la perspectiva de la equidad y la eficiencia. *Presupuesto y Gasto Público*. 71, 193-204.
- [10] Blake, D., Burrows, W. (2001). *Survivors bonds: helping to hedge mortality risk*. The Journal of Risk and Insurance, 68 (2), 339-348.

- [11] Blake, D., Cairns, A., Dowd, K., (2006). Living with mortality: Longevity bonds and other mortality-linked securities. *British Actuarial Journal*. 12(1), 153-228.
- [12] Bravo, J.M., Díaz-Giménez, J. (2014). *¿La longevidad es un riesgo asegurable? Cubriendo lo Incubrible*. Instituto BBVA de Pensiones. Documento de Trabajo: N° 9/2014.
- [13] Cadarso, M. A., Febrero, E. (2003). *Sistemas de reparto versus sistemas de capitalización. Algunas reflexiones críticas*. Área de Economía Monetaria y Financiera, Universidad de Castilla-La Mancha.
- [14] Comité de Expertos (2013) Informe del Comité de Expertos sobre el factor de sostenibilidad del sistema público de pensiones. Ministerio de Empleo y Seguridad Social.
- [15] Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors, (2015). CEIOPS Advice for Level 2 Implementing Measures on Solvency II: Standard formula SCR - Article 109 c Life underwriting risk.
- [16] Cuesta, F. (2011): *El riesgo de tipo de interés: Experiencia española y Solvencia II*. Fundación Mapfre, Madrid.
- [17] Devesa, J.E. et al (2012). *El factor de sostenibilidad en los sistemas de pensiones de reparto: alternativas para su regulación en España*. Trabajo presentado en el XV Encuentro de Economía Aplicada, A Coruña.
- [18] España. DIRECTIVA 2009/138/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre el acceso a la actividad de seguro y de reaseguro y su ejercicio (Solvencia II), versión refundida, 23 de mayo del 2014.
- [19] España. Ley 28/2003, de 29 de septiembre, reguladora del Fondo de Reserva de la Seguridad Social. *BOE*, 30 de septiembre de 2003, núm 234, p. 35404-35406.
- [20] España. Ley 27/2011, de 1 de agosto, sobre actualización, adecuación y modernización del sistema de Seguridad Social. *BOE*, 2 de agosto de 2011, núm 184, p. 87495-87544.
- [21] España. Ley 23/2013, de 23 de diciembre, reguladora del Factor de Sostenibilidad y del Índice de Revalorización del Sistema de Pensiones de la Seguridad Social. *BOE*, 26 de diciembre de 2013, núm 309, p. 105137-105144.
- [22] España. Real Decreto-ley 20/2011, de 30 de diciembre, de medidas urgentes en materia presupuestaria, tributaria y financiera para la corrección del déficit público. *BOE*, 31 de diciembre de 2011, núm 315, p. 146574-146648.
- [23] España. Real Decreto-ley 28/2012, de 30 de noviembre, de medidas de consolidación y garantía del sistema de la Seguridad Social. *BOE*, 1 de diciembre de 2012, núm 289, p. 83175-83179.

- [24] España. Reglamento delegado (UE) 2015/35 de la comisión de 10 de octubre de 2014 por el que se completa la Directiva 2009/138/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre el acceso a la actividad de seguro y de reaseguro y su ejercicio (Solvencia II). Diario Oficial de la Unión Europea, 17 de enero del 2015.
- [25] España. Resolución de 6 de julio de 2012, de la DGS, por la que se da cumplimiento a lo previsto en la disposición adicional única del Real Decreto 1736/2010, de 23 de diciembre, por el que se modifica el Plan de Contabilidad de las Entidades Aseguradoras, aprobado por Real Decreto 1317/2008, de 24 de julio, en relación con las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y al artículo único de la Orden EHA/69/2011, de 21 de enero, por la que se proroga la utilización de las tablas de supervivencia GRM95 y GRF95 y las tablas de fallecimiento GKM95 y GKF95 en el sistema de planes de pensiones. *BOE*, 6 de julio de 2012, núm 174, p. 52491-52495.
- [26] European Insurance and Occupational Pensions Authority (2015). Technical documentation of the methodology to derive EIOPA's risk-free interest rate term structures.
- [27] Fondo Monetario Internacional (2012). Informe sobre la estabilidad financiera mundial.
- [28] Guillen, M. (2010), *Hacia la Solvencia del Sistema de Pensiones tras los nuevos retos: envejecimiento y desempleo. Líneas de actuación y calendario de aplicación*. Fondo de Investigación de la Protección Social.
- [29] Gala, D. (2014). *Un nuevo modelo de pensión de jubilación: El impacto del índice de revalorización anual y del factor de sostenibilidad*. IUSLabor, 2014
- [30] Instituto Nacional de Estadística (2015). *Cifras de Población a 1 de julio de 2015. Estadística de Migraciones. Primer semestre de 2015*. Recuperado de: <http://www.ine.es/prensa/np948.pdf>
- [31] Kaufhold, K. How to price longevity swaps.(2013) *Reinsurance News*. n° 77, Octubre; p. 18-21.
- [32] Meneu, R. (2011), *Valoración de la reforma del sistema de pensiones español de 2011 desde la óptica de la viabilidad financiero-actuarial. Un análisis a través de la MCVL*.. Fondo de Investigación de la Protección Social.
- [33] Ministerio de Empleo y Seguridad Social. (2015). Fondo de Reserva de la Seguridad Social. Informe a las Cortes Generales.
- [34] Organización Mundial de la Salud. (2015). Informe Mundial sobre el envejecimiento y la salud.

- [35] Palacios, D. (2011), *Efectos de la productividad, envejecimiento, empleo e inmigración sobre la sostenibilidad del sistema público de pensiones en España: Propuesta de reforma*. Fondo de Investigación de la Protección Social.
- [36] Pérez, J.M. Cobertura alternativa del riesgo de longevidad a través de bonos y swaps de los mercados de capital. *Gerencia de riesgos y seguros*. Fundación Mapfre, Instituto de Ciencias del Seguro. nº 96, 4º trimestre 2006 ; p. 33-46.
- [37] Pozuelo, E. (2008). “Capital Económico en Aseguradoras ” en *Revista Económica Financiera*, vol 16, p.78-111.
- [38] Rodríguez-Pardo, J.M., Albarrán, I., Ariza, F., Cóbreces, V.M., Durbán M.L. (2014). *El riesgo de longevidad y su aplicación práctica a Solvencia II*. Fundación Mapfre, Madrid.
- [39] Rodríguez-Pardo, J.M. El riesgo de longevidad en la Directiva Comunitaria de Solvencia II *Revista Universitaria Europea*. 2011, nº 14, p. 23-36.
- [40] Romera S. (2011). “Solvencia II, una oportunidad única que conviene aprovechar” en *Trébol*, vol 56, p.14-21.
- [41] Silverman, S., Simpson, F. (2011). *Modelling Longevity Risk for Solvency II* Milliam Resarch Report.
- [42] Société Commerciale de Réassurance, (2012). (Rea)seguros de vida bajo Solvencia II.
- [43] *Solvencia II. De un vistazo* (2015). Asociación empresarial del seguro. Informe del departamento de Análisis y Estudios.
- [44] Trigo, E., Moreno, R., BETZUEN, A., DE LA PEÑA, J.I., ITURRICASTILLO, P., (2013). Nuevos instrumentos para la gestión de los riesgos de longevidad y mortalidad. *Anales del Instituto de Actuarios Españoles*, 3ª época, 19, 101-134.
- [45] Vicente, Ana, (2015). *Economía Y Técnica de la Seguridad Social, 1ª Parte: Diseño de la acción protectora en España*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid
- [46] Vicente, Ana, (2015). *Economía Y Técnica de la Seguridad Social, 2ª Parte: Financiación y Planificación*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid.