



---

**Universidad de Valladolid**

**Facultad de Ciencias Económicas y  
Empresariales**

**Trabajo de Fin de Grado**

**Grado en Finanzas, Banca y Seguros**

**Valoración Actuarial de los  
Planes y Fondos de Pensiones**

Presentado por:

***Nerea Sanz Amo***

*Valladolid, 30 de Septiembre de 2020*

## **RESUMEN**

Uno de los objetivos principales de las personas que trabajan durante toda su trayectoria laboral es conseguir el ahorro suficiente para poder acceder a las prestaciones que les pertenecen por haber sido partícipes de un plan de pensiones. Además, pueden ser un buen complemento con la Seguridad Social debido a los problemas demográficos que hay en España y el gran peso que es ésta para la gente que cotiza.

En el estudio realizado se analiza la evolución a lo largo de un periodo temporal de quince años de un fondo de pensión comprendido por dos planes de pensiones con distintas características a través de la metodología de la Dinámica de Sistemas. Posteriormente, se llevará a cabo un análisis de sensibilidad para poder conocer cómo llega a variar nuestro modelo a través de las alteraciones en determinados elementos que forman el mismo, y ver si siguen algún tipo de patrón.

Palabras clave: Plan de Pensión, Fondo de Pensión, Dinámica de Sistemas.

Clasificación JEL: C61 y G23.

## **ABSTRACT**

One of the main objectives of people who work throughout their career is to get enough savings to be able to access the benefits that belong to them for having been part of a pension plan. In addition, they can be a good complement to Social Security due to the demographic problems that exist in Spain and the great weight that it is for people who contribute.

The study carried out analyzes the evolution over a fifteen year period of a pension fund comprised of two pension plans with different characteristics through the Systems Dynamics methodology. Subsequently, a sensitivity analysis will be carried out to know how our model changes through the alterations in certain elements that make up it and see if they follow any type of pattern.

Keywords: Pension Plan, Pension Fund, System Dynamics.

Classification JEL: C61 and G23.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN: LOS PLANES Y FONDOS DE PENSIONES .....	5
2.	LOS PLANES Y FONDOS DE PENSIONES EN ESPAÑA Y SU ORIGEN.....	7
3.	DINÁMICA DE SISTEMAS .....	12
3.1.	ORIGEN HISTÓRICO.....	12
3.2.	CONCEPTO.....	12
3.3.	ELEMENTOS DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS .....	13
3.3.1.	Variables exógenas y variables endógenas.....	13
3.3.2.	Diagramas causales.....	14
3.3.3.	Diagramas de Forrester.....	16
4.	EL MODELO. EVOLUCIÓN Y ANÁLISIS .....	18
4.1.	HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	18
4.2.	ANÁLISIS DEL MODELO .....	23
5.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO.....	26
5.1.	INCREMENTO EN EL TIPO DE INTERÉS REAL, $i_R$ .....	26
5.2.	INCREMENTO EN LAS CONTRIBUCIONES, $C_t$ .....	29
6.	CONCLUSIONES.....	31
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	32
8.	ANEXOS.....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1: Diagrama de Forrester.....	23
--	----

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 4.1: Evolución del nivel de recursos del plan de pensión 1 y el plan de pensión 2.....	24
Gráfica 4.2: Evolución de la provisión matemática inconstituida del plan de pensión 1 y el plan de pensión 2.....	25
Gráfica 4.3: Evolución de las contribuciones y prestaciones del plan de pensión 1 y el plan de pensión 2.....	26
Gráfica 5.1: Evolución del nivel de recursos del plan de pensión 1 y el plan de pensión 2 con variaciones en $i_R$ .....	27
Gráfica 5.2: Evolución de la provisión matemática inconstituida del plan de pensión 1 y el plan de pensión 2 con variaciones en $i_R$ .....	28
Gráfica 5.3: Evolución de las contribuciones y prestaciones del plan de pensión 1 y el plan de pensión 2 con variaciones en $i_R$ .....	29
Gráfica 5.4: Evolución del nivel de recursos del plan de pensión 1 y el plan de pensión 2 con variación en $C_t$ .....	29
Gráfica 5.5: Evolución de la provisión matemática inconstituida del plan de pensión 1 y el plan de pensión 2 con variación en $C_t$ .....	30
Gráfica 5.3: Evolución de las contribuciones del plan de pensión 1 y el plan de pensión 2 con variación en $C_t$ .....	31

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Figuras representativas de los elementos del diagrama de Forrester.....	18
Tabla 8.1: Evolución de algunas variables del modelo .....	36
Tabla 8.2: Evolución de algunas variables del modelo con variaciones en $i_R$ a lo largo del periodo temporal.....	36
Tabla 8.2: Evolución de algunas variables del modelo cuando $C_t$ se incrementa un 25% a partir de $t = 8$ .....	37

## 1. INTRODUCCIÓN: LOS PLANES Y FONDOS DE PENSIONES

Actualmente, los planes de pensiones son un instrumento de inversión de una considerable aceptación para la población española. Dada la gran incertidumbre que se ha generado con la existencia de las pensiones en el futuro, estos productos de previsión privada están en un momento de auge. A cada una de las personas que contrata un plan, se le adecuará éste según sus preferencias y características del mismo. Además, una de las ventajas y atractivos más importantes que tienen los planes de pensiones es la desgravación fiscal en el IRPF, sobre todo para aquellas personas cuyos ingresos son especialmente altos. En lo que sigue, daremos una breve definición de los principales conceptos objeto de estudio.

Según la definición que nos otorga el BOE (2002), los planes de pensiones *“definen el derecho de las personas a cuyo favor se constituyen a percibir rentas o capitales por jubilación, supervivencia, viudedad, orfandad o invalidez, las obligaciones de contribución a los mismos y, en la medida permitida por la presente Ley, las reglas de constitución y funcionamiento del patrimonio que al cumplimiento de los derechos que reconoce ha de afectarse”*. Se trata de productos que se encuentran dentro de la previsión social privada dado que a través de ellos se puede formar una renta o capital que se generará por las aportaciones que los trabajadores realizan al plan durante su vida laboral activa, y que cubrirán determinados riesgos que serán cubiertos por las prestaciones económicas.

Otro concepto importante es el de los fondos de pensiones. Podemos definirlos como aquellos patrimonios que de forma indispensable y única recogen aquellas aportaciones que realizan los trabajadores en los planes de pensiones y los rendimientos de las inversiones donde estas aportaciones se materializan. Para dar un concepto más exacto, la Ley 8/1987, de 8 de junio, de Regulación de los Planes y Fondos de Pensiones, define a los fondos de pensión como *“patrimonios creados al exclusivo objeto de dar cumplimiento a planes de pensiones, cuya gestión, custodia y control se realizarán de acuerdo con la presente Ley”*.

Una de las características más importantes de estos productos es su complementariedad y voluntariedad con la Seguridad Social, puesto que los planes y fondos de pensiones son de carácter privado, mientras que el segundo organismo es de carácter público.

En este aspecto, vamos a dar una definición más detallada de lo que sería el sistema de la Seguridad Social según la Asociación Internacional de la Seguridad Social (en adelante, AISS): *“Todo programa de protección social establecido por una ley o por cualquier otro acuerdo obligatorio que ofrezca a la persona es un cierto grado de seguridad de ingresos cuando afrontan las contingencias de la vejez, supervivencia, incapacidad, invalidez, desempleo o educación de los hijos. También puede ofrecer acceso a cuidado médicos curativos o preventivos. [...] puede incluir programas de seguridad social, programas de asistencia social, programas universales, programas de mutuas, cajas de previsión nacionales y otros sistemas, incluidos los enfoques orientados al mercado que, de conformidad con la legislación o práctica nacional, forman parte del sistema de seguridad social de un país.”*

El principal objetivo del presente trabajo es realizar un estudio de un fondo que está integrado por dos planes de pensiones con diferentes edades de jubilación para cada uno de ellos, y durante el periodo temporal de quince años. El análisis que haremos del fondo se realizará a través de la Dinámica de Sistemas ya que, a través de este procedimiento, podremos observar el comportamiento y evolución a lo largo del tiempo de nuestro modelo.

Haciendo referencia a la metodología utilizada, nuestro trabajo va a constar de seis capítulos y se estructurará de la siguiente manera: tras la introducción en la que se hará un breve repaso de las definiciones de lo que es un plan de pensión, un fondo de pensión y el concepto de Seguridad Social, en el segundo capítulo hablaremos de la creación e importancia de los planes y fondos de pensiones en nuestro país, así como de las leyes que han llevado a su regulación. En el tercer capítulo conoceremos qué es, cuál es el origen y los elementos principales de la Dinámica de Sistemas. Posteriormente, en el cuarto capítulo encontraremos una simulación de nuestro modelo y cómo puede evolucionar en el tiempo. A continuación, en el quinto capítulo

realizaremos el estudio y el análisis de sensibilidad del fondo del plan ante las variaciones de las distintas variables y cómo afectan a las variables de nivel. Para terminar, en el sexto capítulo expondremos las conclusiones resultantes de nuestro trabajo.

## **2. LOS PLANES Y FONDOS DE PENSIONES EN ESPAÑA Y SU ORIGEN**

Elu Terán (2006) señala que siendo España uno de los países más atrasados en lo que respecta a la protección del trabajo, a finales del siglo XIX y primeros del XX se crean los primeros sistemas públicos de seguros empujados por el desarrollo económico y el aumento de la protección y garantías en el trabajo.

Fue en 1900 cuando apareció la Ley de Accidentes de Trabajo, junto con la regularización del trabajo femenino e infantil. En 1908 se crea el Instituto Nacional de Previsión (en adelante, INP) con el objetivo de diseñar y promulgar la previsión social de los planes de jubilación subvencionados por España. Posteriormente, en 1919 se impone la obligatoriedad en lo que respecta a las pensiones. Según expone García González (2010) se conoce también como *“Retiro Obrero Obligatorio (en adelante, ROO), cuyo campo de aplicación cubría toda la población asegurada, excepto a los trabajadores del sector agrícola y a los funcionarios públicos”*. Como cuenta Mañas Sánchez (2014), este seguro implicaba que una persona que trabajara estuviera afiliada obligatoriamente, además de la cotización por las distintas partes que estuvieran involucradas. Más tarde, en 1931 se unifican las diferentes ramas de seguros que hasta entonces se habían creado de forma independiente y se crea el Seguro Obligatorio de Accidentes de Trabajo, en el que su aplicación se incluye al sector agrícola. A partir de 1939, lo que antes era el ROO se modifica y pasa a llamarse Subsidio Obligatorio de Vejez para que finalmente, en 1947 pase a llamarse Subsidio Obligatorio de Vejez e Invalidez (SOVI).

A pesar de estos nuevos modelos de seguros, fueron las Mutualidades Laborales las que se impusieron. Estas tenían el objetivo de mitigar las faltas y vacíos económicos y financieros que podía tener el sistema público de pensiones.

Según expone García González (2010), años más tarde, comenzaron a crearse leyes, como la Ley 193/1963 de Bases de la Seguridad Social, con el fin de crear un patrón exclusivo e integrado para la protección de toda la sociedad, que estaba caracterizada por la falta de cobertura y el egoísmo. Otra nueva ley que se crea es la Ley 24/1972 de Financiación y Perfeccionamiento de la Acción Protectora, cuyo objetivo principal era corregir las dificultades financieras propias que podían existir en el sistema de la Seguridad Social. Sin embargo, este objetivo no se consiguió. Tuvieron que esperar hasta 1978, cuando se aprobó la Constitución, para ver realmente una serie de cambios que hacían que el sistema de la Seguridad Social comenzara a ser un pilar relevante para la protección de toda la sociedad. En ese año, desaparece el INP y se crea el Instituto Nacional de la Seguridad Social, quien comienza a desempeñar los cargos y funciones que realizaba el primero. Por otro lado, esto da lugar a que las mutualidades laborales que predominaban hasta ese momento fueran teniendo un menor peso, hasta terminar desapareciendo. Finalmente, tuvo que llegar la Ley 24/1997 de Consolidación y Racionalización de los Recursos del Sistema de Seguridad Social, y actualmente la vigente, para profundizar y corregir de nuevo las leyes anteriormente creadas, además de reforzar en lo que respecta a la jubilación. Esta ley engloba lo que se conoce como Pacto de Toledo de 1995 a través del cual, uno de los objetivos que busca es el *“análisis de los problemas estructurales del sistema de seguridad social y de las principales reformas que deberán acometerse”* (Secretaría de Estado de la Seguridad Social, 2020). Lo que se pretendía era crear una medida que amparara al sistema de pensiones debido a que, por entonces, la conservación del mismo se tambaleaba por los masivos despidos, las jubilaciones anticipadas, las estafas en las cotizaciones y el aumento de una población envejecida (Mañas Sánchez, 2014).

Por otro lado, no podemos olvidarnos de los sistemas de previsión social privados y complementarios a la Seguridad Social. Pieschacón (2007) explica que las primeras apariciones en España se remontan a la mitad del siglo XVIII con los Montepíos, los cuales eran organizaciones religiosas que promovían la protección de sus trabajadores y familias en el momento en el que pudiera llegarles la jubilación, invalidez y viudedad a cambio de una prestación.

Continúa diciendo que en 1946 aparecen las Mutualidades Laborales ya mencionadas con anterioridad. Sin embargo, debido al envejecimiento de la población española y como consecuencia un aumento de la esperanza de vida, los modelos que utilizaban estas instituciones como los sistemas de reparto, comenzaron a tener problemas y a tener más efectos negativos que positivos terminando por decaer en 1974 con la Ley General de Seguridad Social. Keyfitz (1980) decía: “[...] es exactamente el problema de la financiación de las pensiones por el método de reparto ¡Se les acaba la gente!”. En 1961 comienzan a regularse las Fundaciones Laborales a través del Real Decreto 446/1961. Posteriormente, a raíz de los Pactos de Moncloa de 1977, se promulgó una ley para las Instituciones de Inversión Colectiva que podrían integrar los fondos de pensiones. No obstante, no fue hasta 1987 cuando se creó la Ley de Planes y Fondos de Pensiones. Consideraban que el aumento creciente de instituciones que daban un servicio o prestación complementaria a la Seguridad Social era importante y, por ello, era necesario un régimen legal bajo el que operar. Hoy en día, la Ley 8/1987 ha sido derogada pero los planes y fondos de pensiones se encuentran regulados bajo el Real Decreto Legislativo 1/2002, de 29 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Regulación de los Planes y Fondos de Pensiones. Además, junto con la actual ley, cabe destacar el Real Decreto 304/2004, por el que se aprueba el Reglamento de Planes y Fondos de Pensiones y la Orden EHA/407/2008, por la que se desarrolla la normativa de planes y fondos de pensiones en materia financiero-actuarial.

La aparición de instituciones que desarrollaban actividades de planes y fondos de pensiones se encuentra motivada principalmente por los problemas que estaban empezando a surgir en lo que respecta a la Seguridad Social. Además, hay que destacar también el creciente envejecimiento poblacional y, a su vez, una natalidad que cae en picado, junto con unos niveles de desempleo por las nubes que provocan que el Estado comience a coger dinero de sus arcas para pagar las prestaciones por desempleo así como el pago de las prestaciones destinadas a la jubilación (García González, 2010). Se puede entender que estaban en una posición actuarial y financiera complicada en lo que respecta al sistema laboral debido a *“las revalorizaciones y mejoras en las*

*prestaciones impuestas prácticamente por los poderes públicos, [...], a la larga incapaz de garantizar el pago de los compromisos adquiridos – así como a la ejecución de actividades completamente ajenas a sus fines”* (Pieschacón, 2007), entre otras cosas.

En 1995 se dictó una nueva norma, la Ley 30/1995 de Ordenación y Supervisión de los Seguros Privados, que intentaba paliar un poco las carencias que podía haber dejado la Ley 8/1987. Esta nueva ley obligaba a las empresas a exteriorizar sus acuerdos por pensiones y la estimulación de los nuevos planes como el de Sistema de Empleo, el cual, se define como aquel plan creado por un promotor a favor de sus empleados. Tanto el promotor como los partícipes realizan aportaciones al plan, que a su vez se encuentra integrado en un fondo. En lo que respecta al régimen financiero-actuarial, el tipo de sistema de capitalización utilizado es el individual donde existe una relación directa entre las aportaciones realizadas y las prestaciones recibidas a nivel individual.

Los planes de pensiones del Sistema de Empleo pueden dividirse en dos subcategorías:

- Individuales: el promotor podría ser una entidad, empresa, sociedad... y los partícipes van a ser sus empleados o trabajadores únicamente.
- Colectivos: fomentados por empresas, entidades o administraciones públicas.

Podemos hacer otra clasificación:

- Prestación Definida: la prestación monetaria se fija desde que se contrata el plan, es decir, lo que tiene que entregar cada uno se sabe de forma predeterminada. Más tarde, se realizan cálculos actuariales para conocer la financiación monetaria de cada una de las aportaciones.

Algunas de las variables utilizadas para conocer la cuantía de la prestación vendrán determinadas en función del salario o del tiempo que lleve el trabajador en la empresa, es decir, la antigüedad del mismo, etc.

- Aportación Definida: la aportación monetaria que tienen que entregar el promotor del plan y/o los partícipes va a ser fija y su cálculo dependerá del momento en el que se produzca la contingencia, y siempre utilizando el sistema de capitalización individual para el cálculo de los intereses. En la mayoría de los casos la contingencia es la jubilación.

Algunas de las variables de las que puede depender la aportación son el salario o la cotización de cada trabajador en la Seguridad Social, entre otros.

Finalmente, como expone Ruiz Candela (2017) en su trabajo sobre la sostenibilidad del sistema de pensiones, hay que ser conscientes de que actualmente un sistema público no sería viable sin un sistema de previsión privado debido a los siguientes motivos:

- Crisis demográfica: uno de los grandes problemas de nuestro país es que presenta una población muy envejecida y ello conlleva que las personas vivan más y la esperanza de vida se vaya alargando. Además, cuando se llevó a cabo la creación de un sistema de reparto contributivo, las circunstancias en las que España se encontraba no eran las mismas que ahora puesto que, por ejemplo, hace 100 años una persona tenía una esperanza de vida de 40 años mientras que ahora tiene una esperanza de vida 83 años. Con esto podemos deducir que hoy en día las personas que han accedido a la jubilación van a cobrarla durante un periodo más largo que una persona que vivió durante el siglo pasado.
- Tasa de natalidad: los niveles de esta variable son muy bajos y en los últimos años ha ido descendiendo en picado. Ya en el 2008, cuando España se encontraba en un periodo de crisis, muchas personas se quedaron sin trabajo al ser despedidas de sus empresas. Como consecuencia de ello, el interés por tener hijos también descendió pues a las familias de clase media y baja les era difícil poder mantenerlos. Además, hay que pensar también en la introducción de la mujer en el mercado laboral.

Tal situación hace que nuestro Gobierno se tenga que replantear el actual sistema de pensiones, y quizá sea el momento de que estimulen ese sistema con los sistemas de previsión social complementaria.

### **3. DINÁMICA DE SISTEMAS**

#### **3.1. ORIGEN HISTÓRICO**

Los orígenes se remontan al periodo de los cincuenta en el Instituto de Tecnología de Massachusetts, gracias a Jay Wright Forrester, el cual, quería trasladar sus conocimientos en Ingeniería Automática a otros campos como las ciencias sociales. Forrester decidió analizar la evolución en los pedidos así como los retrasos que se producían en los mismos con el objetivo de paliar las consecuencias negativas que iban surgiendo en la organización de la empresa. El iniciador de la Dinámica de Sistemas publicó varios trabajos a lo largo de su vida, el primero de ellos con su obra *“Industrial Dynamics”* en 1961 que trataba del análisis de varios sistemas comerciales como la logística y el control de inventarios, entre otros (Forrester, 1961). Su segunda obra, *“Urban Dynamics”*, fue publicada ocho años después, en 1969. A través de ella se hizo un estudio de las dificultades que existían en las ciudades como las aglomeraciones y el deterioro de las mismas (Forrester, 1969). En 1970 escribió *“World Dynamics”* donde, principalmente, hacía referencia a problemas relacionados con el crecimiento demográfico, los recursos y la contaminación en todo el mundo (Forrester, 1970). Por último, ese mismo año presentan en el I Informe al Club de Roma el Modelo del Mundo junto con los Meadows. Gracias a estos trabajos, la Dinámica de Sistemas tuvo un impacto importante de modo que comenzó a divulgarse por todo el mundo. (González-Busto, 1998; Morlán Santa Catalina, 2010).

#### **3.2. CONCEPTO**

Donado Campos et al. (2005) definen la Dinámica de Sistemas como el procedimiento para llevar a cabo un análisis y observación del comportamiento de sistemas a través de la creación de un modelo simulado, y con el fin de mostrar la conexión que puede existir entre las variables y la estructura que compone el sistema así como su comportamiento.

Según explican Aracil y Gordillo (1997) en su libro, por un lado, es necesario hacer una aclaración de lo que es el concepto de 'sistema': "[...] es un objeto formado por un conjunto de partes entre las que se establece alguna forma de relación que las articula en la unidad que es precisamente el sistema". Ese conjunto de partes es lo que hace que ese sistema esté dotado de una cierta complejidad. Por otro lado, ambos autores dan también una definición de lo que sería el concepto de 'dinámica': "el carácter cambiante de aquello que adjetivamos con ese término". Es decir, la evolución o trayectoria que realiza cualquier variable o indicador que está integrado en el sistema a lo largo del tiempo.

Por tanto, gracias a la Dinámica de Sistemas se pueden crear modelos para poder entender y comprender como funcionarían internamente, y conocer el comportamiento del mismo sistema ante variaciones en alguna de sus variables que lo integran. Obviamente, será indispensable la posesión de información y de datos, además de la observación del desarrollo del sistema a largo plazo, pues cuanto mayor sea el tiempo de análisis, más precisos y correctos serán los resultados obtenidos.

### **3.3. ELEMENTOS DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS**

#### **3.3.1. Variables exógenas y variables endógenas**

Quando hablamos de sistemas dinámicos, sabemos que existen una serie de elementos o variables que están en constante interacción los unos con otros. La consecuencia de estas interacciones o relaciones que sufren las variables dan lugar a variaciones o cambios durante un periodo de tiempo duradero. La clasificación que se hace para estas variables es la siguiente y Aracil (1992) los define de la siguiente manera:

- Variable exógena: "sirven para describir aquellos efectos sobre el sistema que son susceptibles de ser modificados desde el exterior".
- Variable endógena: "sirven para caracterizar aquellos elementos cuyo comportamiento está completamente determinado por la estructura del sistema".

### 3.3.2. Diagramas causales

Los diagramas causales o también conocidos como diagramas de influencias son aquellos que, a través de los cuales, se puede conocer el comportamiento futuro del sistema conociendo las relaciones existentes entre las variables, pero sin aportar información cuantitativa, si no únicamente información cualitativa de las mismas. Se habla del término cualitativo porque, en este caso, se *“establece únicamente la existencia de alguna forma de influencia”* (Aracil & Gordillo, 1997) entre las variables del sistema.

No podemos olvidarnos de otros dos términos importantes como son el de causa y efecto. Se dice que X va a influir en Y si X es la variable causa e Y es la variable efecto. Las variables abarcan desde condiciones, situaciones, acciones e, incluso, decisiones que tienen la capacidad de influir o ser influidas por otras variables. La relación que existe entre éstas puede representarse a través de una flecha cuyo sentido de la punta va a tener una interpretación de modo que va a indicar que variable va a depender de la otra.

$X \longrightarrow Y$     Y está en función de X

En cuanto a las clases de influencia o las relaciones de causa-efecto, pueden existir:

- Relación positiva: se produce si las variables llegan a cambiarse en el mismo sentido y por tanto, siguen la misma dirección. Es lo mismo si decimos que si se produce un incremento (decremento) en X, también se va a incrementar (decrementar) en Y.

$X \overset{+}{\longrightarrow} Y$

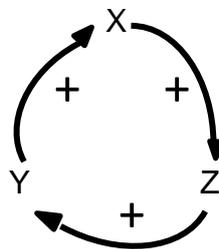
- Relación negativa: se produce si las variables llegan a cambiarse en el mismo opuesto y por tanto, no siguen la misma dirección. Es lo mismo si decimos que si se produce un incremento (decremento) en X, provoca un decremento (incremento) en Y.

$X \overset{-}{\longrightarrow} Y$

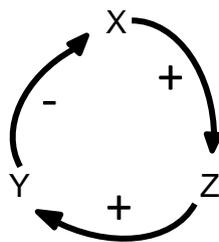
Otra parte importante de los diagramas causales son los bucles de realimentación. Morlán Santa Catalina (2010) explica que *“representan el proceso dinámico que se traslada por una cadena de causas y efectos a través*

de un conjunto de variables que acaba volviendo a la causa original". Es decir, a partir de un conjunto de variables que se encuentran interaccionadas entre sí, se origina una relación causal, positiva o negativa, que construye un ciclo cerrado que empieza y termina en una variable inicial. Se clasifican en dos clases:

- Bucles de realimentación positiva o de refuerzo: se utilizan para ver cómo un sistema puede crecer o, por el contrario, puede contraerse o reducirse. La variación, ya sea un incremento o decremento, que se produce en alguna de las variables y, como consecuencia, por todo el bucle hace que se acentúe todavía más dicha alteración producida inicialmente. Se puede caracterizar porque la cifra de relaciones causa-efecto negativas es par o nula.

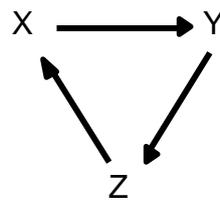


- Bucles de realimentación negativa o estabilizadores: se utilizan para controlar o regular cualquier sistema. La variación, ya sea un incremento o decremento, que se produce en alguna de las variables y, como consecuencia, por todo el bucle hace que se contrarreste la variación producida inicialmente. Se puede caracterizar porque la cifra de relaciones causa-efecto negativas es impar

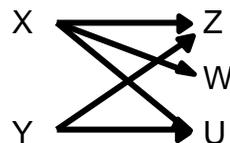


Por último, podemos hacer una última clasificación de los diagramas causales dependiendo del tipo de estructura que este modelizado el sistema:

- Sistemas de estructura causal compleja: formado por cadenas cerradas en lo que respecta a las relaciones de causa-efecto, dando lugar a bucles de realimentación. Al generarse un ciclo entre las variables, es posible volver a la variable inicial mediante las relaciones causa-efecto. Será más común un sistema complejo que un sistema simple ya que a través del primero podemos conocer más respuestas que si sólo construyéramos un sistema exclusivo e independiente.



- Sistemas de estructura causal simple: formado por cadenas abiertas en lo que respecta a las relaciones de causa-efecto. Tampoco existe ningún tipo de interrelación a pesar de que las variables actúen unas sobre otras.



### 3.3.3. Diagramas de Forrester

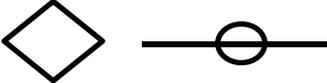
Los Diagramas de Forrester o también conocidos como Diagramas de niveles y flujos son una parte fundamental y básica de cualquier sistema dinámico y son construidos a partir de los elementos integrados en los Diagramas Causales (Aracil & Gordillo, 1997). Dependiendo de la naturaleza y el comportamiento que pueda desarrollar el elemento en el diagrama, podrán representar un valor cuantitativo y tendrán un carácter endógeno o exógeno al sistema. Morlán Santa Catalina (2010) y García González (2010) exponen que estos elementos o variables se clasifican en distintos grupos específicos:

- Variables de nivel: su figura representativa es un rectángulo y su función es acumular ciertas magnitudes con el tiempo y así poder

formar lo que se conoce como materia. A través de los niveles se consigue ver cuál es la naturaleza del sistema. Dos variables de nivel se conectarán a través de un canal material y la variación que se produce en ambas se realiza a través de las variables de flujo.

- Variables de flujo: su función es representar la alteración de las variables de nivel a lo largo del tiempo importando (flujo de entrada) o exportando (flujo de salida) la materia proveniente de los niveles. Matemáticamente, representan la derivada del nivel respecto del tiempo.
- Variables auxiliares: su figura representativa es un círculo y su función es recibir información de cualquier otra variable, ya sea una variable de nivel, de flujo o de otra auxiliar. *“Representan pasos o etapas en los que se descompone el cálculo de una variable de flujo a partir de los valores tomados por los estados”* (Aracil & Gordillo, 1997).
- Variables exógenas: son elementos auxiliares que no dependen de ninguna otra variable. Sin embargo, éstas sí hacen depender al resto de las variables de ellas, de modo que si varían con el tiempo, harán que el resto de las variables varíen.
- Constantes: componentes del sistema que no van a variar a lo largo del tiempo.
- Canales materiales: vía a través de la cual se transfiere la materia que llega exclusivamente a los niveles.
- Canales de información: vía a través de la cual se transfiere la información entre los elementos del sistema, a excepción de las variables de nivel.

**Tabla 3.1: Figuras representativas de los elementos del Diagrama de Forrester**

VARIABLES DE NIVEL O DE ESTADO	
VARIABLES DE FLUJO	
VARIABLES AUXILIARES	
VARIABLES EXÓGENAS	
CONSTANTES	
CANALES MATERIALES	
CANALES DE INFORMACIÓN	

Fuente: Elaboración propia con datos de Morlán Santa Catalina (2010)

## 4. EL MODELO. EVOLUCIÓN Y ANÁLISIS

### 4.1. HIPÓTESIS Y VARIABLES

En este capítulo vamos a realizar un estudio del sistema dinámico elegido, así como de los elementos que forman parte del mismo. Para ello, es necesario realizar una serie de hipótesis de partida. Supongamos un fondo de pensiones compuesto por dos planes de pensiones con un valor inicial de 20.000.000 euros.

Por un lado, uno de los planes de pensión estará formado por  $n$  partícipes que se encuentran distribuidos uniformemente por edades y que comienzan a formar parte del plan a la edad  $e = 25$  años. Cada uno de las partícipes del plan realizará las aportaciones correspondientes al mismo en forma de contribuciones. Estas aportaciones se realizarán de forma anual y al comienzo de cada año, es decir, pagos prepagables. A cambio de ello, una vez que consigan llegar a la edad de jubilación, la cual estableceremos a los 65

años, podrán recibir la prestación por jubilación dando por finalizada su vida laboral.

Por otro lado, el otro plan de pensiones estará formado por  $n$  partícipes que, también, se encuentran distribuidos uniformemente por edades igualitariamente y que entran al plan a la edad  $e = 25$  años. Al igual que el plan anterior, cada uno de sus empleados realizará contribuciones anuales prepagables. La única diferencia que vamos a suponer para éste es que la prestación por jubilación la van a recibir a la edad de 63 años, dando lugar a la jubilación anticipada.

El tiempo de estudio para nuestro modelo será de 15 años. Como decíamos en anteriores capítulos, cuanto mayor sea el periodo temporal de estudio, mejor serán las conclusiones y el análisis de los datos obtenidos.

Como única posible causa de salida del plan se contempla la jubilación para el plan 1 y la jubilación anticipada para el plan 2.

El método utilizado para nuestro plan en lo que respecta a su valoración será el método del crédito unitario tradicional o también conocido como el método TUC. Con este método, las prestaciones no dependerán de ninguna escala salarial y el conjunto de los partícipes de cada plan estará cerrado y aislado.

En cuanto al tipo de interés que utilizaremos, éste será el real y actuará como una variable constante durante todo el modelo y se le supondrá un valor de  $i_R = 4\%$ .

Finalmente, dadas las hipótesis anteriores, supondremos que determinadas variables serán constantes durante el periodo temporal escogido. Éstas son:  $i_R$ ,  $g$ ,  $z$ ,  $NC$ ,  $AL$  y  $P$ .

Ya descritas las hipótesis del modelo, es necesario formular y definir una serie de variables así como la información que van a contener las mismas. Para ello, primeramente, vamos a definir la evolución del fondo de los planes de pensiones que representará la única variable de nivel de nuestro modelo. Posteriormente, se definirán las distintas variables de flujo, tanto de entrada

como de salida, que a su vez, serán definidas en función de variables auxiliares.

$$Fondo_{t+1} = FE1_t + FE2_t - FS1_t - FS2_t$$

- *Fondo\_t*: variable de nivel a la que llegan las variables de flujo de entrada  $FE1_t$  y  $FE2_t$  por medio de canales materiales, y por la que salen variables de flujo de salida  $FS1_t$  y  $FS2_t$ , también a través de canales materiales. Representa el nivel de recursos materializados por las aportaciones del promotor del plan 1 y el plan 2 en  $t$  y se define en un vector  $1 \times 2$ . Está formado por las contribuciones de los promotores más los rendimientos que generan las inversiones durante el periodo  $t$ , menos las prestaciones que tendrán que recibir los partícipes y los gastos que el plan genera por la gestión del mismo. El valor inicial para cada uno de los planes, 1 y 2, es de  $Fondo_{1_t} = 11.500.000$  y de  $Fondo_{2_t} = 8.500.000$ , respectivamente.
  - *Fondo\_total\_t*: variable auxiliar que representa el valor total del fondo, es decir, la suma del fondo del plan de pensión 1 y del fondo del plan de pensión 2. Inicialmente, su valor será  $Fondo_{total_t} = 20.000.000$  euros.
- $FE1_t = C_t = NC + SC_t = NC + z * UAL_t = NC + z * [AL - Fondo_t]$ 
  - $C_t$ : vector de dimensión  $1 \times 2$  que representa una variable auxiliar que, a través de un canal de información, llega a la variable de flujo de entrada  $FE1_t$ .
    - ❖  $C_{total_t}$ : variable auxiliar que define las contribuciones conjuntas realizadas por los promotores de ambos planes de pensiones en el fondo al inicio del periodo temporal  $(t, t + 1)$ . Su valor numérico es la suma de la parte proporcional a las contribuciones del plan de pensión 1 y la parte proporcional de las contribuciones del plan de pensión 2.
  - $NC$ : vector formado por dos constantes que llegan a  $C_t$  a través de un canal de información. Son los costes normales de los planes de pensiones 1 y 2, que sirven para asegurar las

prestaciones devengadas de los partícipes de forma que se pueda construir la provisión matemática del plan con la condición de que se cumplan las hipótesis de partida iniciales en el periodo temporal  $t$ .

En nuestro modelo, vamos a suponer que  $NC_1 = 55.000$  y  $NC_2 = 51.000$ .

- $SC_t$ : variable auxiliar que llega  $C_t$  a través de un canal de información. También es un vector de dimensión  $1 \times 2$ . Son los costes suplementarios en  $t$  de cada uno de los planes de pensiones, y recogen las distorsiones negativas que puedan llegar a tener cada uno de los planes o lo que es lo mismo, cuando surge un déficit actuarial que el gestor del plan no había previsto. También pueden ser costes por servicios pasados de modo que al empleado hay que reconocerle unos derechos económicos.
- $z$ : constante que llega al coste suplementario por medio de un canal de información. Es el tanto amortizativo de la provisión matemática no constituida durante  $(t, t + 1)$  y que se mueve en el intervalo  $(0,1)$ .  $z$  es el inverso del valor actual actuarial de una renta prepagable de periodo temporal  $n$  años y un tipo de interés técnico  $i_T$ . Para cada uno de los planes, el valor numérico será  $z_1 = z_2 = 9\%$ .
- $UAL_t$ : vector de dimensión  $1 \times 2$  que define una variable auxiliar que llega al  $SC_t$  por medio de un canal de información. Este elemento representa la provisión matemática inconstituida para cada uno de los planes de pensiones en el periodo temporal  $t$ . Engloba la cantidad monetaria no garantizada o no materializada del plan respecto a las obligaciones contraídas por el mismo. Se calcula como:

$$UAL_t = AL - Fondo_t$$

- $AL$ : constante que llega a  $UAL_t$  por medio de un canal de información. Se define como la provisión matemática constituida del plan en el momento de valoración  $t$ , y es el valor actual

actuarial de las prestaciones futuras respecto a las obligaciones contraídas con los partícipes del plan en caso de que se origine alguna contingencia. Refleja un vector de dimensión  $1 \times 2$  con valores distintos para cada uno de los planes de pensiones.

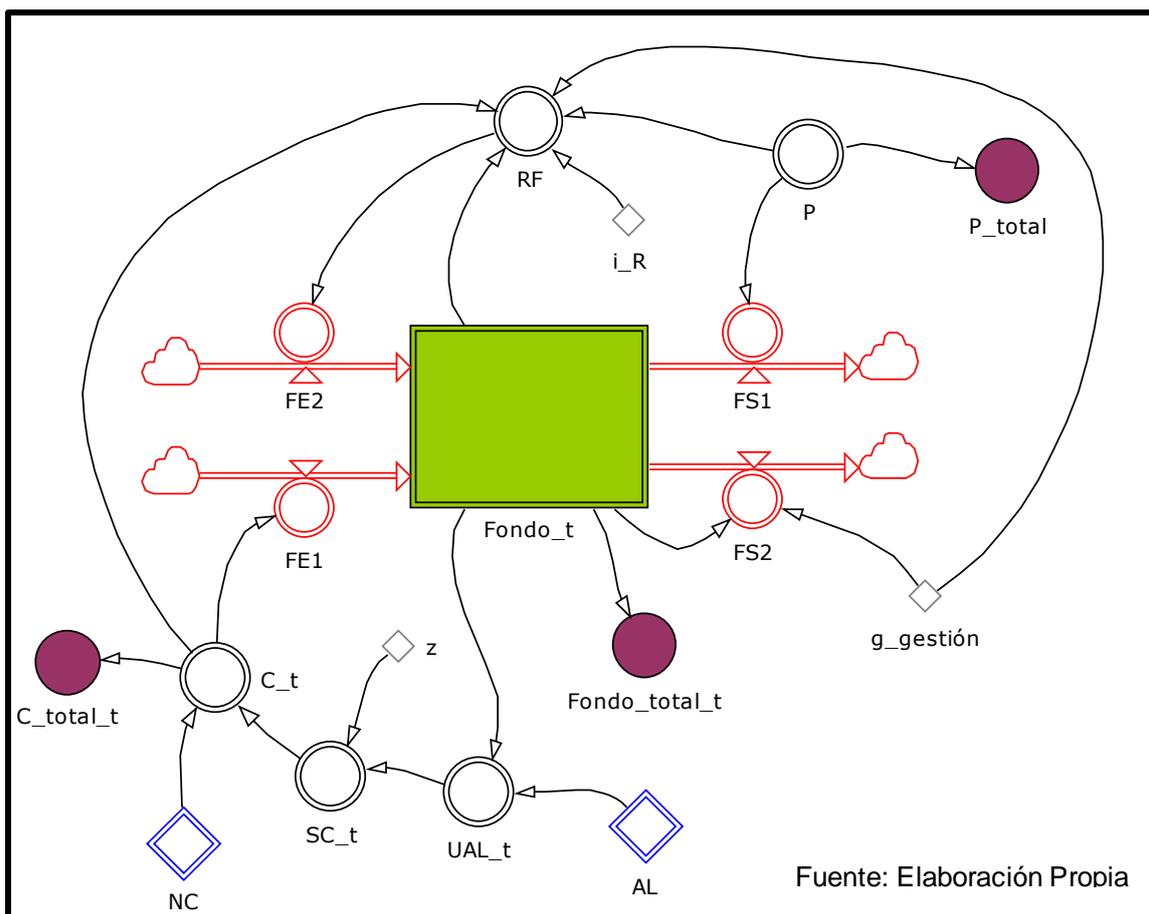
En el nuestro diagrama de Forrester, el valor de  $AL_1 = 13.000.000$  y  $AL_2 = 8.000.000$

- $FE2_t = RF_t = i_R * [Fondo_t + C_t - P - g_{gestión}]$ 
  - $RF_t$ : variable auxiliar que llega a la variable de flujo de entrada  $FE2_t$ . Conceptualmente, son los rendimientos que el fondo de pensión ha obtenido durante el periodo temporal de un año entre  $(t, t + 1)$  por las inversiones del mismo, y se recogen al final del periodo  $t$ . En el diagrama de Forrester, se define a través de un vector de dimensión  $1 \times 2$ .
  - $i_R$ : constante que define al tipo de interés real del modelo, y que llega a  $RF_t$  a través de un canal de información. Es la tasa de rendimiento efectivo que se va a utilizar para obtener los rendimientos por las inversiones del fondo durante el periodo  $(t, t + 1)$ .
- $FS1_t = g_{gestión} * Fondo_t$  : vector de dimensión  $1 \times 2$  que llega a la variable de flujo de salida 2 por un canal de información. Es la cantidad que se le va a imputar al fondo como consecuencia de la gestión del plan de pensión 1 y el plan de pensión 2 durante el periodo temporal de  $(t, t + 1)$ . También está conectada a la variable auxiliar  $RF_t$  puesto que también afecta a los rendimientos del fondo.
  - $g_{gestión}$  : porcentaje constante a lo largo del tiempo. Su valor para ambos planes será  $g_{gestión_1} = g_{gestión_2} = 0,5\%$ .
- $FS2_t = P$ : variable auxiliar representada a través de un vector de dimensión  $1 \times 2$ , que llega a la variable de flujo de salida  $FE2_t$  y a  $P_{total}$  por canales de información, y que será constante a lo largo del tiempo. Es la cuantía de las prestaciones a favor de los partícipes para cada plan en el momento de valoración  $t$ . En ese momento, la cantidad monetaria se extrae del fondo.  
Supongamos que el valor de  $P_1 = 475.000$  y el valor de  $P_2 = 325.000$ .

Obviamente, en nuestro modelo,  $P_2 < P_1$  porque los partícipes que se jubilan a los 65 años habrán acumulado una mayor cuantía que los que se jubilan a los 63.

- $P_{total}$  : variable auxiliar que representa el conjunto de las prestaciones totales del fondo de pensiones, es decir, la suma de las prestaciones correspondientes al plan de pensión 1 y las prestaciones correspondientes al plan de pensión 2.

**Figura 4.1: Diagrama de Forrester**



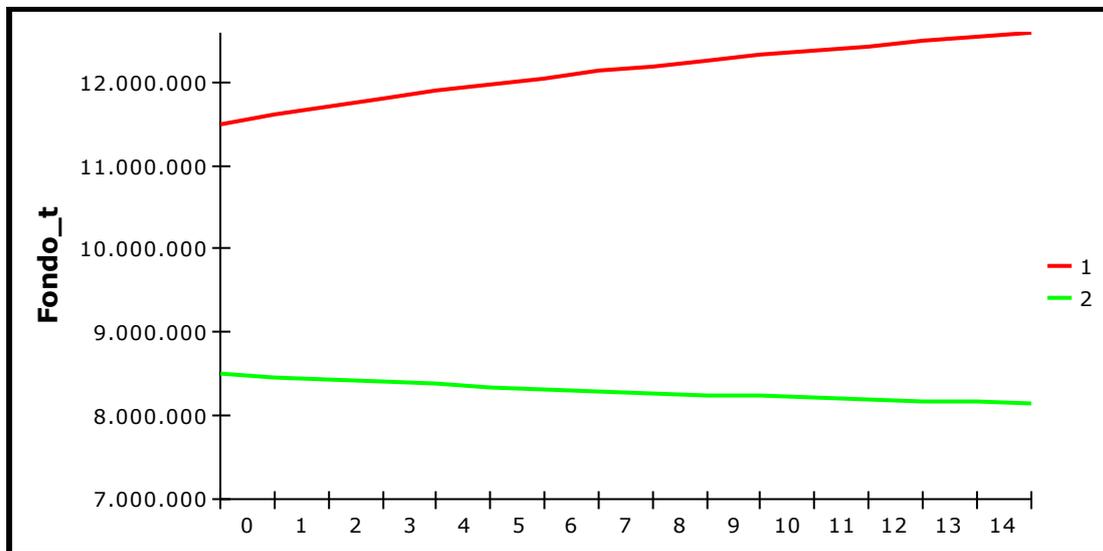
## 4.2. ANÁLISIS DEL MODELO

A continuación, vamos a estudiar la evolución de algunas variables de nuestro modelo, así como la evolución de las mismas.

En el gráfico 4.1, podemos observar dos escenarios totalmente diferentes. Para el plan 1, vemos que el fondo va creciendo a lo largo del

tiempo pero muy poco a poco; para el plan 2 ocurre justamente todo lo contrario. En este caso, el fondo correspondiente a este plan va decreciendo muy lentamente. Existen dos causas principales que marcan la evolución de ambos fondos. Si hablamos del  $Fondo_{1-t}$ , éste aumenta pero más lento de lo que decrece  $UAL_{1-t}$  por dos causas. Por un lado, tenemos que el fondo disminuye por los gastos de gestión; por otro lado, como el fondo crece globalmente,  $UAL_{1-t}$  va a disminuir implicando que el coste suplementario también lo haga, y de la misma manera disminuya el fondo en esa parte en el periodo. Sin embargo, esta disminución será menor que el crecimiento global que se genera por la suma de las contribuciones y los rendimientos del fondo. Para el  $Fondo_{2-t}$ , las causas de su decrecimiento son las contrarias que para el  $Fondo_{1-t}$ .

**Gráfico 4.1: Evolución del nivel de recursos del plan de pensión 1 y el plan de pensión 2**

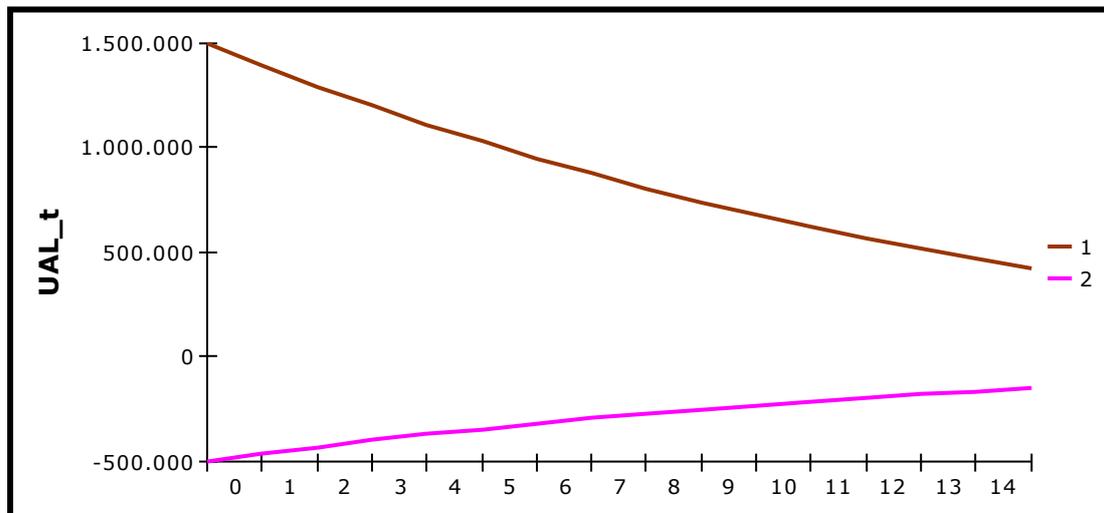


Fuente: Elaboración propia

Si hacemos referencia a la provisión matemática inconstituida, tenemos el gráfico 4.2. Se observa que en ambos planes de pensiones,  $UAL_t$  va a converger a lo largo del tiempo, pudiendo llegar a conseguir niveles de equilibrio, de modo que el nivel de recursos no materializados de ambos planes no sean inutilizados. El plan 1 comienza con déficit actuarial pues  $UAL_{1-t} > 0$ , pero como el  $Fondo_{1-t}$  cada vez será mayor,  $UAL_{1-t}$  irá descendiendo durante el periodo temporal. Para el plan 2, ocurre lo contrario que para el plan 1. Comienza con superávit actuarial de modo que  $UAL_{2-t} < 0$ , pero como

$Fondo_{2-t}$  va disminuyendo, ésto implica que  $UAL_{2-t}$  va a aumentar tendiendo a niveles cada vez más cercanos a 0.

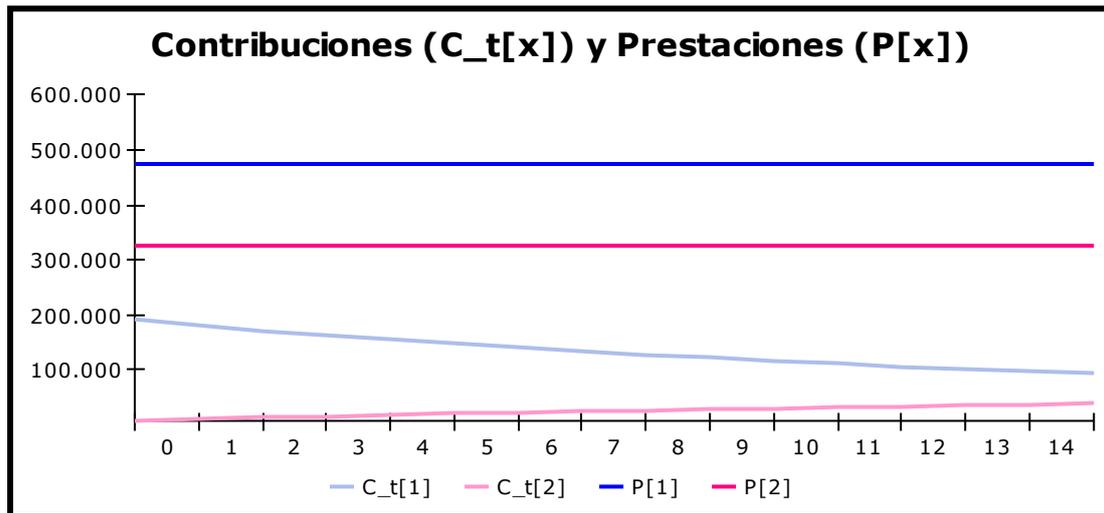
**Gráfico 4.2: Evolución de la provisión matemática inconstituida del plan de pensión 1 y el plan de pensión 2**



Fuente: Elaboración Propia

Por último, en el gráfico 4.3, podemos comparar las contribuciones y las prestaciones de cada plan de pensiones. Para ambos casos, en ningún momento los contribuyentes van a tener que pagar más de lo que van a recibir. Sin embargo, la tendencia de las contribuciones es distinta para cada uno de los planes. Para el plan 1, los contribuyentes cada vez tendrán que pagar menos y se debe a que  $UAL_{1-t}$  va descendiendo afectando también a las contribuciones del plan 1; para el plan 2, los contribuyentes realizarán pagos de mayor cuantía como consecuencia del aumento de  $UAL_{2-t}$ . Puesto que  $z$  va a ser constante a lo largo del tiempo,  $SC_t$  y, por tanto,  $C_t$  van a variar según lo haga  $UAL_t$ .

**Gráfico 4.3: Evolución de las contribuciones y prestaciones del plan de pensión 1 y el plan de pensión 2**



Fuente: Elaboración propia

## 5. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO

A continuación, vamos a plantear dos escenarios distintos a través de los cuales se harán alteraciones en alguna de las variables escogidas de forma que se puedan ver las variaciones que se producen en nuestro modelo. Los resultados obtenidos se expondrán en las siguientes gráficas y se observarán los cambios producidos respecto a las gráficas del capítulo cuatro.

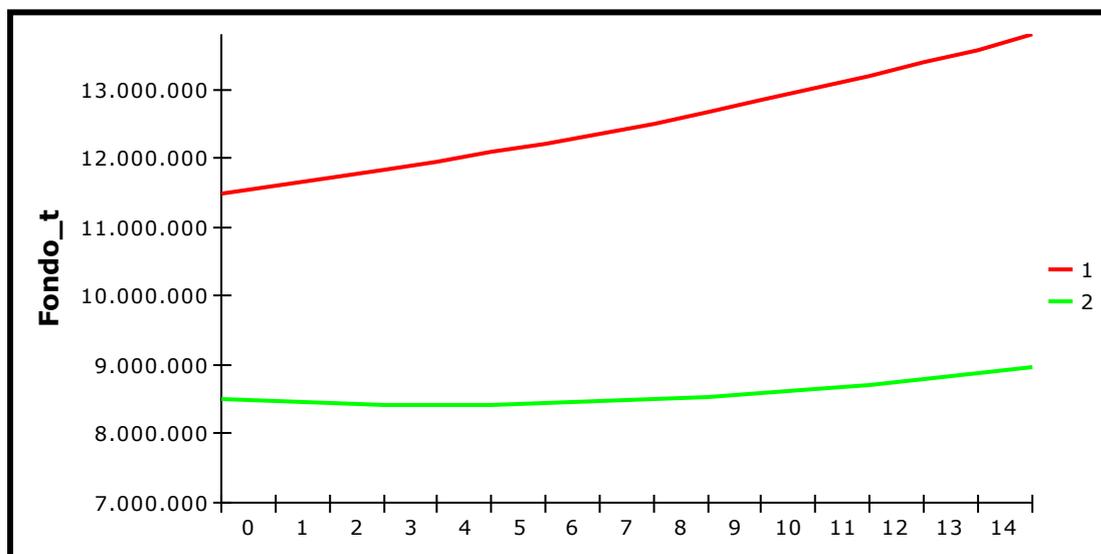
### 5.1. INCREMENTO EN EL TIPO DE INTERÉS REAL, $i_R$

La hipótesis que supondremos para el primer escenario será la siguiente: el gestor del fondo decide invertir en activos arriesgados de modo que la rentabilidad que obtiene año tras año es cada vez mayor. En este nuevo modelo, todas las variables iniciales se mantendrán igual, a excepción del  $i_R$ , que se incrementará cada dos años un 0,25% hasta terminar el periodo temporal.

El gráfico 5.1 muestra las variaciones de los fondos correspondientes a cada plan de pensiones. Para el plan 1, la diferencia que encontramos es que la curva de crecimiento ascendente del  $Fondo_{1,t}$  presenta una forma convexa, y a medida que avanza el periodo temporal, como también va aumentando el interés, el aumento del fondo será cada vez mayor superando los niveles iniciales del modelo. Para el plan 2, la forma de la curva tiene un poco de convexidad, pero a diferencia con el gráfico 4.1, la tendencia de la curva se

mantiene bastante estable en todo momento sin mostrar una variación significativa, y reflejando en un primer tramo un pequeño decremento hasta  $t = 7$  para, después, crecer muy lentamente hasta el final del periodo.

**Gráfico 5.1: Evolución del nivel de recursos del plan de pensión 1 y el plan de pensión 2 con variaciones en  $i_R$**

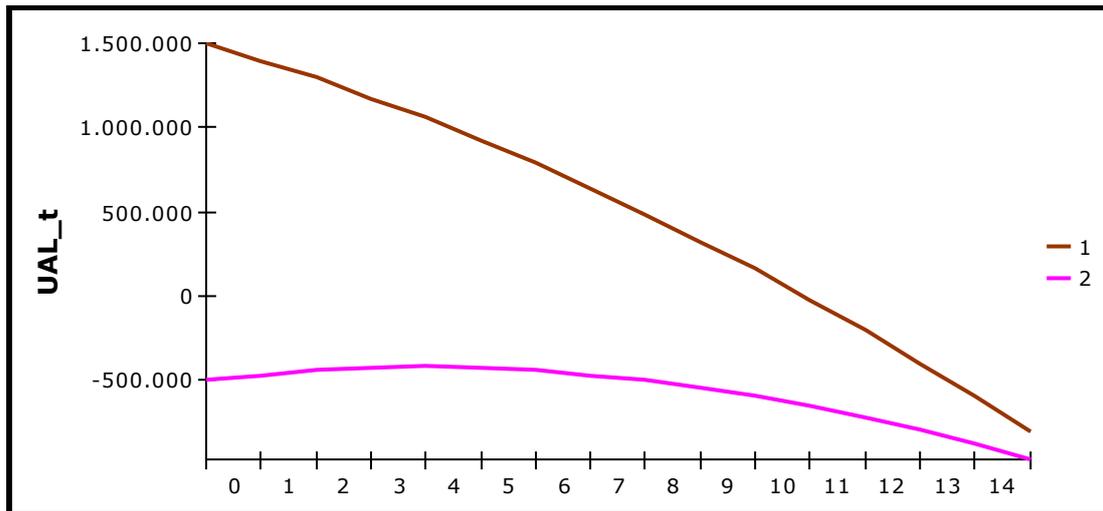


Fuente: Elaboración propia

Si comparamos el gráfico 5.2 con nuestro modelo de partida, en el plan 1,  $UAL_1$  presenta una curvatura cóncava y decrece mucho más rápido llegando, incluso, a niveles de superávit actuarial a partir de  $t = 11$  debido a que el  $Fondo_{1-t}$  crece más durante el periodo temporal escogido. En el plan 2,  $UAL_2$  presenta una curvatura, también, cóncava con niveles negativos muy por debajo de 0 durante todo el periodo. Hasta  $t = 4$  sigue una tendencia creciente pero, posteriormente, disminuye notoriamente hasta el final.

En definitiva, un incremento del interés real podría ser beneficioso en cierta medida porque, hasta  $t = 11$  y  $t = 6$ , aproximadamente, tenemos que la provisión matemática inconstituida del plan 1 y del plan 2, respectivamente, tienden hacia 0, el equilibrio, donde el nivel de recursos dotados está siendo bien utilizado. Sin embargo, a partir de ese periodo siguen una tendencia negativa muy lejana del equilibrio dando lugar a un excedente de recursos. Es necesario que el gestor del plan corrija esas desviaciones recalibrando las variables del modelo como, por ejemplo, ajustando el valor de  $z$ .

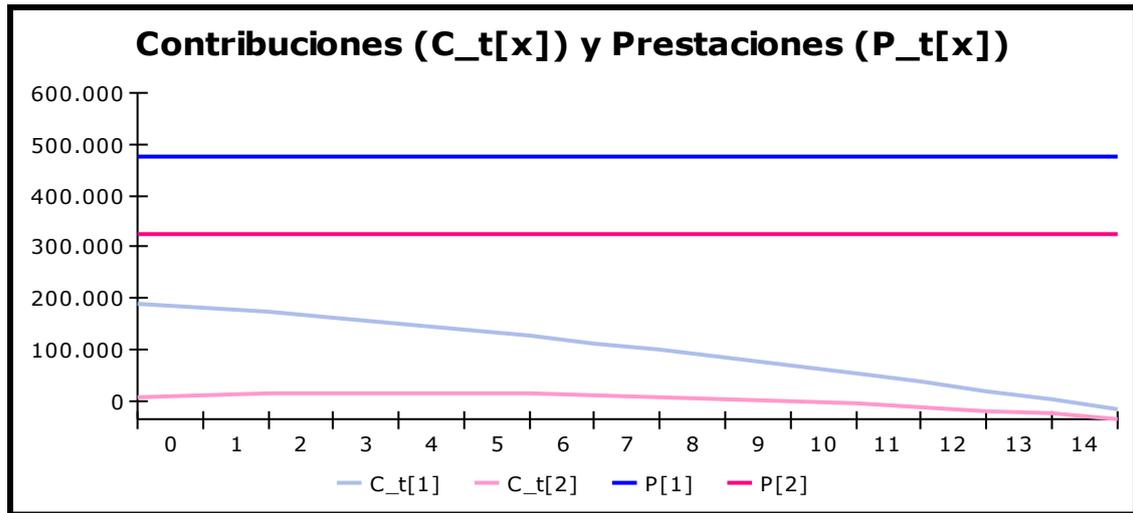
**Gráfico 5.2: Evolución de la provisión matemática inconstituida del plan de pensión 1 y el plan de pensión 2 con variaciones en  $i_R$**



Fuente: Elaboración Propia

En último lugar, se observa la gráfica 5.3 de las contribuciones y prestaciones. En el caso del plan 1, las diferencias no son significativas porque, en este escenario, apenas hay variación alguna en lo que respecta a las contribuciones. En cuanto al plan 2, hasta el periodo  $t = 4$ , las contribuciones van aumentando muy lentamente, sin embargo, a partir de ese periodo, comienzan a descender tomando, incluso, hasta valores negativos. Llevado a la realidad, esta situación no podría darse, pues no puede existir una aportación negativa del partícipe. De nuevo aquí, sería conveniente que el gestor del plan corrigiera esa tendencia en el momento en el que éste la detectara, a través de una recalibración de las variables que puedan influir en ese resultado.

**Gráfico 5.3: Evolución de las contribuciones y prestaciones del plan de pensión 1 y el plan de pensión 2 con variaciones en  $i_R$**

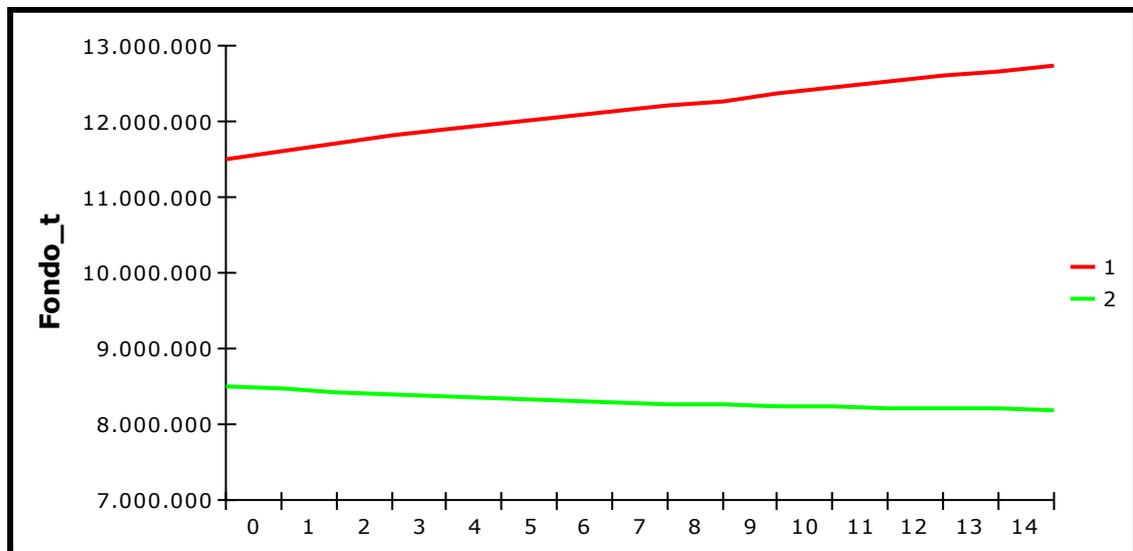


Fuente: Elaboración Propia

## 5.2. INCREMENTO EN LAS CONTRIBUCIONES, $C_t$

En este escenario supondremos que el colectivo de partícipes de cada plan de pensiones forma parte de un plan del Sistema de Empleo. Debido a las circunstancias favorables que se han originado en la empresa, ésta decide contribuir a sus planes de pensiones aumentando las contribuciones en un 25%, pero únicamente a partir de  $t = 8$ .

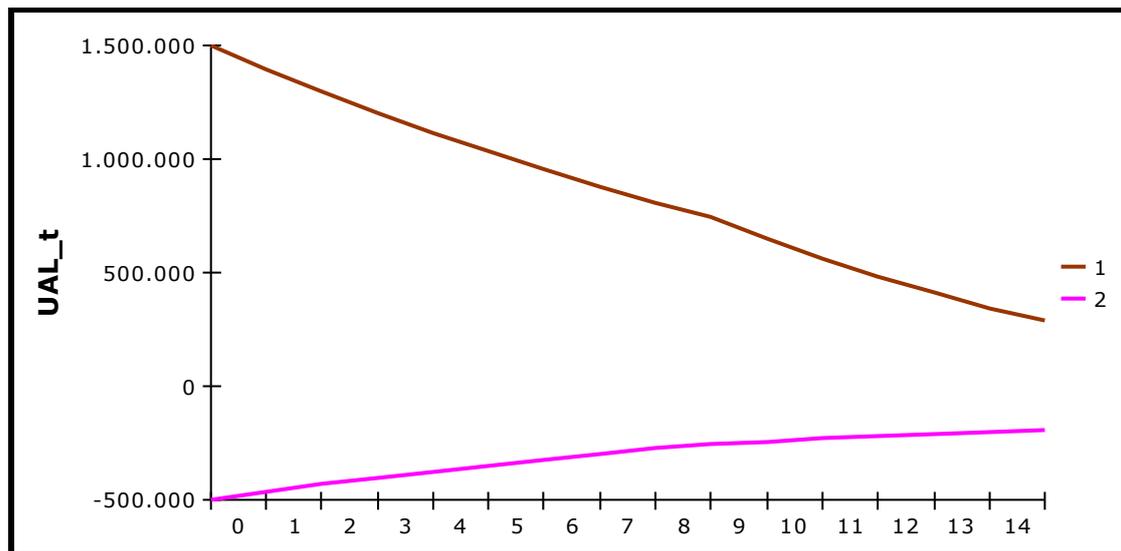
**Gráfico 5.4: Evolución del nivel de recursos del plan de pensión 1 y el plan de pensión 2 con variación en  $C_t$**



Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a la gráfica 5.4 y 5.5, no se encuentran diferencias significativas respecto a nuestro modelo inicial. Los valores obtenidos son muy parecidos en ambos casos y la tendencia que siguen las curvas es similar. Por tanto, podemos decir que un aumento en las contribuciones, tal como está planteado el modelo tiene un efecto muy poco pronunciado en el fondo de pensión y en la provisión matemática inconstituida.

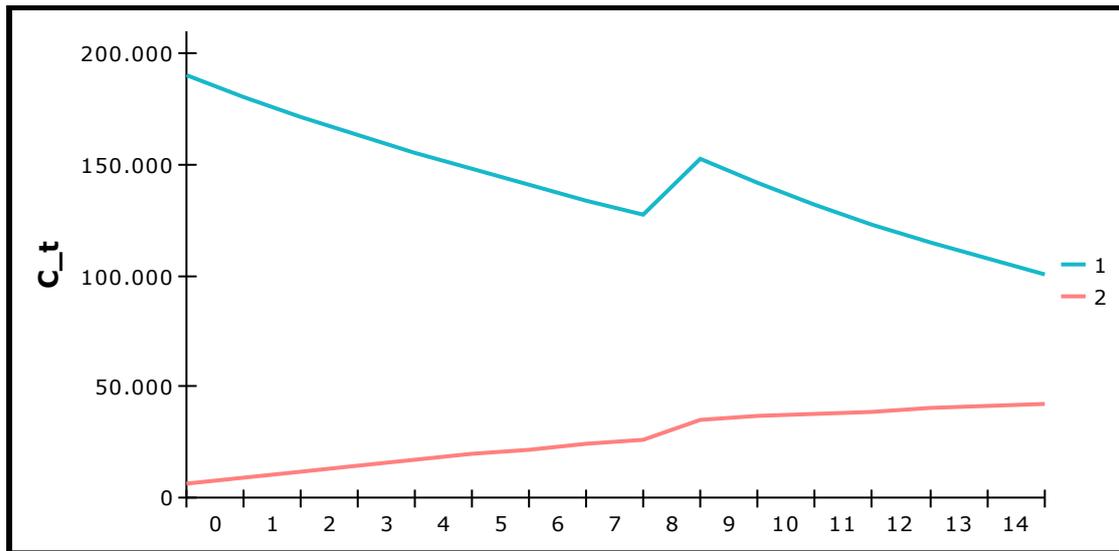
**Gráfico 5.5: Evolución de la provisión matemática inconstituida del plan de pensión 1 y el plan de pensión 2 con variación en  $C_t$**



Fuente: Elaboración propia

Al comparar la gráfica 5.6 con el modelo original, podemos diferenciar tres tramos en relación al periodo temporal. En el primer tramo, cuando  $t \in [0,8]$ , la tendencia de las curvas es la misma, pues la variación en las contribuciones todavía no se ha originado. En el segundo tramo, cuando  $t \in (8,9]$ , se produce el aumento de las contribuciones en un 25% donde, en este gráfico, se puede ver reflejado en ambos planes de pensiones, y en mayor medida en el plan de pensión 1, siendo mayor su crecimiento que en el plan de pensión 2. En el tercer tramo, cuando  $t \in (9,15]$ , las contribuciones del plan de pensión 1 vuelven a decrecer, mientras que las contribuciones del plan de pensión 2 vuelven a crecer. Las curvas de este tramo siguen la misma tendencia que las curvas del primer tramo.

**Gráfico 5.6: Evolución de las contribuciones del plan de pensión 1 y el plan de pensión 2 con variación en  $C_t$**



Fuente: Elaboración Propia

## 6. CONCLUSIONES

El auge de los planes y fondos de pensiones se debe principalmente a las dificultades que han surgido en los últimos años por causa del envejecimiento de la población, así como de los problemas que esto ha originado en lo que respecta a la Seguridad Social debido al gran número de personas que cotizan y, por tanto, tienen derecho a una prestación.

Una vez realizado el estudio del modelo que hemos construido, si no hay existencia de alteración en alguna de las variables, diremos que el plan de pensión 1 podría ser más factible que el plan de pensión 2 debido a varias causas. En primer lugar, el fondo tiene una tendencia creciente; en segundo lugar, cada año que pasa, la provisión matemática inconstituida decrece de modo que el excedente de recursos no invertidos está disminuyendo; en tercer lugar y debido a lo anterior, las aportaciones que realizan los partícipes del fondo cada vez son de menor cuantía.

En cuanto al plan de pensión 2, la única ventaja que tiene es que su provisión matemática crece de modo que ésta muy cerca del equilibrio. Sin embargo, a lo largo del periodo temporal escogido, el fondo decrece y los contribuyentes tendrán que realizar mayores aportaciones por el mismo dinero que van a recibir.

Cuando hemos realizado el análisis de sensibilidad, hemos creado dos escenarios con hipótesis diferentes. En el primero de ellos, hemos alterado el modelo realizando incrementos en el tipo de interés real o efectivo. El resultado es bastante beneficioso para ambos planes de pensiones, sobre todo en el medio plazo, pues ambos fondos crecen, la provisión matemática no constituida tiende hacia el equilibrio siendo más notoria en el plan de pensión 2, y las aportaciones de los partícipes de ambos planes serán cada vez menores.

En el segundo escenario, la alteración del modelo original se debe a un incremento en las contribuciones de ambos planes por parte del promotor del plan a partir de  $t = 8$ . Esta variación de las mismas no es muy significativa en cuanto al crecimiento de los fondos o de las provisiones matemáticas inconstituidas. En lo que se refiere a las contribuciones de ambos planes, después de aumentar en el momento en el que ocurre la variación, siguen la misma tendencia que tenían antes del aumento pero con valores más altos. En definitiva, el plan de pensión 1 sería más beneficioso puesto que este escenario es muy similar al modelo original.

## **7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (20 de Marzo de 1961). *Decreto 446/1961, de 16 de marzo, por el que se crean las Fundaciones Laborales*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2020, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1961-5490>

Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (30 de Diciembre de 1963). *Ley 193/1963, de 28 de diciembre, sobre Bases de la Seguridad Social*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2020, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1963-22667>

Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (22 de Junio de 1972). *Ley 24/1972, de 21 de junio, de financiación y perfeccionamiento de la acción protectora del Régimen General de la Seguridad Social*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2020, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1972-907>

Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (20 de Julio de 1974). *Decreto 2065/1974, de 30 de mayo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley*

*General de la Seguridad Social*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2020, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1974-1165>

Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (9 de Junio de 1987). *Ley 8/1987, de 8 de junio, de Regulación de los Planes y Fondos de Pensiones*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2020, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1987-13491>

Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (9 de Noviembre de 1995). *Ley 30/1995, de 8 de noviembre, de Ordenación y Supervisión de los Seguros Privados*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2020, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1995-24262>

Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (16 de Julio de 1997). *Ley 24/1997, de 15 de julio, de Consolidación y Racionalización del Sistema de Seguridad Social*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2020, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1997-15810>

Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (13 de Diciembre de 2002). *Real Decreto Legislativo 1/2002, de 29 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Regulación de los Planes y Fondos de Pensiones*. Recuperado el 5 de Agosto de 2020, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2002-24252>

Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (25 de Febrero de 2004). *Real Decreto 304/2004, de 20 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de planes y fondos de pensiones*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2020, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2004-3453>

Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (21 de Febrero de 2008). *Orden EHA/407/2008, de 7 de febrero, por la que se desarrolla la normativa de planes y fondos de pensiones en materia financiero-actuarial, del régimen de inversiones y de procedimientos registrales*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2020, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2008-3170>

Aracil, J. (1992). *Introducción a la Dinámica de Sistemas*. Madrid: Editorial Alianza.

- Aracil, J., & Gordillo, F. (1997). *Dinámica de sistemas*. Alianza Editorial.
- Asociación Internacional de la Seguridad Social. (s.f.). *La seguridad social: Un derecho humano fundamental*. Recuperado el 5 de Agosto de 2020, de ¿Qué es la seguridad social?: <https://ww1.issa.int/es/node/165137>
- Dormido Canto, S., de Mata Donado Campos, J., & Morilla García, F. (2005). *Fundamentos de la dinámica de sistemas y Modelos de dinámica de sistemas en epidemiología*. Madrid.
- Elu Terán, A. (2006). Las primeras pensiones públicas de vejez en España. Un estudio del Retiro Obrero, 1909-1936. *Revista de Historia Industrial*(32), 33-68.
- Forrester, J. W. (1961). *Industrial Dynamics*. Cambridge.
- Forrester, J. W. (1969). *Urban Dynamics*. Cambridge.
- Forrester, J. W. (1970). *World Dynamics*. Cambridge.
- García González, A. (2010). *Análisis Dinámico de los Planes de Pensiones de Empleo desde diferente enfoques. Su integración con el Sistema de la Seguridad Social*. Tesis doctoral, Universidad de Valladolid, Economía Aplicada, Valladolid.
- González-Busto Múgica, B. (1998). *La dinámica de sistemas como metodología para la elaboración de modelos de simulación*. Universidad de Oviedo.
- Keyfitz, N. (s.f.). Las razones de los problemas de la Seguridad Social. *Hacienda Pública*.
- Mañas Sánchez, C. B. (2014). *Evolución del Sistema de Pensiones en España. Comparativa con Europa*. Trabajo Fin de Grado.
- Morlán Santa Catalina, I. (2010). *Modelo de Dinámica de Sistemas para la implantación de Tecnologías de la Información en la Gestión Estratégica Universitaria*. Tesis doctoral, San Sebastián.
- Pieschacón, C. (2007). *La Ley de Planes y Fondos de Pensiones; 20 años después*. Madrid.

Ruiz Candela, R. (2017). *El reto de la sostenibilidad del sistema de pensiones español*. Trabajo Fin de Grado, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena.

Secretaría de Estado de la Seguridad Social. (6 de Abril de 2020). 25 años del Pacto de Toledo. *Seguridad Social*.

## 8. ANEXOS

**Tabla 8.1: Evolución de algunas variables del modelo**

year	Fondo_t	UAL_t	SC_t	C_t	RF
0	{11.500.000,00; 8.500.000,00}	{1.500.000,00; -500.000,00}	{135.000,00; -45.000,00}	{190.000,00; 6.000,00}	{448.600,00; 327.240,00}
1	{11.606.100,00; 8.465.740,00}	{1.393.900,00; -465.740,00}	{125.451,00; -41.916,60}	{180.451,00; 9.083,40}	{452.462,04; 325.992,94}
2	{11.705.982,54; 8.433.487,64}	{1.294.017,46; -433.487,64}	{116.461,57; -39.013,89}	{171.461,57; 11.986,11}	{456.097,76; 324.818,95}
3	{11.800.011,96; 8.403.125,26}	{1.199.988,04; -403.125,26}	{107.998,92; -36.281,27}	{162.998,92; 14.718,73}	{459.520,44; 323.713,76}
4	{11.888.531,26; 8.374.542,12}	{1.111.468,74; -374.542,12}	{100.032,19; -33.708,79}	{155.032,19; 17.291,21}	{462.742,54; 322.673,33}
5	{11.971.863,33; 8.347.633,95}	{1.028.136,67; -347.633,95}	{92.532,30; -31.287,06}	{147.532,30; 19.712,94}	{465.775,82; 321.693,88}
6	{12.050.312,14; 8.322.302,60}	{949.687,86; -322.302,60}	{85.471,91; -29.007,23}	{140.471,91; 21.992,77}	{468.631,36; 320.771,81}
7	{12.124.163,85; 8.298.455,67}	{875.836,15; -298.455,67}	{78.825,25; -26.861,01}	{133.825,25; 24.138,99}	{471.319,56; 319.903,79}
8	{12.193.687,84; 8.276.006,17}	{806.312,16; -276.006,17}	{72.568,09; -24.840,55}	{127.568,09; 26.159,45}	{473.850,24; 319.086,62}
9	{12.259.137,74; 8.254.872,20}	{740.862,26; -254.872,20}	{66.677,60; -22.938,50}	{121.677,60; 28.061,50}	{476.232,61; 318.317,35}
10	{12.320.752,27; 8.234.976,69}	{679.247,73; -234.976,69}	{61.132,30; -21.147,90}	{116.132,30; 29.852,10}	{478.475,38; 317.593,15}
11	{12.378.756,18; 8.216.247,06}	{621.243,82; -216.247,06}	{55.911,94; -19.462,24}	{110.911,94; 31.537,76}	{480.586,72; 316.911,39}
12	{12.433.361,07; 8.198.614,98}	{566.638,93; -198.614,98}	{50.997,50; -17.875,35}	{105.997,50; 33.124,65}	{482.574,34; 316.269,59}
13	{12.484.766,11; 8.182.016,14}	{515.233,89; -182.016,14}	{46.371,05; -16.381,45}	{101.371,05; 34.618,55}	{484.445,49; 315.665,39}
14	{12.533.158,82; 8.166.390,00}	{466.841,18; -166.390,00}	{42.015,71; -14.975,10}	{97.015,71; 36.024,90}	{486.206,98; 315.096,60}
15	{12.578.715,71; 8.151.679,54}	{421.284,29; -151.679,54}	{37.915,59; -13.651,16}	{92.915,59; 37.348,84}	{487.865,25; 314.561,14}

**Tabla 8.2: Evolución de algunas variables del modelo con variaciones en  $i_R$  a lo largo del periodo temporal**

year	$i_R$	Fondo_t	UAL_t	SC_t	C_t	RF
0	0,0400	{11.500.000,00; 8.500.000,00}	{1.500.000,00; -500.000,00}	{135.000,00; -45.000,00}	{190.000,00; 6.000,00}	{448.600,00; 327.240,00}
1	0,0400	{11.606.100,00; 8.465.740,00}	{1.393.900,00; -465.740,00}	{125.451,00; -41.916,60}	{180.451,00; 9.083,40}	{452.462,04; 325.992,94}
2	0,0425	{11.705.982,54; 8.433.487,64}	{1.294.017,46; -433.487,64}	{116.461,57; -39.013,89}	{171.461,57; 11.986,11}	{456.097,76; 324.818,95}
3	0,0425	{11.828.518,07; 8.423.426,44}	{1.171.481,93; -423.426,44}	{105.433,37; -38.108,38}	{160.433,37; 12.891,62}	{459.520,44; 323.713,76}
4	0,0450	{11.944.151,79; 8.413.931,95}	{1.055.848,21; -413.931,95}	{95.026,34; -37.253,88}	{150.026,34; 13.746,12}	{462.742,54; 322.673,33}
5	0,0450	{12.082.320,39; 8.425.228,93}	{917.679,61; -425.228,93}	{82.591,17; -38.270,60}	{137.591,17; 12.729,40}	{465.775,82; 321.693,88}
6	0,0475	{12.213.020,97; 8.435.915,30}	{786.979,03; -435.915,30}	{70.828,11; -39.232,38}	{125.828,11; 11.767,62}	{468.631,36; 320.771,81}
7	0,0475	{12.366.316,81; 8.466.330,79}	{633.683,19; -466.330,79}	{57.031,49; -41.969,77}	{112.031,49; 9.030,23}	{471.319,56; 319.903,79}
8	0,0500	{12.511.675,76; 8.495.171,51}	{488.324,24; -495.171,51}	{43.949,18; -44.565,44}	{98.949,18; 6.434,56}	{473.850,24; 319.086,62}
9	0,0500	{12.679.847,81; 8.542.960,52}	{320.152,19; -542.960,52}	{28.813,70; -48.866,45}	{83.813,70; 2.133,55}	{476.232,61; 318.317,35}
10	0,0525	{12.839.695,34; 8.588.383,98}	{160.304,66; -588.383,98}	{14.427,42; -52.954,56}	{69.427,42; -1.954,56}	{478.475,38; 317.593,15}
11	0,0525	{13.022.715,73; 8.652.212,54}	{-22.715,73; -652.212,54}	{-2.044,42; -58.699,13}	{52.955,58; -7.699,13}	{480.586,72; 316.911,39}
12	0,0550	{13.197.092,98; 8.713.026,80}	{-197.092,98; -713.026,80}	{-17.738,37; -64.172,41}	{37.261,63; -13.172,41}	{482.574,34; 316.269,59}
13	0,0550	{13.395.133,65; 8.791.906,25}	{-395.133,65; -791.906,25}	{-35.562,03; -71.271,56}	{19.437,97; -20.271,56}	{484.445,49; 315.665,39}
14	0,0575	{13.584.272,39; 8.867.240,06}	{-584.272,39; -867.240,06}	{-52.584,52; -78.051,61}	{2.415,48; -27.051,61}	{486.206,98; 315.096,60}
15	0,0575	{13.797.688,56; 8.960.475,59}	{-797.688,56; -960.475,59}	{-71.791,97; -86.442,80}	{-16.791,97; -35.442,80}	{487.865,25; 314.561,14}

**Tabla 8.3: Evolución de algunas variables del modelo cuando  $C_t$  se incrementa un 25% a partir de  $t = 8$**

year	$C_t$	Fondo_t	UAL_t	SC_t	RF
1	{180.451,00; 9.083,40}	{11.606.100,00;8.465.740,00}	{1.393.900,00;-465.740,00}	{125.451,00;-41.916,60}	{452.462,04; 325.992,94}
2	{171.461,57; 11.986,11}	{11.705.982,54;8.433.487,64}	{1.294.017,46;-433.487,64}	{116.461,57;-39.013,89}	{456.097,76; 324.818,95}
3	{162.998,92; 14.718,73}	{11.800.011,96;8.403.125,26}	{1.199.988,04;-403.125,26}	{107.998,92;-36.281,27}	{459.520,44; 323.713,76}
4	{155.032,19; 17.291,21}	{11.888.531,26;8.374.542,12}	{1.111.468,74;-374.542,12}	{100.032,19;-33.708,79}	{462.742,54; 322.673,33}
5	{147.532,30; 19.712,94}	{11.971.863,33;8.347.633,95}	{1.028.136,67;-347.633,95}	{92.532,30; -31.287,06}	{465.775,82; 321.693,88}
6	{140.471,91; 21.992,77}	{12.050.312,14;8.322.302,60}	{949.687,86; -322.302,60}	{85.471,91; -29.007,23}	{468.631,36; 320.771,81}
7	{133.825,25; 24.138,99}	{12.124.163,85;8.298.455,67}	{875.836,15; -298.455,67}	{78.825,25; -26.861,01}	{471.319,56; 319.903,79}
8	{127.568,09; 26.159,45}	{12.193.687,84;8.276.006,17}	{806.312,16; -276.006,17}	{72.568,09; -24.840,55}	{473.850,24; 319.086,62}
9	{152.097,00; 35.076,88}	{12.259.137,74;8.254.872,20}	{740.862,26; -254.872,20}	{66.677,60; -22.938,50}	{477.449,39; 318.597,96}
10	{141.606,30; 36.494,32}	{12.352.388,44;8.242.272,68}	{647.611,56; -242.272,68}	{58.285,04; -21.804,54}	{480.759,79; 318.150,68}
11	{131.975,83; 37.795,54}	{12.437.992,59;8.230.706,32}	{562.007,41; -230.706,32}	{50.580,67; -20.763,57}	{483.798,74; 317.740,07}
12	{123.135,07; 38.990,05}	{12.516.577,20;8.220.088,40}	{483.422,80; -220.088,40}	{43.508,05; -19.807,96}	{486.588,49; 317.363,14}
13	{115.019,24; 40.086,62}	{12.588.717,87;8.210.341,16}	{411.282,13; -210.341,16}	{37.015,39; -18.930,70}	{489.149,48; 317.017,11}
14	{107.568,91; 41.093,27}	{12.654.943,00;8.201.393,18}	{345.057,00; -201.393,18}	{31.055,13; -18.125,39}	{491.500,48; 316.699,46}
15	{100.729,51; 42.017,37}	{12.715.737,68;8.193.178,94}	{284.262,32; -193.178,94}	{25.583,61; -17.386,10}	{493.658,69; 316.407,85}