

# **Modelo socio-demográfico para el estudio de la sostenibilidad demográfica desde factores de calidad de vida**

MARÍA TERESA SANZ GARCÍA

EDITORIAL  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Universidad Politécnica de Valencia  
Departamento Matemática Aplicada  
Programa de Doctorado de Matemáticas

## TESIS DOCTORAL

**Modelo Socio-Demográfico Dinámico para el  
Estudio de la Sostenibilidad demográfica desde  
factores de Calidad de Vida.**

**Presentada por:**

María Teresa Sanz García

**Dirigida por:**

Juan Carlos Micó Ruiz  
Antonio Caselles Moncho

Valencia, Mayo del 2012.



UNIVERSITAT  
POLITÀCNICA  
DE VALÈNCIA



*Esta editorial es miembro de la UNE, lo que garantiza la difusión y comercialización de sus publicaciones a nivel nacional e internacional.*

© María Teresa Sanz García

Primera edición, 2013

© de la presente edición:

Editorial Universitat Politècnica de València  
[www.editorial.upv.es](http://www.editorial.upv.es)

ISBN: 978-84-9048-088-5 (versión impresa)

Queda prohibida la reproducción, distribución, comercialización, transformación, y en general, cualquier otra forma de explotación, por cualquier procedimiento, de todo o parte de los contenidos de esta obra sin autorización expresa y por escrito de sus autores.

A mis abuelas

María y Teresa

Porque sé, que dónde quiera que estéis,  
me ayudáis y me apoyáis, en el difícil camino de la vida.



## **Agradecimientos**

Este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo incondicional de todas y cada una de las personas que tengo a mi alrededor. Por ello quiero dar las gracias:

A mis amigos, a tod@s, pero especialmente a Patri, porque sé que en todo momento podré contar contigo.

A mis compañeros de la Universidad CEU Cardenal Herrera, por haber hecho más fácil esta última etapa. En especial a tres personas, a David, por ser mi mano y apoyo, a Javi, por haberme ayudado tanto en momentos en los que no veía la luz, y a Antonio, por confiar tanto en mí.

A mis padrinos, Enrique, Carmen y Carme, porque siempre habéis estado.

A mis hermanos, a Antonio, por estar ahí y compartir conmigo nuestro deporte favorito, que hace que entrenamiento tras entrenamiento y competición tras competición, consiga coger energías para afrontar tareas tan duras como ésta. Y a Vicente, por dar todo en cada momento, por ser mi parte informática y tecnológica, y porque sin ti, no hubiera podido hacer este sueño realidad. A los dos gracias por ser como sois.

A mis padres, por haber hecho de mí la persona que soy. Porque sin ellos NADA hubiera sido posible, mi vida, no hubiera sido posible. Os quiero.

Y por último, al equipo de investigación, a David, por estar ahí, aunque en la sombra. Y a las dos personas más importantes que han ido dando forma a este sueño, mis tutores, Antonio y Joan Carles, como yo les llamo, mi padre y mi hermano de la universidad. A vosotros, por estar en todo momento, por ser mi apoyo incondicional, no sólo en la parte académica y científica, sino en lo personal, por saber comprenderme, por vuestras palabras de aliento en los momentos bajos, ... por todo, pero sobre todo, por ser ÚNICOS.

A tod@s ... mil gracias.





**Resumen**

---



En este trabajo se presenta un modelo socio-demográfico dinámico genérico, dónde se introducen los Índices de Calidad de Vida definidos por la ONU en sus Informes sobre el Desarrollo Humano (*UNDP*, 1990-2011).

Estos índices son: el Índice de Desarrollo Humano (IDH), el Índice de Potenciación de Género (IPG), el Índice de Diferenciación de Género (IDG) y el Índice de Pobreza Humana para los países de la OCDE (IPH-2). En el modelo estos índices se introducen cómo variables principales entre las que permiten su cálculo e interrelacionados con variables demográficas.

Siguiendo un método constructivo, el trabajo para obtener el modelo matemático deseado se ha dividido en tres fases:

En la Fase 1 se ha obtenido un “Modelo Temporal” distinto para cada uno de los Índices de Calidad de Vida. En la Fase 2 se ha creado, a partir de los modelos generados en la Fase 1, un Modelo Temporal en el que se considera la interacción de todos los Índices Calidad de Vida. Y por último, en la Fase 3, se ha formulado el “Modelo Estructurado por Edades”.

En la Fase 2 se distinguen dos caminos que conducen a dos modelos claramente diferenciados. Por un lado, un Modelo Temporal II, el cual involucra tres de los Índices Calidad de Vida y por otro lado, un Modelo Temporal III que es una ampliación del anterior, al cual se le añade el Índice de Pobreza Humana para los países pertenecientes a la OCDE. Estos caminos siguen bifurcados en la Fase 3. Esta diferenciación de modelos se realiza, principalmente, porque se pretende obtener un modelo demográfico genérico, es decir, un modelo aplicable a cualquier país del mundo. En los Informes de la ONU (*UNDP*, 1990-2009) existe un índice, el Índice de Pobreza Humana, que difiere en cálculo y forma, según se estudie un país u otro. Se usa el Índice de Pobreza Humana IPH-2, en el caso de los países pertenecientes a la OCDE y el Índice de Pobreza Humana IPH-1, para el caso en el que el país estudiado no pertenezca a la OCDE.

Así pues, en los modelos presentados en las distintas fases de este trabajo, se debía plasmar esa distinción. El Modelo Temporal II y el Modelo Estructurado por Edades II son aplicables a cualquier país (por no llevar en su formulación el Índice de Pobreza Humana). Por el contrario, el Modelo Temporal III y el Modelo Estructurado por Edades III, tan sólo son aplicables a países pertenecientes a la

OCDE pues en ellos se introduce el IPH-2.

Se debe destacar que en este trabajo no se plantea ningún modelo en el que esté involucrado el Índice de Pobreza Humana para países no pertenecientes a la OCDE (IPH-1) debido a la escasez de datos históricos demográficos referidos a estos países.

Una vez planteados, los modelos han sido validados teniendo en cuenta dos formulaciones: la formulación determinista y la formulación estocástica. Para ello se ha seguido la metodología propuesta por Caselles (1992a, 1994, 2008). Ambas validaciones, para todos y cada uno de los modelos, han resultado exitosas ya que se ha conseguido obtener, para el caso de la validación de la formulación determinista un coeficiente de determinación elevado y unos residuos aleatorios. Para el caso de la formulación estocástica, los datos históricos se encuentran gráficamente comprendidos dentro de los intervalos de confianza simulados para ellos.

Por último la formulación estocástica ha sido utilizada, en el contexto de los Modelos Estructurados por Edades II y III, para realizar la simulación del futuro, ya que esta formulación es la que proporciona mayor información, dando idea de la fiabilidad de los resultados. Esta simulación del futuro se ha realizado utilizando dos objetivos a optimizar. Uno de ellos la obtención de una sociedad estable demográficamente y el otro aumentar la calidad de vida de un país.

Finalmente, se han presentado los Índices Calidad de Vida que actualizó la ONU en el Informe sobre Desarrollo Humano (*UNDP*, 2010). A saber, el Índice de Desarrollo Humano, el Índice de Desarrollo Humano Híbrido, el Índice de Diferenciación de Género y el Índice de Pobreza Multidimensional. Estos índices, a pesar de que algunos de ellos tengan el mismo nombre que los presentados en informes anteriores (*UNDP*, 1990-2009), difieren en cálculos y significado con los antiguos. Aún así, en este trabajo se muestra que pueden ser intercambiados en los Modelos Temporales que nosotros hemos definido. En el caso del Índice de Pobreza Multidimensional, nuevamente por la escasez de una serie temporal de datos históricos sobre éste índice, se hace imposible validarlo en el modelo correspondiente aquí planteado.





En aquest treball es presenta un model soci - demogràfic dinàmic genèric, on s'introdueixen els Índexs de Qualitat de Vida definits per l'ONU en els seus informes sobre el Desenvolupament Humà (UNDP, 1990-2011).

Aquestos índexs són: l'Índex de Desenvolupament Humà (IDH), l'Índex de Potenciació de Gènere (IPG), l'Índex de Diferenciació de Gènere (IDG) i l'Índex de Pobresa Humana pels països de la OCDE (IPH-2). En el model aquestos índexs s'introdueixen com variables principals entre les que permeten el seu càlcul i interrelacionades amb variables demogràfiques.

Seguint un mètode constructiu, el treball per obtindre el model matemàtic desitjat s'ha dividit en tres fases:

En la Fase 1 s'ha obtés un "Model Temporal" distint per a cadascun dels Índexs de Qualitat de Vida. En la Fase 2 se ha creat, a partir dels models generats en la Fase 1, un Model Temporal en el que es considera la interacció de tots els Índexs de Qualitat de Vida. Y per últim, en la Fase 3, s'ha formulat el "Model Estructurat per Edats".

En la Fase 2 es distingeixen dos camins que ens porten a dos models clarament diferenciats. Per una banda, un Model Temporal II, el qual involucra tres dels Índexs Qualitat de Vida, i per altra, un Model Temporal III que és una ampliació de l'anterior, al qual se li afegeix l'Índex de Pobresa Humana per països que pertanyen a l'OCDE. Aquestos camins continuen bifurcats en la Fase 3. Aquesta diferenciació de models es realitza, principalment, per que es pretén obtindre un model demogràfic genèric, es a dir, un model aplicable a qualsevol país del món. Als Informes de l'ONU (UNDP, 1990-2009) existeix un índex, l'Índex de Pobresa Humana, que difereix en càlcul y forma, segons siga per un país o altre. S'empra l'Índex de Pobresa Humana, IPH-2, en el cas de que el país siga de l'OCDE i l'Índex de Pobresa Humana, IPH-1, per al cas en el que el país d'estudi no siga de l'OCDE.

Així, en els models presentats en les distintes fases d'aquest treball, calia plasmar eixa distinció. El Model Temporal II i el Models Estructurat per Edats II són aplicables a qualsevol país (per no dur en la seua formulació l'Índex de Pobresa Humana). Pel contrari, el Model Temporal III i el Models Estructurat per Edats III, sols són aplicables a països pertanyents a l'OCDE, ja que en aquestos s'ha

introduït l'IPH-2.

Deu ser destacable que en aquest treball no es planteja ningun model en el que estiga involucrat l'Índex de Pobresa Humana per països no pertanyents a l'OCDE (IPH-1) ja que hi ha manca de dades històriques demogràfiques referides a aquests països.

Plantejats els models, aquests han sigut validats considerant dues formulacions: la formulació determinista i la formulació estocàstica. S'ha seguit la metodologia proposta per Caselles (1992a, 1994, 2008). Ambdues validacions, per tots i cadascun dels models, han resultat un èxit, ja que s'ha obtés, pel cas de la validació de la formulació determinista un coeficient de determinació elevat i uns residus aleatoris. Pel cas de la formulació estocàstica, les dades històriques es troben gràficament compreses dins dels intervals de confiança simulats per ells.

Per últim, la formulació estocàstica s'ha emprat, en el context dels Models Estructurats per Edats II i III, per realitzar l simulació del futur, ja que aquesta formulació és la que proporciona major informació, donant idea de la fiabilitat dels resultats. Aquesta simulació del futur s'ha realitzat emprant dos objectius a optimitzar. Un d'ells la obtenció d'una societat estable demogràficament i l'altre augmentar la qualitat de vida d'un país.

Finalment s'han presentat els Índexs Qualitat de Vida que va actualitzar l'ONU a l'Informe sobre Desenvolupament Humà (UNDP, 2010). A saber, l'Índex de Desenvolupament Humà, l'Índex de Desenvolupament Humà Híbrid, l'Índex de Diferenciació de Gènere i l'Índex de Pobresa Multidimensional. Aquests nous índexs, a pesar de que alguns d'ells tinguen el mateix nom que els presentats en informes anteriors (UNDP, 1990-2009), difereixen en càlculs i significat amb els antics. Encara així, en aquest treball es mostra que poden ser intercanviats en els Models Temporals que nosaltres hem definit. En el cas de l'Índex de Pobresa Multidimensional, novament per la manca d'una sèrie temporal de dades històriques, ha sigut impossible validar-lo en el model corresponent aquí plantejat.



**Abstract**

---



At this work, a socio-demographic dynamic generic model is presented. Some welfare variables are introduced in it. These welfare variables are defined by the UN in the Reports about Human Development (UNDP, 1990-2011).

The welfare variables are: Human Development Index (HDI), Gender Empowerment Index (GEM), Gender Development Index (GDI) and Human Poverty Index for OECD countries (HPI-2). These index are introduced as main variables and they are interrelated with demographic variables.

The mathematic model has been obtained because we have continued a constructive method. This has been divided into three steps:

Step 1, a Temporal Model has been constructed. It is different for each welfare variable.

Step 2, a Temporal Model has been designed. The interaction of the welfare variables has been used.

Step 3, a Age-Structured Model has been formulated.

In the Step 2, two ways have been distinguished. These ways lead to two models. On the one hand, Temporal Model II, which involves three welfare variables. On the other hand, Temporal Model III, it is an extension of Temporal Model II, in which Human Poverty Index for OECD countries is added. These ways remain bifurcated in Step 3. This differentiation is made for one reason, we want to construct a generic demographic model, i.e., a model applicable to any country in the world.

At the UN Reports (UNDP, 1990-2009), a welfare variable exists, Human Poverty Index. There are two different. if you want it for a OECD country, you'll use IPH-2. But if you want it for a other country, you'll use IPH-1.

Thus, this distinction should be reflected in the models of this work. The Temporal Model II and the Age-Structured Model II are to any country (these model don't have the Human Poverty Index). Instead, The Temporal Model III and the Age-Structured Model III are to OECD countries, because the IPH-2 is inserted into them.

Note that in this work, we don't study any model, in which the Human Poverty

Index for no OECD countries is been used. Because there aren't enough historical demographic data for these countries.

The models have been validated considering two formulations: the deterministic formulation and stochastic formulation. the methodology proposed by Caselles (1992a, 1994, 2008) has been followed. Both validations, for every one of the models, have been successful since it has been able to obtain, in the case of validation of the deterministic formulation high determination coefficient and a random residues. In the case of stochastic formulation, historical data are graphically comprised within the simulated confidence intervals for them.

The stochastic formulation has been used for the simulation of the future, because this formulation provides more information, giving an idea of the reliability of the results. For it we use Age-Structured Model II. This simulation of the future has been made using two objectives to optimize. One is to obtain a stable demographically and the other to increase the quality of life of a country.

Finally, the welfare variables, which were updated on the UN Human Development Report (UNDP, 2010), has been presented. Namely, the Human Development Index, the Hybrid Human Development Index, the Gender Differentiation Index and the Multidimensional Poverty Index. These indices differ in calculations and meaning to the old, even though some of them have the same name as those presented in previous reports (UNDP, 1990-2009). Still, in this paper we show that these new indices can be exchanged in the Temporal Models that we defined. For the Multidimensional Poverty Index, it is impossible to validate the model proposed here, again we don't have enough historical data about it.





**Indice**

---





---

## Indice

i.1.	Objetivos .....	29
i.2.	Los Índices de Calidad de Vida de la ONU .....	29
i.3.	Estructura conceptual: modelos presentados .....	35
i.4.	La Metodología de Modelización General .....	43
i.5.	Objetivos de modelización: sostenibilidad demográfica y calidad de vida .....	45
i.6.	Estado del arte: modelos demográficos que pueden incorporar otras variables .....	50
i.7.	Estado del arte: Modelos del Mundo .....	54
i.8.	Contenidos de los capítulos .....	58
<b>1.1.</b>	<b>Estructura de los Modelos Temporales I, II y III.....</b>	<b>69</b>
1.1.1.	Ecuaciones Genéricas .....	69
1.1.2.	Estructuras Matemáticas Obtenidas.....	71
1.1.3.	Ajuste de Tasas .....	79
2.1.	Validación de los Modelos Temporales I y II.....	89
2.1.1.	Modelo Temporal I, con IDH.....	89
2.1.2.	Modelo Temporal I, con IDG.....	98
2.1.3.	Modelo Temporal I, con IPG .....	107
2.1.4.	Modelo Temporal II, IDH, IDG, IPG .....	115
2.2.	Validación de los Modelos Temporales I y III añadiéndoles el Índice de Pobreza.....	120
2.2.1.	Modelo Temporal I con IPH-2.....	120
2.2.2.	Modelo Temporal III con IDH, IDG, IPG, IPH-2.....	127
<b>3.1.</b>	<b>Estructura de los Modelos Estructurados por Edades II y III. ....</b>	<b>139</b>
3.1.1.	Ecuaciones Genéricas .....	139
3.1.2.	Hipótesis sobre el modelo.....	142
3.1.3.	Modelo definitivo.....	142
3.1.4.	Obtención de Tasas .....	143
4.1.	Validación del Modelo Estructurado por Edades II.....	154
4.1.1.	Validación de la formulación determinista (España y Bélgica).....	154
4.1.2.	Validación de la formulación estocástica (Bélgica).....	159

4.2.	Validación del Modelo Estructurado por Edades III.....	162
4.2.1.	Validación de la formulación determinista (España y Bélgica).....	162
4.2.2.	Validación de la formulación estocástica (Bélgica).....	166
5.1.	Validación del Modelo Estructurado por Edades II.....	176
5.1.1.	Validación de la formulación determinista (España).....	177
5.1.2.	Validación de la formulación estocástica (España).....	179
5.2.	Validación del Modelo Estructurado por Edades III.....	181
5.2.1.	Validación de la formulación determinista (España).....	181
5.2.2.	Validación de la formulación estocástica (España).....	183
6.1.	Planteamiento de los Objetivos.....	189
6.2.	Planteamiento de Estrategias y Escenarios.....	190
6.3.	Resultados y Conclusiones.....	193
7.1.	Modelo Temporal I, IDH.....	201
7.1.1.	Validación de la formulación determinista (España y Bélgica).....	203
7.1.2.	Validación de la formulación estocástica (España y Bélgica).....	205
7.2.	Modelo Temporal I, IDG-2010.....	207
7.2.1.	Validación de la formulación determinista (España).....	212
7.2.2.	Validación de la formulación estocástica (España).....	213
7.3.	El Índice de Pobreza Multidimensional, IPM.....	214
7.4.	El Índice de Desarrollo Humano Diferenciado, IDH-D.....	215
I.1.	Listado de Variables por Subsistemas.....	243
I.2.	I.2 Diagrama de Forrester.....	247
I.3.	Tasas Demográficas por países.....	249
I.3.1.	ESPAÑA.....	249
I.3.2.	Bélgica.....	263
I.3.3.	CANADÁ.....	275
I.4.	Validaciones.....	279
I.4.1.	Errores Relativos Validaciones España.....	279
I.4.2.	Errores Relativos Validaciones Bélgica.....	282
I.4.3.	Errores Relativos Validaciones Canadá.....	284
I.4.4.	$\chi^2$ Validaciones España.....	285
I.4.5.	$\chi^2$ Validaciones Bélgica.....	288

---

I.4.6. $\chi^2$ Validaciones Canadá .....	290
II.1. Listado de Variables por Subsistemas .....	295
II.2. Diagrama de Forrester .....	299
II.3. Tasas por Modelos .....	301
II.3.1. ESPAÑA para datos obtenidos directamente desde el INE .....	301
II.3.2. BÉLGICA para datos extraídos directamente de Statistics Belgium.....	310
II.3.3. ESPAÑA para datos Calculados .....	326
II.4. Validaciones .....	342
II.4.1. Errores Relativos Validaciones España.....	342
II.4.2. Errores Relativos Validaciones Bélgica .....	364
II.4.3. $\chi^2$ Validaciones España.....	380
II.4.4. $\chi^2$ Validaciones Bélgica.....	391
III.1. Extrapolación con un intervalo de confianza del 95 % de las variables de escenario, periodo 2009-2030.....	411
IV.1. Listado de Variables por Subsistemas .....	417
IV.2. Diagrama de Forrester .....	419
IV.3. Tasas por Modelos .....	420
IV.3.1. ESPAÑA .....	420
IV.3.2. BÉLGICA .....	424
IV.4. Validaciones .....	426
IV.4.1. Errores Relativos Validaciones España.....	426
IV.4.2. Errores Relativos Validaciones Bélgica .....	427
IV.4.3. $\chi^2$ Validaciones España.....	427
IV.4.4. $\chi^2$ Validaciones Bélgica.....	428
V.1. Programa Informático <b>Regint</b> .....	<b>433</b>
V.2. Programa Informático <b>SIGEM</b> .....	<b>434</b>
V.2.1. Modelo Temporal III.....	434
V.2.2. Modelo Estructurado por Edades III.....	443

---



## **Introducción**

---



### **i.1. Objetivos**

En nuestros días, una de las máximas preocupaciones que tiene el ser humano es cómo mejorar su calidad de vida y cómo afecta ésta a su entorno familiar y social. Pero no podemos dar solución a estas cuestiones si previamente no entendemos el concepto con el que estamos trabajando. Por ello el primer paso sería responder a la pregunta de qué es la **Calidad de Vida**. Y según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1996) se trata de “la percepción que un individuo tiene de su lugar en la existencia, en el contexto de la cultura y del sistema de valores en los que vive y en relación con sus objetivos, sus expectativas, sus normas, sus inquietudes. Se trata de un concepto muy amplio que está influido de modo complejo por la salud física del sujeto, su estado psicológico, su nivel de independencia, sus relaciones sociales, así como su relación con los elementos esenciales de su entorno”.

Así una vez aclarado el concepto, cuestiones como **¿cómo afecta la Calidad de Vida en nuestras vidas y cómo podemos mejorarla?**, pueden ser respondidas desde el punto de vista de la Teoría de Sistemas, con la creación de un modelo dinámico universal en el que se introduzca la calidad de vida como variable principal del mismo. Es en este trabajo, en el que se presenta un modelo de este tipo, un modelo socio demográfico dinámico, dónde se introducen los Índices de Calidad de Vida definidos por la ONU, definidos actualmente en sus Informes sobre el Desarrollo Humano (*UNDP*, 1990-2011), como variables principales interrelacionados con variables demográficas, con el que se puede estudiar además la sostenibilidad demográfica desde una perspectiva más general.

### **i.2. Los Índices de Calidad de Vida de la ONU**

El término *Desarrollo Humano* es el genéricamente utilizado por la ONU para describir los índices de calidad de vida. Este término nació como resultado de las críticas acometidas, principalmente en 1980, hacia el enfoque de desarrollo direccionado hacia el crecimiento económico. Krugman (1997) nos explica cómo entre 1960 y 1980 la teoría del desarrollo como enfoque económico fue enterrada debido a que sus creadores no lograron comunicar con claridad los objetivos del mismo. Este nuevo punto de vista amplía el punto de mira

hacia la riqueza humana en lugar de hacia la riqueza económica. El economista pakistaní Dr. Mahbub ul Haq, creador del Informe sobre el Desarrollo Humano (UNDP, 1990), considera la necesidad de este cambio. Algunas de las razones que evidenciaban en la década de 1980 la necesidad de una formulación alternativa para el concepto de Desarrollo Humano, y por tanto de Calidad de Vida, las podemos encontrar en el artículo *Orígenes del enfoque de Desarrollo Humano*, publicado desde la UNDP y que tan sólo se encuentran en su página web <http://hdr.undp.org/es/desarrollohumano/origenes/>, debido a que esta organización difunde gran parte de su contenido por esta vía. Las razones que destacamos entre otras son las siguientes:

1. Propagar beneficios y así conseguir erradicar la pobreza.
2. Los costes humanos de los Programas de Ajuste Estructural (PAE, surgieron a comienzo de los años 1980, como respuesta a la deuda externa del Tercer Mundo) se tornaron más evidentes. En el libro *Ajuste con rostro humano* (Andrea, 1987), se publica un estudio encargado por UNICEF en el cuál se critica de forma radical sobre los efectos negativos que los Programas de Ajuste Estructural tienen sobre los más débiles (pobres, mujeres, niños y ancianos).
3. Las enfermedades sociales (el delito, el VIH/SIDA, la contaminación, etc.) continuaban diseminándose aún frente a un crecimiento económico sólido y sistemático.
4. Una ola de democratización a principios de los noventa aumentó las esperanzas en torno a la creación de modelos centrados en las personas.

A partir de 1990 la ONU recoge estos nuevos enfoques sobre la Calidad de Vida en los Informes Anuales sobre Desarrollo Humano (UNDP, 1990-2011). La definición de este término evoluciona más aún hacia «el proceso de ampliación de las opciones de las personas y mejora de las capacidades y las libertades, para que las personas puedan vivir una vida larga y saludable, tener acceso a la educación y a un nivel de vida digno, y participar en la vida de su comunidad y en las decisiones que afecten sus vidas” (<http://hdr.undp.org/es/desarrollohumano/origenes/>). En resumen, el concepto de Desarrollo Humano surgido en la década de 1990 consiste en el progreso, en la libertad y la



formación de las capacidades humanas, es decir, en la ampliación de la gama de tareas que las personas pueden desarrollar y de los objetivos que pueden alcanzar.

Reforzando el concepto de Desarrollo Humano, y por tanto de Calidad de Vida, desarrollado por la ONU en la década de los 90, el economista y ambientalista chileno Manfred Max (Max, 1997) identifica tres características básicas del desarrollo humano, centrándolo en las necesidades:

1. El **desarrollo** se refiere a las personas y no a los objetos.
2. El mejor proceso de **desarrollo** es aquel que permita elevar más la **calidad de vida de las personas**.
3. La **calidad de vida** dependerá de las posibilidades que tengan las personas de satisfacer adecuadamente sus **necesidades humanas fundamentales**.

Cómo se puede observar, el concepto de Desarrollo Humano, como sinónimo de Calidad de Vida, es redefinido en dos décadas diferentes, las del 80 y el 90, tal vez como consecuencia de las circunstancias que provocan cambios en el seno de las distintas sociedades dónde es estudiado. En la actualidad, la definición encontrada en los Informes sobre el Desarrollo Humano (*UNDP*, 1990-2011) nombrados arriba es: “el Desarrollo Humano es un paradigma de desarrollo que va mucho más allá del aumento o la disminución de los ingresos de un país. Comprende la creación de un entorno en el que las personas puedan desarrollar su máximo potencial y llevar adelante una vida productiva y creativa de acuerdo con sus necesidades e intereses. Las personas son la verdadera riqueza de las naciones. Por lo tanto, el desarrollo implica ampliar las oportunidades para que cada persona pueda vivir una vida que valore. El desarrollo es entonces mucho más que el crecimiento económico, que constituye sólo un medio para que cada persona tenga más oportunidades” y los factores más importantes que definen este nuevo concepto de desarrollo son los siguientes (<http://hdr.undp.org/es/desarrollohumano/origenes/>):

- el **progreso social**: mayor acceso a la educación, mejores servicios de nutrición y salud;

- **la economía:** la importancia del crecimiento económico como medio para reducir las desigualdades y mejorar los niveles de desarrollo humano;
- **la eficiencia** en términos de uso y disponibilidad de los recursos. El crecimiento y la productividad propicia el desarrollo humano, siempre y cuando este crecimiento beneficie de manera directa a las personas pobres, las mujeres y otros grupos marginados.
- **la igualdad** en cuanto al crecimiento económico y otros parámetros del desarrollo humano;
- **la participación y la libertad**, en especial mediante la potenciación, la gobernabilidad democrática, la igualdad de sexos, los derechos civiles y políticos y la libertad cultural, particularmente en los grupos marginales definidos por parámetros tales como urbanos/rurales, sexo, edad, religión, origen étnico, parámetros físicos y mentales, etc.;
- **la sostenibilidad** para las generaciones futuras, en términos ecológicos, económicos y sociales;
- **la seguridad humana:** la seguridad ante amenazas crónicas de la vida cotidiana tales como el hambre y las discontinuidades repentinas como la desocupación, la hambruna, los conflictos, etc.

Estos factores pueden ser evaluados mediante los Índices de Calidad de Vida definidos en los Informes sobre Desarrollo Humano, (*UNDP*, 1990-2011).

Hasta el Informe publicado en el año 2010 (*UNDP*, 2010) los índices que contempla la ONU son el Índice de Desarrollo Humano (IDH), Índice de Potenciación de Género (IPG), Índice de Diferenciación de Género (IDG) e Índice de Pobreza Humana (IPH), este último definido para países pertenecientes a la OCDE, a excepción de la República Checa, Hungría, República de Corea, Polonia y Turquía, (IPH-2) y para países que no pertenecen a la OCDE (IPH-1). Hacemos aquí un breve resumen de la obtención de cada uno de ellos, ya que en capítulos sucesivos se explicará con detalle el cálculo de los mismos.

El Índice de Desarrollo Humano (IDH) mide los logros promedio en un país

en tres dimensiones básicas del desarrollo humano:

- Una vida larga y saludable, medida por la esperanza de vida.
- Conocimiento, dado por la tasa de alfabetización de adultos (con una ponderación de dos tercios) y la tasa bruta de matriculación combinada de enseñanza primaria, secundaria y terciaria (con una ponderación de un tercio).
- Un nivel de vida digno, dado por el PIB (Producto Interior Bruto) per cápita en paridad de poder adquisitivo (PPA) y en dólares de EE.UU.

Mientras el IDH mide el progreso medio, el Índice de Diferenciación de Género (IDG) ajusta el progreso medio para reflejar las desigualdades entre hombres y mujeres en los siguientes aspectos:

- Una vida larga y saludable, medida por la esperanza de vida al nacer.
- Conocimientos, medidos por la tasa de alfabetización de adultos y la tasa combinada bruta de matriculación en enseñanza primaria, secundaria y terciaria.
- Un nivel de vida decoroso, medido por la estimación de ingreso proveniente del trabajo (PPA, dólares EE.UU.).

Por otro lado el Índice de Pobreza Humana -2 (IPH-2) mide las privaciones en cuatro dimensiones básicas del desarrollo humano captadas por el IDH:

- La vulnerabilidad a la muerte relativa a una temprana edad, medida por la probabilidad al nacer de no sobrevivir hasta los 60 años de edad.
- La exclusión al conocimiento, dado por el porcentaje de adultos (de 16 a 65 años) con falta de alfabetización.
- La falta de una vida digna, dada por el porcentaje de gente que vive por debajo del límite de pobreza (50% del ingreso medio por hogar).
- La exclusión social, dada por la tasa de desempleo de larga duración (12 meses o más).

De modo similar al IPH-2, el Índice de Pobreza Humana -1 (IPH-1) mide las privaciones, pero para los países correspondientes, nombrados anteriormente:

- Longevidad, vulnerabilidad a la muerte a una edad relativamente temprana, medida por la probabilidad al nacer de no vivir hasta los 40 años.
- Conocimientos, exclusión del mundo de la lectura y las comunicaciones, medida por la tasa de analfabetismo de adultos.
- Nivel de vida, falta de acceso a suministros económicos generales, medida por el porcentaje de la población que no utiliza fuentes de abastecimiento de agua potable y el porcentaje de niños menores de 5 años de edad con peso insuficiente.

El Índice de Potenciación de Género (IPG) se refiere a las oportunidades de la mujer más que a su capacidad y refleja las desigualdades de género en tres esferas fundamentales:

- Participación política y poder de adopción de decisiones, medidos en función de la proporción porcentual de hombres y mujeres que ocupan escaños parlamentarios.
- Participación económica y poder para adoptar decisiones, medidos mediante dos indicadores: participación porcentual de mujeres y hombres en cargos de legisladores, altos funcionarios y ejecutivos y participación porcentual de mujeres y hombres en puestos profesionales y técnicos.
- Poder sobre los recursos económicos, medido por la estimación del ingreso proveniente del trabajo de mujeres y hombres (PPA, dólares EE.UU.).

Es a partir de la publicación del Informe del 2010 (*UNDP*, 2010) cuando los índices se reformulan, y son tres nuevos los que ocupan el papel de los anteriores, a saber, el Índice de Desarrollo Humano ajustado por la Desigualdad (IDH-D), el Índice de Desigualdad de Género (IDG) y el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM). La justificación de este cambio viene dada por la

evolución de los países, al igual que ha ido cambiando el concepto de Desarrollo Humano, de la misma manera ha cambiado la forma de medir el progreso de los países (*UNDP*, 2010).

El Índice de Desarrollo Humano Diferenciado (IDH-D) será idéntico al Índice de Desarrollo Humano (IDH) si no existe desigualdad entre las personas, pero desciende por debajo del IDH a medida que aumenta la desigualdad. En este sentido, el IDH-D es el nivel real de desarrollo humano (considerando su desigualdad), mientras que el IDH puede considerarse como un índice de desarrollo humano “potencial” (o el nivel máximo del IDH-D) que podría lograrse de no haber desigualdad. La “pérdida” en desarrollo humano potencial debido a la desigualdad está dada por la diferencia entre el IDH y el IDH-D y puede expresarse en términos porcentuales.

El Índice de Desigualdad de Género (IDG) refleja la desventaja de la mujer en tres dimensiones: salud reproductiva, potenciación y mercado laboral, para la mayor cantidad posible de países según lo permita la calidad de los datos. El índice muestra la pérdida en desarrollo humano debido a la desigualdad entre logros de mujeres y hombres en dichas dimensiones.

Y por último el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM), que complementa a los índices basados en medidas monetarias y considera las privaciones que experimentan las personas pobres, así como el marco en que éstas ocurren. El índice identifica una serie de privaciones en las mismas tres dimensiones del IDH y muestra el número de personas que son pobres (que sufren privaciones) y el número de privaciones con las que usualmente vive una familia pobre. Es posible agrupar el índice por región, grupo étnico, dimensión de la pobreza y otras categorías, por lo que representa una herramienta muy útil para los encargados de formular políticas sociales.

### **i.3. Estructura conceptual: modelos presentados**

La hipótesis de partida para encontrar la relación existente entre la calidad de vida y la demografía es formular matemáticamente las relaciones funcionales de las tasas de fertilidad y defunción respecto a variables fundamentales de calidad de vida (las tasas de inmigración y emigración por el momento son

variables de entrada, y por tanto sólo se evalúan como funciones del tiempo en el caso de los Modelos Temporales y como función de la edad en el caso de los Modelos Estructurados por Edades). Así la primera aproximación y punto cero de nuestro modelo es el diagrama causal que se observa en la Figura 01.

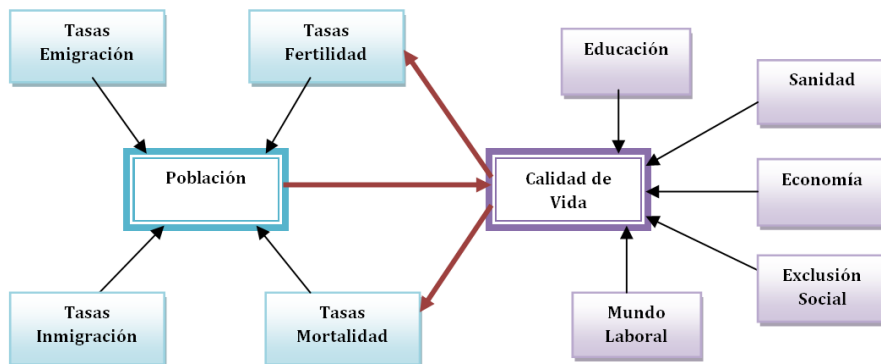


Figura 01: Diagrama Causal previo.

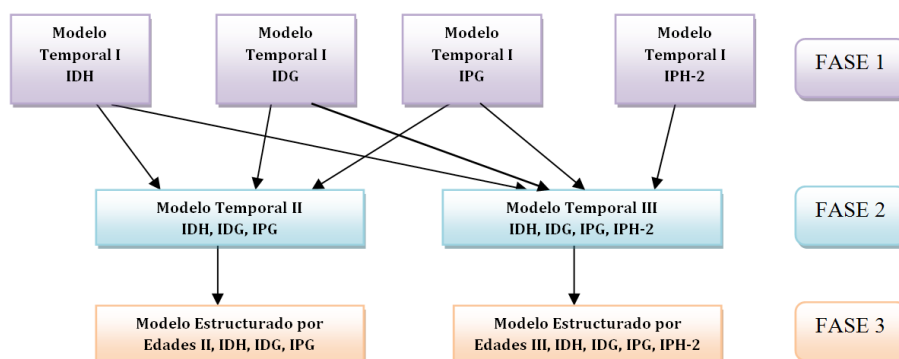
Siguiendo pues la Figura 01, las tasas de fertilidad y mortalidad dejan de ser variables de entrada, como ocurre en los modelos demográficos clásicos, para convertirse en variables calculadas a partir de las variables de calidad de vida. Matemáticamente, la obtención de las ecuaciones que relacionan las tasas de fertilidad y mortalidad con las variables de calidad de vida y la obtención de las ecuaciones que relacionan las tasas de emigración e inmigración con el tiempo han sido dos problemas a solucionar fundamentales en el contexto de este proyecto de investigación. Ha de tenerse en cuenta, además, que estas ecuaciones se han obtenido con carácter de universalidad, es decir, intentando que su estructura matemática sea transferible a cualquier país. Su estructura matemática universal se adapta a cada país con el uso de los datos históricos que se pueden encontrar en los Informes Anuales sobre el Desarrollo Humano (UNDP, 1990-2011) o en los institutos de estadística de los países correspondientes.

Por otro lado, obsérvese también en la Figura 01 que las variables calidad de vida son calculadas a partir de las variables de entrada del modelo y la variable población. Sin embargo, las ecuaciones que calculan estas relaciones vienen definidas en los Informes Anuales sobre el Desarrollo Humano (UNDP, 1990-2011). Debido a la universalidad de su definición, estas ecuaciones se han

incorporado a nuestro modelo siguiendo fielmente las indicaciones de estos informes.

Debemos notar que a lo largo de todo el trabajo se usan los índices calidad de vida definidos por la ONU antes de la publicación del año 2010 (*UNDP*, 2010), debido a que de los nuevos índices no se tienen suficientes datos históricos para realizar la validación del modelo. Sólo cuando se hayan recopilado la suficiente cantidad de datos históricos se podrá construir un modelo similar, con los nuevos índices, que el presentado en este trabajo.

La búsqueda del modelo universal socio-demográfico se ha abordado en tres fases, las cuales se muestran en la Figura 02.



**Figura 02:** Fases de construcción del modelo socio-demográfico.

Así pues, en la Fase 1, se construye el que hemos denominado Modelo Temporal I. El Modelo Temporal es un modelo general que se caracteriza porque la población está diferenciada por sexos pero no estructurada por edades. Estos primeros modelos son los que nos permiten observar cómo dependen las variables demográficas (en nuestro caso, las tasas de fertilidad y mortalidad) respecto los cuatro índices de la ONU y así poder conseguir la interacción de todos ellos en la Fase 2. Por tanto, en esta primera fase se construyen cuatro modelos, uno para cada índice, Índice de Desarrollo Humano (IDH), Índice de Diferenciación de Género (IDG), ya presentado en Sanz et al. (in press), Índice de Potenciación de Género (IPG) e Índice de Pobreza Humana (IPH-2). Se observa, en esta Fase 1, que no se ha construido un modelo temporal para el IPH-1, esto se debe a que en la búsqueda de datos históricos se comprueba

que, para los países en los que se considera el IPH-1, no existe la suficiente cantidad de datos como para poder realizar un estudio de la relación entre las variables demográficas y este índice. Así pues, en un futuro, cuando se pueda obtener la información real necesaria, se intentará comprobar si el IPH-2 puede ser reemplazado por el IPH-1 y así obtener un modelo universal que introduzca una variable que mida el nivel de pobreza de un país.

En la Fase II se aborda la construcción de los Modelos Temporales II y III. Los Modelos Temporales II y III, al igual que el Modelo Temporal I, se caracterizan porque la población está diferenciada por sexos pero no estructurada por edades. La diferencia con el Modelo Temporal I es que se introduce la interacción entre los índices de calidad de vida.

La razón fundamental para particularizar en la Fase 2 los Modelos Temporales II y III se debe al índice de pobreza. Se observa que en el Modelo Temporal II no se introduce este índice. Tal como ha sido mencionado arriba cuando se han descrito los índices de calidad de vida de la ONU, este índice es calculado de dos formas distintas según se consideren los países pertenecientes a la OCDE (IPH-2) o los que no pertenecen a la OCDE (IPH-1). Por esta razón se presenta por un lado el Modelo Temporal II aplicable a cualquier país del mundo, sin distinción alguna y tras él se amplía al Modelo Temporal III en el que introducimos el índice de pobreza IPH-2, con el fin de estudiar de forma más amplia y exhaustiva a los países pertenecientes a la OCDE. No se ha podido introducir el IPH-1 ya que, tal y como se ha insistido anteriormente, observamos una escasez de datos históricos para este índice. Resumidamente:

- El Modelo Temporal I contiene como variable de calidad de vida cualquiera de los cuatro índices de la ONU por separado (con lo que realmente se presenta un Modelo Temporal I particularizado para cada uno de los cuatro índices): Índice de Desarrollo Humano (IDH), Índice de Potenciación de Género (IPG), Índice de Diferenciación de Género (IDG) e Índice de Pobreza Humana para países de la OCDE (IPH-2).
- El Modelo Temporal II contiene como variable de calidad de vida la interacción de tres índices de la ONU: el producto del Índice de Desarrollo Humano (IDH), del Índice de Potenciación de Género (IPG) y del Índice de Diferenciación de Género (IDG).



- El Modelo Temporal III contiene como variable de calidad de vida la interacción de cuatro índices de la ONU: el producto del Índice de Desarrollo Humano (IDH), del Índice de Potenciación de Género (IPG) y del Índice de Diferenciación de Género (IDG), dividido por el Índice de Pobreza Humana para países de la OCDE (IPH-2).

Es necesario remarcar una característica común a los tres modelos, la cual se infiere de los datos históricos. Ésta es que la dependencia funcional de las tasas de fertilidad y de mortalidad respecto de las variables calidad de vida es una relación funcional cíclica. Aunque esta relación sólo ha sido comprobada para los países de la OCDE, nuestra hipótesis es que puede generalizarse a todos los países. Esta relación se explica con detalle y la mostramos gráficamente en el primer capítulo de nuestro trabajo. En primer lugar se representan las tasas (tanto de fertilidad como de mortalidad), de todos los países de la OCDE respecto de los índices de la ONU respecto a cada índice por separado. En segundo lugar se representan las tasas teniendo en cuenta la interacción entre los índices de calidad de vida. El patrón observado es el mismo. Es más, se observan tres franjas horizontales que reproducen este patrón: zona de tasas altas (fertilidad y mortalidad), zona de tasas medias y zona de tasas bajas. El patrón encontrado contiene un crecimiento y decrecimiento de las tasas respecto a los índices, es decir, una relación cíclica. A continuación se busca cuál es la función que mejor se ajusta a este patrón. La bibliografía nos indica que un ciclo puede ser formulado como una logística creciente seguida de una logística decreciente. La obra de Marchetti et al. (1996) demuestra que las tasas de fertilidad y mortalidad pueden ser obtenidas como una suma de funciones logísticas. Sin embargo, los datos reales de los que se dispone corresponden a un corto periodo de tiempo, con lo que la alternativa es la estructura de la función coseno.

También, respecto al Modelo Temporal I, en el último capítulo de este trabajo, se incorpora la presentación del modelo definido para el caso de los nuevos índices, el Índice de Desarrollo Humano (IDH) y el Índice de Desigualdad de Género (IDG), presentados en el Informe Anual sobre Desarrollo Humano para el año 2010 (*UNDP*, 2010). Se observa que las estructuras matemáticas que relacionan las tasas de fertilidad y mortalidad con los índices aludidos son las mismas. No se puede presentar el Modelo Temporal I para el Índice de

Pobreza Multidimensional (IPM) debido a la escasez de datos históricos que aún existen de este índice.

En la Fase 3 (véase Figura 02) se construyen los llamados Modelos Estructurados por Edades II y III, a partir de los Modelos Temporales II y III. Las variables demográficas fundamentales son la densidad de población de hombres y mujeres respecto a la edad. Estas variables son función del tiempo y de la edad y forman un conjunto de dos ecuaciones acopladas en derivadas parciales de primer orden, conocidas como ecuaciones de von Foerster-McKendrick. Las condiciones de contorno vienen dadas por las funciones de ambas variables de estado en la edad cero, definidas por los nacimientos. Los nacimientos aquí deben de ser calculados a través de las tasas de fertilidad de hombres y mujeres, que a su vez dependen de los índices de calidad de vida de la ONU. Mientras que las condiciones iniciales vienen dadas para ambas variables de estado por las funciones de la edad que toman en el instante inicial considerado. Las dos ecuaciones de von Foerster-McKendrick involucran, por un lado, la dinámica de población de ambas densidades de población para cada edad y por la variable calidad de vida respecto del instante considerado, y por otro, la dinámica de difusión de población para ambos sexos entre distintas edades en cada instante, las defunciones dependientes de la edad y la calidad de vida, y el flujo migratorio dependiente del tiempo y la edad. Sin embargo, en la práctica, se utiliza su versión en diferencias finitas, al igual que se hace para los Modelos Temporales I, II y III. Para estudiar estas ecuaciones como modelo demográfico independiente, véase Micó et al. (2006), Micó et al. (2008).

Cabe destacar que en la Fase 3 (véase la Figura 02) no se observan modelos en los que sólo se introduzca un índice. Esto se debe a que, en esta fase, nos servimos de todas las relaciones y conclusiones obtenidas en los Modelos Temporales I, II y III (Fase 1 y Fase 2) para poder extrapolarlas a nuestro modelo final, en el que evidentemente nos interesa determinar cuál es la relación entre las variables demográficas cuando se considera la interacción entre los índices de calidad de vida de la ONU. Si en algún momento nos interesara observar la relación con un índice determinado, a los restantes les daríamos, por defecto, un valor constante que hiciera desaparecer el efecto del mismo (en nuestro caso, cómo se verá más adelante, por la forma de las ecuaciones obtenidas, será el valor constante 1), lo que conlleva la reparametrización de

las ecuaciones que relacionan las tasas con los índices de calidad de vida.

Es importante resaltar que, en la construcción de los Modelos Estructurados por Edades II y III, un punto crucial ha sido la obtención de la relación funcional que calcula las tasas de fertilidad y mortalidad respecto a los índices de calidad de vida. Así es, ya que tras la formulación y validación de los Modelos Temporales II y III se observa que los índices interactúan entre sí de forma multiplicativa, a excepción del índice de pobreza cuya relación es inversa a los otros. Siguiendo este patrón, observamos cuál es la relación entre las tasas y la edad interactuando con los índices. Así pues, se consiguen nuevamente unas ecuaciones que relacionaban los procesos demográficos y la calidad de vida, con la novedad de que ahora la población está estructurada por edades. Con todo esto lo que se ha conseguido es un modelo más desagregado y detallado del que se puede obtener más información que de los Modelos Temporales II y III.

Otra característica que cabe destacar para los Modelos Estructurados por Edades II y III es la de la reformulación de la variable esperanza de vida al nacer por sexos. En el contexto de los Modelos Temporales I, II y III esta variable es de entrada, es decir, se calcula como función del tiempo a partir de los datos históricos. Sin embargo, en el Modelo Estructurado por Edades II y III se calcula a partir de las defunciones y la población diferenciadas por sexos.

Por último, al igual que en los Modelos Temporales II y III, en los Modelos Estructurados por Edades II y III se hace la distinción de un modelo para los países de la OCDE (Modelo Estructurado por Edades III) y otro para los que no pertenecen a la OCDE (Modelo Estructurado por Edades II). La explicación sobre la diferenciación de ambos modelos es análoga a la dada para los Modelos Temporales II y III.

Resumidamente:

- El Modelo Estructurado por Edades II contiene como variable de calidad de vida la interacción de tres índices de la ONU: el producto del Índice de Desarrollo Humano (IDH), del Índice de Potenciación de Género (IPG) y del Índice de Diferenciación de Género (IDG), con la particularidad de que la población de ambos sexos está estructurada por

edades.

- El Modelo Estructurado por Edades III contiene como variable de calidad de vida la interacción de cuatro índices de la ONU: el producto del Índice de Desarrollo Humano (IDH), del Índice de Potenciación de Género (IPG) y del Índice de Diferenciación de Género (IDG), dividido por el Índice de Pobreza Humana para países de la OCDE (IPH-2), con la particularidad de que la población de ambos sexos está estructurada por edades.

La validación de los Modelos Temporales I, II y III y de los Modelos Estructurados por Edades II y III se ha realizado teniendo en cuenta dos formulaciones: la formulación determinista y la formulación estocástica. El modelo determinista es aquel que no contempla elementos aleatorios, es decir, no contempla la incertidumbre de las variables. Los modelos con algunas ecuaciones obtenidas por ajuste mínimo-cuadrático pueden considerar la incertidumbre que estas conllevan siguiendo la metodología de Caselles (1992a). La formulación estocástica nos permite determinar la fiabilidad de los resultados al obtener cada resultado con su intervalo de confianza para un nivel de significación determinado, o bien, con sus respectivos valores promedio y desviación estándar, para cada instante de cálculo.

Por otro lado, en la formulación determinista la validación se ha realizado intentando obtener un coeficiente de determinación elevado y unos residuos aleatorios en el periodo de predicción del pasado. En la formulación estocástica es suficiente para la validación que los datos históricos queden gráficamente comprendidos dentro de los intervalos de confianza en el mismo periodo de predicción del pasado. Además, la formulación estocástica es la utilizada, en el contexto de los Modelos Estructurados por Edades II y III, para realizar la simulación del futuro, ya que esta formulación es la que proporciona mayor información. Esta simulación del futuro se ha realizado utilizando dos objetivos de simulación que detallamos más adelante.

Así conseguimos dos modelos socio-demográficos, el Modelo Estructurado por Edades II y el Modelo Estructurado por Edades III, que son universales (aplicables a cualquier país o zona) estando las variables de población definidas para los dos sexos y estructuradas por edades, y contemplándose su

interrelación con las variables calidad de vida definidas por la ONU (Fase 3 de la Figura 02).

#### **i.4. La Metodología de Modelización General**

Pero estas Fases, que hemos determinado anteriormente, no pueden tomar forma sin el uso de una metodología científica. Nuestro objetivo, tal y cómo se ha mencionado, es construir modelos de aplicación universal que consideren cualquier tipo de variable independientemente de su naturaleza. Esto conlleva que debemos acudir a teorías transdisciplinarias para obtener una información más amplia sobre las mismas. La Teoría General de Sistemas nos proporciona el medio para ello.

Uno de los objetivos de esta teoría es proporcionar a las ciencias sociales y humanísticas un estatus epistemológico similar al de las ciencias positivas (física, química, biología, economía,...). Un camino para contribuir a potenciar cambios en estas ciencias es llegar a validar modelos dinámicos matemáticos con variables de interés social (población, tasas demográficas, calidad de vida, medio ambiente, ...), de la misma forma que lo realizamos en las ciencias positivas. Una de las ventajas de los modelos matemáticos es que utilizan un lenguaje universal. Además, también nos permiten comparar modelos y sistemas, así como clasificarlos en categorías, independientemente de la disciplina, es decir, construir sistemas generales. En resumen, la Teoría General de Sistemas propone el uso de metodologías de carácter transdisciplinar que permitan a los investigadores construir modelos matemáticos con los que resolver problemas en el ámbito de sistemas complejos.

Así pues, siguiendo esta vía, Jay W. Forrester desarrolló en los años 50 del siglo pasado la Dinámica de Sistemas en el *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) como metodología transdisciplinar con la que construir modelos dinámicos de sistemas complejos y usarlos como herramienta de intervención en los mismos. En su libro *Industrial Dynamics* (1961) (considerado el punto de partida de la Dinámica de Sistemas), incluye la aplicación a problemas del campo de las ciencias sociales, inicialmente a través de la modelización de la organización empresarial, con el uso del Diagrama Hidrodinámico, también llamado Diagrama de Forrester, como puente entre la información cualitativa

y su concreción cuantitativa en ecuaciones, del que hacemos uso en éste trabajo.

Este diagrama es una traducción del Diagrama Causal a una terminología que facilita la escritura de las ecuaciones cuando se programan para un ordenador. En él se contemplan, de forma gráfica y estandarizada, todos los tipos de variables que puedan intervenir en el sistema. A saber, las variables de nivel que están representadas por un icono cuadrado, las variables de flujo representadas por un cuadrado con un reloj de arena, las variables auxiliares representadas por un círculo o elipse, las variables de entrada y las constantes representadas por un círculo o una elipse de doble línea y por último las fuentes o sumideros que están representados por una nube.

En general, Forrester afirmaba que el mundo está lleno de sistemas (cualquier cosa puede ser un sistema), muchos de estos son bastante simples y fácilmente entendibles para el ser humano. No obstante, los problemas sociales se representan con sistemas con una gran cantidad de variables y relaciones no evidentes entre las mismas, es decir, son sumamente complejos, por esta razón, propone la utilización de computadoras para la simulación de sistemas reales, a través de la formulación de modelos fácilmente traducibles a programas informáticos, mediante los cuales el modelo es puesto a prueba y, en su caso, aprovechado. De esta manera, el ser humano aspira a predecir el comportamiento de sistemas tan complejos como las sociedades, un logro que depende de la calidad de los modelos. Es en Forrester (1969) dónde encontramos estos sistemas complejos aplicados a las ciudades, en las que se muestra que la estructura de un sistema complejo no es un circuito de retroalimentación simple, sino que un sistema complejo cuenta con una multiplicidad de bucles.

Una continuación de la metodología de Forrester es la propuesta por Caselles (1994, 2008), la Metodología de Modelización General (MMG), que se puede implementar utilizando el generador inteligente de modelos de sistemas complejos *SIGEM* (Caselles, 1992b, 1993, 1994, 2008), con la ayuda del programa informático *Wolfram Mathematica 7.0.0* (Wolfram, 1992). Caselles et al. (1998) presentan una aplicación a un caso real complejo (control del desempleo en un país).

Así, en nuestro trabajo, la metodología seguida para dar forma a cada una de

las partes ha sido esta última, la presentada por Caselles (1992a, 1992b, 1993, 1994, 2008).

Esta metodología permite ampliar los distintos subsistemas así como la incorporación de otros nuevos. A modo de ejemplo, ampliar el subsistema económico provocaría que variables de entrada como es el Producto Interior Bruto pasen a ser variables calculadas por el propio modelo, con lo que aportamos más generalidad al mismo. Además, podemos considerar, al igual que la ONU ha realizado una redefinición de sus índices calidad de vida, variables de otra índole que puedan afectar al nivel de vida, tanto a nivel mundo, país, ciudad o individual. Para ello, habrá que realizar estudios con expertos, como sociólogos, economistas, biólogos,..., que nos conduzcan a nuevas variables calidad de vida, variables que nos permitan resolver problemas, como por ejemplo medio ambientales o de seguridad humana, temas que preocupan a nuestras sociedades y que también son expuestos en la Asamblea General de la Naciones Unidas.

Se trata por tanto de un Modelo del Mundo en construcción; el presentado en este trabajo es la base, pero un modelo definitivo sería aquel que considerando diversos países o zonas y sus interrelaciones, por ejemplo, se pueda conseguir que las tasas migratorias dependan de la calidad de vida de los países emisor y receptor.

Además de la herramienta informática *SIGEM*, creada por el autor de la metodología MMG, ha sido necesario el uso del programa buscador de funciones, *Regint* (Caselles, 1998, 2008), el cuál nos ha permitido encontrar las funciones que mejor representaban la tendencia cíclica de la relación entre los índices calidad de vida y las tasas demográficas. Ambos programas son libres y pueden ser encontrados en la página personal de su autor, <http://www.uv.es/caselles/>. Todos los modelos que se presentan en este trabajo se han creado y aplicado en este entorno, tanto la validación como las simulaciones.

### **i.5. Objetivos de modelización: sostenibilidad demográfica y calidad de vida**

Lo interesante de este trabajo no es sólo que se presentan modelos socio-

demográficos universales, aplicables a cualquier país, sino que con sus aplicaciones pueden ser resueltos problemas sociales de diversa índole. Es por ello que una vez construido el modelo debemos aplicarlo a algún problema social actual. Como se ha mencionado en las primeras líneas de este trabajo, asumimos que la principal preocupación de la mayoría de los seres humanos es la mejora de su calidad de vida y el efecto que tiene ésta sobre el entorno familiar y social y/o viceversa. En nuestro caso, vamos a centrarnos en la resolución de los problemas de la sostenibilidad demográfica y de la calidad de vida de un país. Conceptos que a continuación vamos a desarrollar para que se comprenda el porqué de la elección de ambos problemas.

En primer lugar, para poder obtener una mejora de la calidad de vida, es indispensable la creación de un entorno social en el que se puedan desarrollar todas las capacidades del ser humano (idea extraída de la definición de Desarrollo Humano presentada al inicio (*UNDP*, 1990-2011)).

La creación o cambio de cualquier entorno social, parte de la educación. No se debe olvidar que es la educación la base fundamental que nos ayuda a introducir nuevos conceptos y pensamientos dentro de la sociedad. Es, en definitiva, la que hace crecer a todo ser humano en potencialidades. Delors (1996) concibe la educación como uno de los principales motores del desarrollo y, como una de sus funciones, el lograr que la humanidad pueda dirigir cabalmente su propio desarrollo. Trabajos como los de Zajacova et al. (2009) y Mukandavire et al. (2009) refuerzan la idea de Manfred Max (Max, 1997) y Delors (1996) acerca de que la educación es fundamental para satisfacer sus necesidades fundamentales. En definitiva, la educación juega un papel muy importante para el desarrollo de una sociedad. Es la educación la que nos dirigirá a conseguir un entorno social con elevada calidad de vida.

La mejora en la educación puede conducir además a una sociedad demográficamente estable (Sen, 2000), razón de nuestro primer objetivo, la búsqueda de la sostenibilidad demográfica, entendida como la tendencia hacia cero de la diferencia entre nacimientos y defunciones. Para ello debe ser controlado el crecimiento demográfico ya que somos conscientes que representa el problema inverso al que nosotros queremos resolver (Gil et al., 2006). Con lo que es conveniente ponernos en situación antes de intentar dar soluciones inmediatas



a un problema de estas dimensiones (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988; Ehrlich y Ehrlich, 1994; Brown y Mitchell, 1998; Folch, 1998; Sartori, y Mazzoleni, 2003; Diamond, 2006).

Las Naciones Unidas, para intentar dar una solución al problema del crecimiento demográfico desde el ámbito de la educación, ha creado una Década de la Educación para un Futuro Sostenible (2005-2014), designando a la UNESCO como órgano responsable de su promoción y encareciendo a todos los educadores a asumir un compromiso para que toda la educación, tanto formal (desde la escuela primaria a la universidad) como informal (museos, medios de comunicación...), preste sistemáticamente atención a la situación del mundo, con el fin de fomentar actitudes y comportamientos favorables para el logro de un desarrollo sostenible (Gil et al., 2006).

Es imprescindible intentar distinguir dos conceptos muy confusos: *superpoblación* y *crecimiento demográfico*. Ehrlich y Ehrlich (1994) señala que “la superpoblación de los países ricos, desde el punto de vista de la habitabilidad de la Tierra, es una amenaza más seria que el rápido crecimiento demográfico de los países pobres”.

A raíz de esto podemos decir, por un lado, que la superpoblación es una condición en que la densidad de la población rebasa a un límite que provoca un empeoramiento del entorno, una disminución en la calidad de vida o una disminución de la población. Y por otro lado, el crecimiento demográfico se establece cuando se contrasta el número de nacimientos frente al número de muertes en un periodo y lugar determinado.

Un ejemplo para entender estos dos conceptos es el que nos ilustran África y Europa. El crecimiento demográfico en África es muy superior al de Europa, pero Europa está mucho más poblada que África. Son las partes superpobladas del planeta las que tienen un consumo per cápita muy superior y las que más contribuyen en definitiva a la destrucción del entorno.

Es por esto que la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (1988) plantea las consecuencias de estos dos fenómenos: “En muchas partes del mundo, la población crece según tasas que los recursos ambientales disponibles no pueden sostener, tasas que están sobrepasando todas las expectativas

razonables de mejora en materia de vivienda, atención médica, seguridad alimentaria o suministro de energía”.

Como señala Sachs (2008, p. 219-220), “aunque la tasa de crecimiento demográfico del mundo ha descendido, toda complacencia en relación con este tema está fuera de lugar. La población mundial continúa incrementándose a marchas forzadas y en las regiones con menor capacidad para garantizar la salud, la estabilidad y la prosperidad de la población (...). El mundo debería adoptar un conjunto de medidas que contribuyeran a estabilizar la población mundial, mediante decisiones voluntarias, en una cifra en torno a los ocho mil millones de habitantes, en lugar de mantener la actual trayectoria que probablemente nos situará en los nueve mil millones o más en el año 2050”.

Brown y Mitchell (1998) plantean que “La estabilización de la población es un paso fundamental para detener la destrucción de los recursos naturales y garantizar la satisfacción de las necesidades básicas de todas las personas”. Es decir, para llegar a una sociedad sostenible debemos primero construir una sociedad estable demográficamente, y para ello es necesaria la reducción de las tasas actuales de crecimiento.

Nuestro modelo no sólo responderá a cómo resolver el crecimiento demográfico en la sociedad actual, es decir, cómo llegar a la sostenibilidad demográfica de una sociedad, sino que el uso de las variables calidad de vida nos proporciona una visión más amplia del problema de una sociedad demográficamente estable. A partir de observar la posición de la mujer en una sociedad determinada podemos modificar la calidad de vida de un país (segundo objetivo utilizado en nuestra modelización), es decir, que términos cómo la igualdad de sexos afecta de forma activa a la obtención de un entorno determinado.

Históricamente la mujer ha tenido que superar innumerables tipos de obstáculos para lograr mantener su condición de madre y unirse y participar de forma activa dentro de la sociedad. Durante mucho tiempo el rol de la mujer ha sido el de cuidar y educar a sus hijos, es decir, mantener el núcleo familiar. Es a partir de 1789, con la Revolución Industrial en Europa, cuando la mujer se incorpora al ámbito laboral, pero percibiendo salarios más bajos que los hombres y sometidas a condiciones muy duras. A partir de la Primera Guerra Mundial algunas mujeres empiezan a incorporarse a la educación universitaria, pero aún no está bien visto

socialmente el que la mujer trabaje, por lo cual su campo laboral queda muy reducido. Después de la Segunda Guerra Mundial existe un cambio de valores que trae como consecuencia una nueva era de rebeldía hacia la tradición, la familia y la religión. Es pues en los siglos XX y XXI cuando las mujeres empiezan a “competir” con los hombres, siendo en esta época cuando más apoyadas y respaldadas están. Se empiezan a reconocer sus derechos y su duro trabajo, tanto dentro como fuera del ámbito familiar.

Es en la resolución de la Asamblea General de las Naciones Unidas que tuvo lugar el 17 de Septiembre del 2010, titulada “Cumplir la promesa: unidos para lograr los Objetivos de Desarrollo del Milenio” (UNDP, 2010) dónde se declara, entre otras cosas, lo siguiente:

“Tomamos nota de la experiencia adquirida y las políticas y los enfoques que han tenido éxito en la aplicación y el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio y reconocemos que con un mayor compromiso político podrían reproducirse y ampliarse para acelerar los progresos, incluso por los siguientes medios:

....

*l) Ampliando las oportunidades para las mujeres y las niñas y promoviendo el potenciación económico, legal y político de la mujer;*

*m) Invirtiendo en la salud de las mujeres y los niños para reducir drásticamente el número de mujeres y niños que mueren por causas evitables;*

....”

Los puntos (l) y (m) de esta declaración ponen énfasis en la desigualdad de sexos un aspecto, a tener en cuenta en cualquier sociedad.

Así pues, con todo esto podemos concluir que el crecimiento demográfico y la calidad de vida de un país son dos conceptos íntimamente relacionados. Sabemos que actualmente en los países desarrollados se visualiza una sociedad en la que la población de personas mayores jubiladas supera en número a la población joven (a la inversa ocurre en los países en desarrollo), y para lograr estabilizar el crecimiento demográfico es fundamental saber cuál será el rol de las mujeres en las sociedades futuras. Así pues consideramos que es esencial saber: (a) cómo

combinar la ampliación de sus oportunidades (promoviendo su enriquecimiento económico y su situación laboral) con su papel de protagonista principal dentro del seno familiar a efectos reproductivos (por ello su condición laboral debe ser considerada de forma distinta a la del hombre), (b) cuál de estos dos aspectos debe potenciarse, y (c) en qué momento debe potenciarse.

Con ello, en este trabajo se ha pretendido contribuir, mediante la construcción de un modelo matemático universal, a la solución de estos dos problemas sociales previamente expuestos. Por un lado, se desea obtener una sociedad demográficamente estable y por otro ver como incrementar la calidad de vida de una sociedad de esas características. Nuestra contribución incorpora la dinámica de poblaciones humanas por sexos que cubre los procesos demográficos como los nacimientos, defunciones y migraciones y que introducen de forma implícita los índices de calidad de vida que propone la ONU, como son el IDH (Índice de Desarrollo Humano), IDG (Índice de Diferenciación de Género), IPG (Índice de Potenciación de Género) o IPH (Índice de Pobreza Humana) relacionados con los procesos demográficos anteriormente descritos.

#### **i.6. Estado del arte: modelos demográficos que pueden incorporar otras variables**

Desde el punto de vista de la dinámica de poblaciones genéricas, no necesariamente humanas, hay otros estudios que desde la perspectiva de la modelización, aunque no incorporando variables relacionadas con la calidad de vida, pretenden estudiar el problema de la sostenibilidad poblacional. Así ocurre con los modelos de Kermack-McKendrick y Lotka-McKendrick. El modelo de Kermack-McKendrick es un modelo que estudia la evolución de enfermedades infecciosas, (Inaba, 2001), las epidemias de las enfermedades de las plantas, (Segarra et al., 2001), en sociología, el estudio de la transmisión y persistencia de leyendas urbanas, (Noymer, 2001), y predecir y controlar los disturbios violentos, (Patten, 1999). Por otro lado, Bacaër et al. (2006) ha estudiado la epidemia del VIH=SIDA usando un modelo de Kermack-McKendrick.

El modelo de Lotka-McKendrick calcula la densidad de población como variable principal y se ha usado para resolver el problema de optimización de cosechas, (Murphy et al., 1991); (Anita et al., 1998); (Barbu et al., 2001). Los modelos de

Kermack-McKendrick y Lotka-McKendrick también calculan nacimientos usando tasas de fertilidad, y son modelos de control deterministas. Igualmente, un principio general para los modelos de sistemas no lineales de McKendrick y Gurtin-MacCamy se estudia en Feichtinger et al. (2003). En este trabajo, se analiza un modelo de control de epidemias y un modelo de acumulación de capital. Una aproximación más lejana la encontramos en Almeder (2004), el cual considera la variable edad como discreta y trabaja con un sistema de ecuaciones diferenciales acopladas. Además, el trabajo de Kim (2006) usa los métodos discontinuos de Galerkin para encontrar la solución.

El modelo de referencia, para nuestro modelo estructurado por edades, de Von Foerster-McKendrick usa las tasas de fertilidad y mortalidad. Este modelo ha sido generalizado, (Micó et al., 2008). En él se introduce la distinción de sexos, una población no cerrada, y el considerar los movimientos de inmigración y emigración. Por otra parte, en el trabajo realizado por Takada y Caswell (1997) se estudia la población madura en biología y Chowdhury y Allen (2001) presentan una aproximación estocástica para poblaciones biológicas en un sistema de dos ecuaciones diferenciales que provienen del modelo de von Foerster-McKendrick tras considerar la variable edad como discreta. Otro estudio en dinámica de poblaciones biológicas es el trabajo de Clemons et al. (2001) quién estudió las soluciones periódicas en el tiempo que surgían desde la bifurcación de Hopf para modelos de McKendrick cuando las tasas de fertilidad y mortalidad dependían explícitamente del tiempo. Debemos mencionar otros trabajos que estudian la estabilidad de los modelos no lineales. El trabajo clásico de Webb (1985) es interesante porque trata de aplicaciones significativas. El artículo de Mischler et al. (2002) introduce la variable madurez en el estudio de la estabilidad de soluciones y el artículo de Norhayati y Wake (2003), que sigue el mismo objetivo, incluye un término de competición para recursos naturales.

Keifitz (1977) presenta cuatro modelos distintos sobre dinámica de poblaciones, la ecuación Integral de Lotka, el método de la Matriz de Leslie, el sistema dado por ecuaciones diferenciales y las ecuaciones de von Foerster-MacKendrick. Keifitz (1977), reseña que estos modelos son equivalentes, y en Leguina (1971) y Sanz (2008) encontramos estas equivalencias.

Existen distintos trabajos que incorporan nuevas variables a los modelos descri-

tos anteriormente, variables que podemos considerar variables calidad de vida, entre ellos podemos destacar varios. Schoen (1988) incorpora el matrimonio entre mujeres y hombres y la fertilidad y realiza el análisis demográfico. Land et al. (2005) estudia la tabla de vida, es decir, un modelo de población estacionaria y su estabilidad, considerando matrimonios y divorcios, además de la fertilidad, para ello controla la interacción de ambos sexos. Finalmente, además de la aproximación continua dada por los modelos McKendrick, hay algunos métodos discretos relevantes que consideran la dinámica de población estructurada por sexos. Estos modelos son una generalización de la teoría clásica de la población estable. Esta teoría controla el cambio dinámico a través de la matriz de Leslie. El trabajo de Caswell y Weeks (1986) analiza las consecuencias dinámicas al considerar dos sexos en los modelos demográficos, así como el caos y la extinción. También Pollak (1986, 1990) generalizan la teoría clásica de la población estable a través de los nacimientos del modelo de matriz de apareamiento.

Algunos autores tratan la estabilidad de la población desde el punto de vista de la modelización, como por ejemplo Farkas (2004), el cual centra el problema en la *estabilidad* con ecuaciones no lineales de McKendrick con las tasas de fecundidad y mortalidad. Guo y Sun (2005) estudian la optimización de nacimientos con un modelo estructurado de tipo McKendrick utilizando un método basado en programación dinámica para el caso de la población en China. En este modelo, las predicciones para el período 1989-2014 se comparan con un objetivo que ellos llaman "*población ideal*". Alho y Spencer (2005) desarrollan una teoría y una notación para las tablas de vida en varios estados, es decir, un modelo de *población estacionaria y su estabilidad*, teniendo en cuenta los matrimonios y divorcios, además de las tasas de fecundidad, en el contexto de un modelo lineal general de crecimiento basado en el método de Matrices de Leslie, que se aplica a diferentes situaciones económicas.

También se encuentran artículos que presentan modelos estrictamente económicos en los que se introducen variables de bienestar. Aunque no sean modelos de dinámica de poblaciones, sus variables se pueden ampliar o ser consideradas para modelos de dinámica de poblaciones en futuros trabajos ya que la ONU marca la economía como un aspecto de la calidad de vida. En este campo se pueden destacar los siguientes trabajos:

- Croix y Sommacal (2009) muestran un modelo económico donde se observa que la evolución de la ciencia médica es un factor importante para la comprensión de la esperanza de vida en Inglaterra en los siglos XVIII y XIX. Es decir, si aumentamos o disminuimos capital en el campo de la salud, la esperanza de vida se va a ver afectada positiva o negativamente, respectivamente. Esta idea es utilizada en este artículo en el apartado de simulaciones para el periodo de estudio 2009-2015 que nosotros realizamos.
- Hritonenko y Yatsenko (2008) obtienen como principal resultado que en los Estados Unidos, la extrapolación de las actuales *tendencias tecnológicas* puede compensar las tendencias demográficas negativas sin aumentar la edad a la jubilación. Para ello, su modelo demográfico por edades considera variables como la productividad, el empleo y el ingreso de dinero.
- Bréchet y Lambrecht (2009) desarrollan un modelo *OLG* (Overlapping Generations Model) en el que se introduce una nueva variable, el altruismo, que también puede ser considerada como un aspecto de la calidad de vida. Este modelo relaciona el crecimiento demográfico, la presión sobre los recursos renovables y la trayectoria de la economía. Se estudia el papel del altruismo en la familia en el caso de un descenso de la población y en el caso de una disminución de la tasa de fertilidad.
- Dubey (2010) propone y analiza un modelo matemático no lineal para estudiar el efecto de contaminación ambiental sobre la biomasa de los recursos y la población humana, para ello se considera que existe un presupuesto limitado para la limpieza del medio ambiente y las políticas de salud.

Algunos autores solamente teorizan sobre la relación entre variables calidad de vida y los procesos demográficos. Entre ellos, tenemos los modelos de Bongaarts y Potter (1983) que identifican 4 variables que hacen modificar la fertilidad: la edad en que las mujeres se vuelven sexualmente activas, la duración e intensidad de la lactancia materna (menos lactancia significa más fertilidad), uso de anticonceptivos y el aborto. Con esto deducen que la potenciación de género ayuda a reducir la fertilidad. Por otro lado un esquema similar ideado por Mosley y Chen (1984) identifica cinco variables que determinan la mortalidad infantil: factores maternos (edad de la madre al nacer, número de nacimientos previos, tiempo

entre nacimientos), contaminación del medio ambiente, deficiencia en nutrientes, lesiones y prevención de enfermedades. Mason (1995) realiza un resumen de cómo la potenciación de género afecta a las tasas de fertilidad, mortalidad y migración. Hopcroft y Whitmeyer (2010) hablan de cómo la fertilidad no sólo está relacionada con el tema económico, sino también con la psicología evolutiva del ser humano. Para ello nos muestran como la relación entre la procedencia de una persona, la inversión en el estatus personal profesional, la situación laboral y la fertilidad es un tema que puede ser abordado con la teoría formal, y que este enfoque puede ser útil en la generación de nuevas predicciones y el descubrimiento de relaciones empíricas. De éste obtienen cuatro conclusiones: 1) la procedencia tiene un efecto negativo en la fertilidad; el efecto es más fuerte para las mujeres que para los hombres; 2) el efecto de la condición de origen sobre la situación laboral es positivo, pero más fuerte para los hombres que para las mujeres; 3) esta segunda diferencia entre hombres y mujeres es mayor que el primera diferencia, 4) la correlación entre la fertilidad y la situación laboral femenina es negativa.

En resumen, la extensa literatura sobre modelos demográficos nos muestra la escasez de modelos sobre la dinámica de poblaciones humanas por sexos (tanto temporales solamente cómo estructurados por edades de población además) cómo los que se muestran en éste trabajo. Los modelos, que se presentan aquí, contienen variables de calidad de vida genéricas, como los índices que define la ONU, relacionadas con procesos demográficos tales como nacimientos, defunciones y migraciones, y son modelos universales, válidos para cualquier país.

### **i.7. Estado del arte: Modelos del Mundo**

Sin embargo, tal como se ha expresado con anterioridad, lo que deseamos en este proyecto es construir un modelo de aplicación universal que considere cualquier tipo de variable (independiente de su naturaleza), y por tanto debemos acudir a teorías transdisciplinares, en nuestro caso a la Teoría General de Sistemas y dentro de ésta a la Dinámica de Sistemas desarrollada por Forrester en los años 50 del siglo pasado. Siguiendo esta vía, la literatura nos conduce a los Modelos del Mundo, siendo nuestro trabajo una parte de un Modelo del Mundo que está en proceso de construcción.

Es Jay W. Forrester uno de los que originaron el primer Modelo del Mundo. En el



trabajo *The Limits to Growth* (Meadows, 1972), Jay W. Forrester y Dennis Meadows desarrollan el modelo World 2 formulado desde la Dinámica de Sistemas, cuya técnica se muestra en *World Dynamics* en el año 1971 (Forrester, 1971). Este modelo representa el mundo como una entidad geográfica única y una conclusión de las simulaciones que con dicho modelo hacen es que el agotamiento de los recursos naturales y el aumento de la contaminación predicen, a partir de un determinado punto temporal, la disminución de la población, el capital y el nivel de vida. Y postulan que “*si el actual incremento de la población mundial, la industrialización, la contaminación, la producción de alimentos y la explotación de los recursos naturales se mantiene sin variación, se alcanzarán los límites absolutos de crecimiento en la Tierra durante los próximos cien años.*”

Este primer modelo es perfeccionado y ampliado en el Two-Worlds Dynamics (Cumings, 1975) que considera al mundo dividido en países desarrollados y no desarrollados y en Tercer Mundo y se presentó como World 3 y World 3/91 en *Beyond the Limits* (Meadows et al., 1992). Este segundo modelo admite la posibilidad de que por medio de convenientes innovaciones tecnológicas, tales como el desarrollo de nuevas fuentes de energía, no se produzca el agotamiento de recursos implícito en el anterior, y entre las conclusiones del mismo se dice que, al no llegarse al agotamiento de los recursos naturales, y debido al desarrollo de una fuerte industrialización, la población mantiene un alto nivel de vida hasta que los problemas de contaminación hacen caer el nivel de vida, y con él la población, de forma drástica.

Así Jay W. Forrester, Donella y Dennis Meadows, en *Beyond the Limits* (1992), proponen intervenir sobre las variables de control principales del modelo (recursos naturales, población, calidad de vida, capital invertido, contaminación) para conseguir un comportamiento más equilibrado.

La crítica más generalizada a estos tres modelos es la excesiva agregación de los mismos, ya que a pesar que tan sólo hay un mundo, hay clara diferencia entre regiones, principalmente entre países desarrollados y en desarrollo, los cuáles se enfrentan a problemas claramente diferenciados con estrategias de resolución potencialmente distintas. Así por éste camino continuaron Mesarovic y Pestel quienes presentaron World Interdependence (WIM). El modelo se puede encontrar en *World Modeling* (Hughes, 1980). Este modelo presenta al mundo dividido

en 12 regiones e integra procesos como, producción y consumo en la agricultura, la pesca y la energía, macroeconomía, población, comercio, aumento de la inversión, ayuda extranjera y emisiones de CO<sub>2</sub>.

En 1977 se presenta la primera versión del modelo japonés FUGI, (Future of Global Interdependence) desarrollado por Akira Onishi, Yoichi Kaya y Yutaka Suzuki y que lo encontramos desarrollado en sucesivas versiones hasta el día de hoy y explicado en un artículo reciente (Onishi, 2002). Se trata de un modelo que proporciona información global a la sociedad humana e intenta descubrir la posibilidad de coordinación de políticas entre los países con el fin de lograr el desarrollo sostenible de la economía mundial dentro de las limitaciones de los cambios en el entorno global.

La evolución de estos modelos dió origen al desarrollo del Modelo del Mundo IV en la década de los 90. En esta simulación el mundo desarrollado mantiene su crecimiento, su economía se ajusta satisfactoriamente a los mayores costos de los recursos y su nivel de población llega a estabilizarse. Por el contrario el mundo no desarrollado sufre no tanto la falta de recursos como la malnutrición. El crecimiento rápido de la población, la limitación territorial, el coste de la alimentación sobrecargan a la economía causando su estancamiento. El control de natalidad, la inversión, la ayuda extranjera ayudan al mundo no desarrollado pero no lo suficiente para permitir su despegue económico.

También se ha encontrado que otros autores trabajan en modelos ambientales, como por ejemplo Holland (1984), Lewis (1984), Swart (1988), Ham et al. (1990), Benet (1992), Kickert et al. (1999), Boumans et al. (2002) modelos que podrían ser usados en un futuro para introducir a nuestro modelo la parte ambiental necesaria.

Lo último que hemos encontrado en cuanto a modelos globales está en el trabajo de Turner et al. (2011) que presentan el modelo ASFF que trata de valorar la longevidad de una economía nacional y lo aplican a Australia. Otros modelos globales que podríamos comentar son, entre otros, IMAGE, TARGETS, GUMBO, Threshold-21, así como los trabajos del MIT en su “Integrated Global System Model” y también el “Millenium Project”.

Todos estos modelos y estudios hacen proyecciones económicas, demográficas,

ambientales y sociales, pero todos ellos poseen como punto base la evolución económica y/o la ambiental. Ninguno se fundamenta o pone especial énfasis en la evolución social, diferencia fundamental entre estos modelos del mundo y el ya construido y que se pretende seguir ampliando en este trabajo. Cada modelo existente ve el mundo desde su propia perspectiva; toda modelización, como es bien sabido, es una simplificación de la realidad (y por tanto una aproximación) y se construye con unos objetivos y una visión particular, lo que no le quita valor dado que debe ser validada por contraste con la realidad. Por eso es muy interesante la comparación de los resultados de diferentes simulaciones obtenidas con diferentes modelos o enfoques. Si estos son coincidentes o al menos no son incompatibles aparecen como más fiables.

Un referente a nuestro proyecto de Modelo del Mundo es el desarrollado en el Departamento de Matemática Aplicada de la Universidad de Valencia, un modelo sistémico de evolución social sostenible, MES (Modelo de Evolución Social), presentado en Pla et al. (1994) con el que se desarrollan elementos económicos y ambientales desde la evolución social.

Nuestro proyecto de Modelo del Mundo, tal y como se ha mencionado anteriormente, está construido con variables calidad de vida que nos proporcionan los Informes de Desarrollo Humano (otra característica distintiva de nuestro trabajo). La organización que los publica, la ONU, muestra que los problemas sociales son los más importantes para la sociedad mundial y que la calidad de vida no sólo viene medida por variables económicas. Desde este planteamiento de la ONU, se concibe la necesidad de una nueva perspectiva que tenga esto en cuenta en la construcción de los Modelos Globales, como es el caso del proyecto que aquí avanzamos.

El modelo aquí presentado es el germen de un proyecto de Modelo Global con carácter universal, es decir, transferible a cualquier país, y obtenido siguiendo una metodología (Caselles, 1992a, 1993, 1994, 2008) que permite ampliar los distintos subsistemas así como la incorporación de otros nuevos, tal y como se ha explicado anteriormente.

## **i.8. Contenidos de los capítulos**

Hemos construido el Modelo Estructurado por Edades como base para realizar la construcción futura de nuestro Modelo del Mundo por incorporación de nuevos subsistemas. Las fases del proceso que hemos seguido para construir el Modelo Estructurado por Edades se aprecian en la Figura 02. Los diversos contenidos correspondientes a estas fases se presentan en una secuencia de capítulos que resumimos a continuación.

En el **primer capítulo** se muestran los Modelos Temporales I, II y III, así como los procesos de obtención de las estructuras matemáticas de las funciones utilizadas y el ajuste de las tasas de fertilidad y defunción respecto de los índices de calidad de vida, así como el ajuste temporal de las tasas de emigración e inmigración. Se refuerza con el Apéndice I, dónde se detalla cada uno de los cálculos.

En el **segundo capítulo** se detallan las validaciones deterministas y estocásticas de los tres modelos temporales. Como se ha comentado anteriormente, en este trabajo se plantea la obtención de un modelo universal para el estudio demográfico de la población, el cual, en primera instancia, es un modelo temporal (Modelos Temporales II y III, dónde intervienen todos los índices de calidad de vida de la ONU, con las diferencias entre ambos ya explicadas al inicio). Para la obtención de éste, se han realizado previamente modelos que han sido validados para distintos países y han conducido al Modelo Temporal I. Con esto este capítulo se presenta dividido de la siguiente forma según el índice de calidad de vida que se utiliza para la optimización:

Validación de los Modelos Temporales I y II:

- Índice de Desarrollo Humano (IDH), validado para dos países pertenecientes a la OCDE (España, Bélgica) (Modelo Temporal I)
- Índice de Diferenciación de Género (IDG), validado para dos países pertenecientes a la OCDE (España, Bélgica) (Modelo Temporal I)
- Índice de Potenciación de Género (IPG), para dos países pertenecientes a la OCDE (España, Bélgica) (Modelo Temporal I)
- Los tres índices IDH, IDG, IPG, validado para dos países pertenecientes a la OCDE (España, Bélgica) (Modelo Temporal II)

Validación de los Modelos Temporales I y III:

- Índice de Pobreza Humano-2 (IPH-2), validado para dos países pertenecientes a la OCDE (España, Canadá) (Modelo Temporal I)
- Los cuatro índices IDH, IDG, IPG, IPH-2, validado para dos países pertenecientes a la OCDE (España, Bélgica) (Modelo Temporal III)

En el **tercer capítulo** se presentan los Modelos Estructurados por Edades II y III, la obtención de las estructuras matemáticas de las funciones y el ajuste de las tasas de fertilidad y mortalidad respecto de los índices de calidad de vida, así como el ajuste de las tasas de emigración e inmigración por edades.

En el **cuarto capítulo** se detallan las validaciones deterministas y estocásticas de los Modelos Estructurados por Edades II y III con datos extraídos directamente de las fuentes estadísticas de los países considerados. Las etapas para llevar a cabo estas validaciones han sido las siguientes:

Validación del Modelo Estructurado por Edades II:

- Modelo Universal con los tres índices (IDH, IPG, IDG), validado para dos países pertenecientes a la OCDE (España, Bélgica).

Validación del Modelo Estructurado por Edades III:

- Modelo OCDE con los cuatro índices (IDH, IPG, IDG, IPH-2) validado para dos países pertenecientes a la OCDE (España, Bélgica).

Los detalles de las validaciones y cálculos de este capítulo se encuentran en el Apéndice II.

En el **quinto capítulo** se detallan las validaciones deterministas y estocásticas con datos calculados a partir de las fuentes estadísticas de los países considerados. Se ha realizado en las siguientes fases:

Validación del Modelo Estructurado por Edades II:

- Modelo Universal con los tres índices (IDH, IPG, IDG), validado para España.

### Validación del Modelo Estructurado por Edades III:

- Modelo OCDE con los cuatro índices (IDH, IPG, IDG, IPH-2) validado para España.

Los detalles de las validaciones y cálculos de este capítulo se encontrarán en el Apéndice II.

En el **sexto capítulo** se plantean estrategias y escenarios para el Modelo Estructurado por Edades II para el caso de España. Los detalles de las simulaciones y cálculos de este capítulo se encuentran en el Apéndice III.

En el **séptimo capítulo** se muestran los nuevos índices calidad de vida que se presentaron en el Informe sobre Desarrollo Humano en Octubre del 2010, y se validan los modelos temporales (Modelo Temporal I), para los siguientes casos:

- Índice de Desarrollo Humano Híbrido, validado para dos países pertenecientes a la OCDE (España, Bélgica).
- Índice de Desigualdad de Género, validado para un país perteneciente a la OCDE (España).

Los detalles de las simulaciones y cálculos de este capítulo se encuentran en el Apéndice III.







## **Capítulo 1**

---

Los Modelos Temporales I, II y III



---

En este primer capítulo vamos a mostrar el proceso de construcción del modelo demográfico temporal con carácter universal. Nos encontramos en las Fases I y II que aparecen en la Figura 02, es decir, en la construcción del Modelo Temporal I, del Modelo Temporal II y del Modelo Temporal III.

Se presenta la estructura genérica de cada modelo, además de la definición y obtención de las estructuras matemáticas correspondientes a las funciones que permiten calcular las tasas demográficas, tanto las que se calculan como dependientes del tiempo (emigración e inmigración) como las dependientes de las variables calidad de vida (fertilidad y defunción).

Para una buena comprensión de las ecuaciones que se mostrarán a lo largo de todo el capítulo es importante tener listadas todas las variables usadas. Este listado lo podemos encontrar en el Apéndice I.1. Para mayor comodidad del lector, las variables se encuentran por orden alfabético y clasificadas por subsistemas a los que pertenecen, a saber: demográfico, calidad de vida 1 (Índice de Desarrollo Humano), calidad de vida 2 (Índice de Diferenciación de Género), calidad de vida 3 (Índice de Potenciación de Género) y calidad de vida 4 (Índice de Pobreza Humana).

Tal y como se mencionó en la Introducción, en este trabajo se hará uso del diagrama hidrodinámico, también llamado Diagrama de Forrester (1961), que nos proporciona de forma gráfica la relación entre todas las variables involucradas en el modelo y el tipo de cada una de ellas. En la Figura 1 se muestra este diagrama, que en este caso representa la estructura de relaciones de los Modelos Temporales II y III. Se distingue por colores cada subsistema. Como se mencionó en el esquema organizativo de la Introducción, cada subsistema ha sido validado de forma independiente para posteriormente proceder a la validación de forma conjunta. Así, se observa en color azul el subsistema correspondiente a Demografía (diferenciada por sexos), en verde al Índice de Diferenciación de Género, en rosa al Índice de Desarrollo Humano, en morado al Índice de Potenciación de Género y en marrón al Índice de Pobreza Humana. La omisión de todas las variables de calidad de vida excepto una representaría particularizar el diagrama hidrodinámico correspondiente al Modelo Temporal I para una sola variable de calidad de vida: Modelo Temporal I para el Índice de Diferenciación de Género (IDG), Modelo Temporal I para el Índice de Desarrollo Humano (IDH), Modelo Temporal I para

el Índice de Potenciación de Género (IPG), y Modelo Temporal I para el Índice de Pobreza Humana (IPH-2).

Recordemos que para la construcción del Diagrama de Forrester las variables se clasifican en diferentes tipos. Los símbolos que las representan y su definición son:

- Variables de Nivel: requieren un valor inicial, que es una variable de entrada, y los siguientes valores se actualizan. Están representadas por un icono cuadrado, ya que pueden ser comparadas con el nivel de un tanque dónde se almacena un líquido.
- Variables de Flujo: se pueden comparar con las llaves de paso que regulan el flujo hacia o desde un tanque de líquido. Están representadas por un icono característico (cuadrado unido a un reloj de arena).
- Variables Auxiliares: son las variables intermedias que se utilizan para calcular los flujos, o pueden ser también variables de salida estricta (que no influyen sobre ninguna otra). Están representadas por un círculo o elipse.
- Variables de entrada: se trata de variables sobre las que ninguna otra influye y cuyo valor puede ser constante o asignado con una función del tiempo. Entre ellas se eligen las variables de control o decisión y las variables exógenas o de escenario. Están representadas por un círculo o una elipse de doble línea.
- Fuentes o sumideros: su icono, en el gráfico, es una nube y representan la procedencia o el destino de los flujos que entran o salen de los niveles cuando no interesa especificar la naturaleza de dicha procedencia o destino.

Las flechas entre las variables del gráfico representan movimiento de algo físico si son de tipo continuo o simplemente influencia si son de trazos.

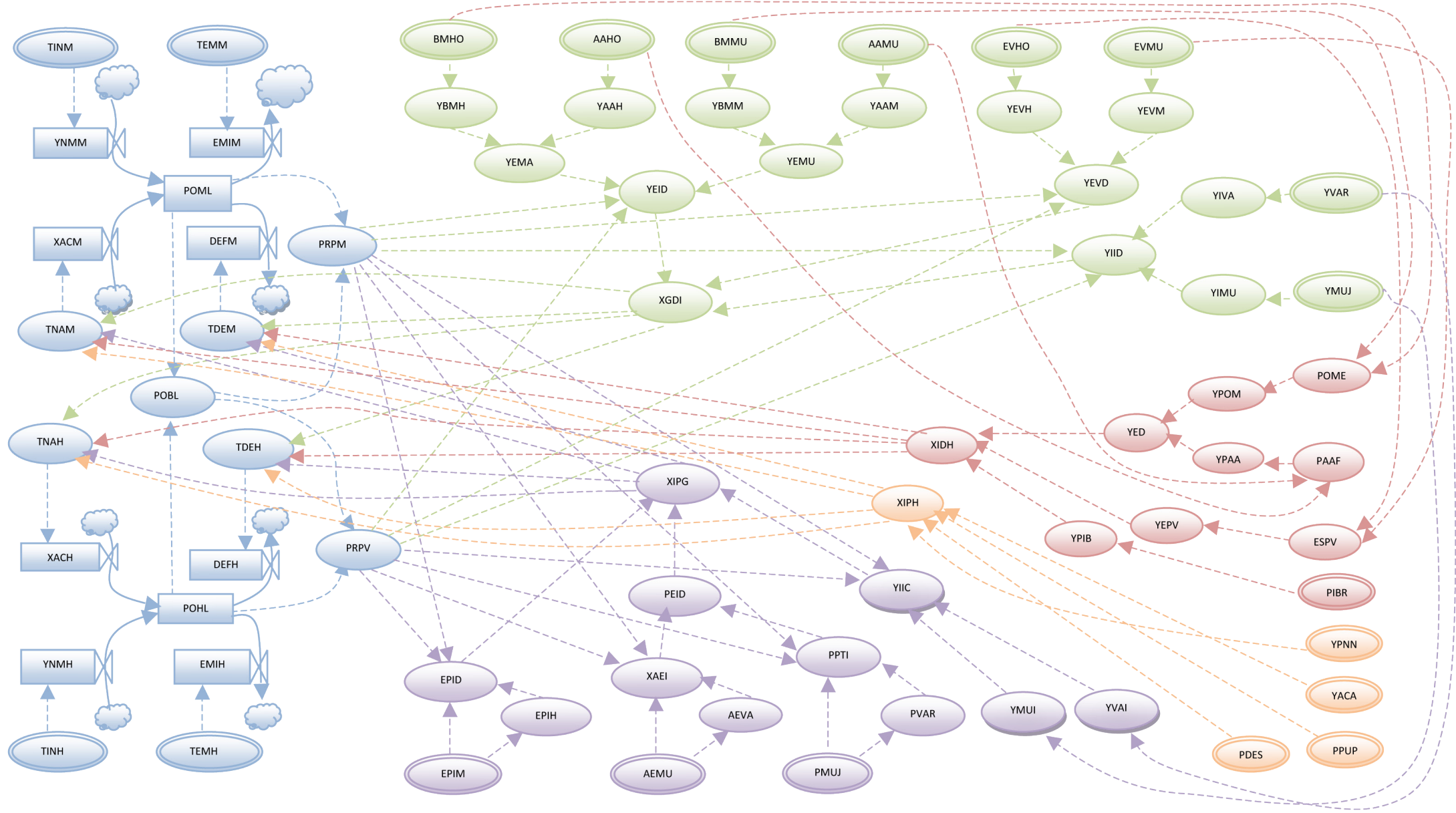


Figura 1: Diagrama de Forrester correspondiente al Modelo Temporal III. Contiene los índices de la ONU: IDH, IDG, IPG, IPH-2.



## 1.1. Estructura de los Modelos Temporales I, II y III

En primer lugar, debemos enfatizar que la estructura buscada es universal, con lo que es la misma tanto para el Modelo Temporal I, como para los Modelos Temporales II y III. Partimos de que la dinámica de la población de hombres y mujeres se ve influida por las tasas de fertilidad, mortalidad, emigración e inmigración. Las dos primeras dependen a su vez de las variables calidad de vida y las dos últimas dependen del tiempo. Además las variables calidad de vida, que vienen dadas por los índices que proporciona la ONU, se calculan a partir de las variables de entrada y de la población resultante. Se puede observar todo esto en la Figura 1.

A continuación presentamos las ecuaciones genéricas del modelo demográfico utilizado.

### 1.1.1. Ecuaciones Genéricas

El punto de partida de este modelo demográfico es el modelo presentado por Micó et al. (2006) sin estructura de edades:

$$\frac{dPOHL(t)}{dt} = TNAH(t) \cdot POML(t) - TDEH(t) \cdot POHL(t) + (TINH(t) - TEMH(t)) \cdot POHL(t) \quad (1)$$

$$\frac{dPOML(t)}{dt} = TNAM(t) \cdot POML(t) - TDEM(t) \cdot POML(t) + (TINM(t) - TEMM(t)) \cdot POML(t) \quad (2)$$

En él, todas las variables dependen del tiempo  $t \in [t_0, \infty[$ , y dónde:

$POHL$  es la población masculina.

$POML$  es la población femenina;

$TNAH$  es la tasa de fertilidad masculina, definida como número de nacimientos de hombres entre población femenina;

$TNAM$  es la tasa de fertilidad femenina, definida como número de nacimientos de mujeres entre población femenina;

$TDEH$  es la tasa de defunción masculina;

$TDEM$  es la tasa de defunción femenina;

*TINH* es la tasa de inmigración masculina, definida como número de inmigrantes de hombres entre población de hombres;

*TINM* es la tasa de inmigración femenina, definida como número de inmigrantes de mujeres entre población de mujeres;

*TEMH* es la tasa de emigración masculina, definida como número de emigrantes de hombres entre población de hombres;

*TEMM* es la tasa de emigración femenina, definida como número de emigrantes de mujeres entre población de mujeres;

Las tasas de emigración e inmigración dependen explícitamente del tiempo, cómo se ha comentado anteriormente. Esta hipótesis también es considerada para todas las tasas por Marchetti, et al., (1996), Micó & Caselles, (1998) y Chowdhury & Allen, (2001).

Al haber tasas masculinas y femeninas, a partir de ahora, el subíndice  $i$  representa los dos sexos para todas las variables:  $i = 1$  para los hombres y  $i = 2$  para las mujeres.

Las dependencias de las tasas de fertilidad (definidas respectivamente como nacimientos de hombres y mujeres entre población femenina) con respecto a las variables calidad de vida se representan como:

$$TNAH(t) = a_1(\text{calidad}(t)) \quad (3)$$

$$TNAM(t) = a_2(\text{calidad}(t)) \quad (4)$$

Dónde *calidad* representa los índices calidad de vida, o la combinación de los mismos, según tengamos el Modelo Temporal I (Fase I de la Figura 02) o en los Modelos Temporales II y III (Fase II de la Figura 02), respectivamente. Es decir,  $\text{calidad}(t) = f(\text{idh}(t), \text{idg}(t), \text{ipg}(t), \text{iph}(t))$ . Y para cada modelo que se indica en la Figura 02 la función sería definida de la siguiente forma:

- Modelo Temporal I con IDH,  $\text{calidad}(t) = f(\text{idh}(t))$ .
- Modelo Temporal I con IDG,  $\text{calidad}(t) = f(\text{idg}(t))$ .
- Modelo Temporal I con IPG,  $\text{calidad}(t) = f(\text{ipg}(t))$ .



- Modelo Temporal I con IPH,  $calidad(t)=f(iph(t))$ .
- Modelo Temporal II,  $calidad(t)=f(idh(t), idg(t), ipg(t))$ .
- Modelo Temporal III,  $calidad(t)=f(idh(t), idg(t), ipg(t), iph(t))$ .

Además, si consideramos  $n_i(t)$  como los nacimientos, estos se pueden escribir de la siguiente forma:

$$n_1(t) = TNAH(t) \cdot POML(t) \quad (5)$$

$$n_2(t) = TNAM(t) \cdot POML(t) \quad (6)$$

En cuanto a la dependencia entre las tasas de mortalidad (definidas como defunciones de hombres y mujeres respecto a la población de hombres y mujeres, respectivamente) y las variables calidad de vida, se representa como:

$$TDEH(t) = b_1(calidad(t)) \quad (7)$$

$$TDEM(t) = b_2(calidad(t)) \quad (8)$$

Finalmente, los balances migratorios masculinos y femeninos,  $m_i(t)$ , se definen como la tasa de inmigración menos la tasa de emigración multiplicadas por la población, de la siguiente manera:

$$m_1(t) = (TINH(t) - TEMH(t)) \cdot POHL(t) \quad (9)$$

$$m_2(t) = (TINM(t) - TEMM(t)) \cdot POML(t) \quad (10)$$

Hasta aquí hemos presentado la estructura general de las ecuaciones comunes de los Modelos Temporales I, II y III, tal como se mencionó en la Introducción. Sin embargo, uno de los objetivos de nuestro trabajo es descubrir cuál es la relación entre las variables demográficas y las variables calidad de vida. A continuación se muestra cómo se ha obtenido dicha relación.

### 1.1.2. Estructuras Matemáticas Obtenidas

Para poder obtener unas fórmulas genéricas para las tasas de fertilidad y mortalidad respecto de la calidad de vida se han buscado las relaciones entre dichas tasas definidas por sexos y los índices calidad de vida de la ONU. Se ha elegido una representación de países: los países de la OCDE. El motivo de esta elección

se debe a la abundante información histórica que estos poseen, que en general los demás no tienen. Esta información ha sido extraída de la base de datos *Eurostat*, así como de los Informes de Desarrollo Humano (*UNDP*, 1990-2011).

En las Figuras 2 a 17 se muestran en forma de diagrama de dispersión las relaciones entre las tasas de fertilidad y mortalidad respecto a cada índice por separado. Estas representaciones gráficas nos proporcionan la información visual sobre la posible relación entre dichas variables y nos facilitan la construcción del Modelo Temporal I. Los países considerados y los colores que los representan en las gráficas son los siguientes:

AUSTRALIA	NORUEGA	DINAMARCA	
EEUU	FINLANDIA	ALEMANIA	ISLANDIA
REPUBLICA CHECA	IRLANDA	AUSTRIA	
POLONIA	BELGICA	ESPAÑA	
CANADA	SUECIA	SUIZA	

### IDH

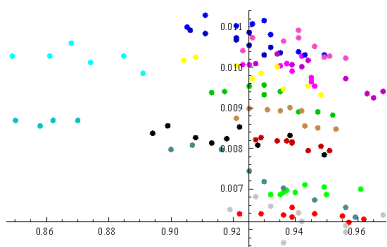


Figura 2: Tasa Mortalidad de Mujeres, para el periodo 1994-2008 en función del IDH.

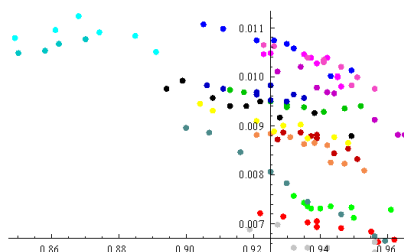


Figura 3: Tasa Mortalidad de Hombres, para el periodo 1994-2008 en función del IDH.

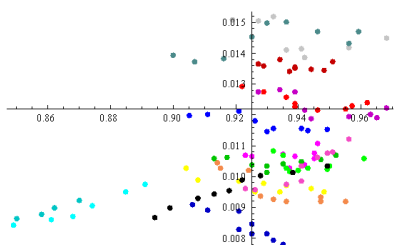


Figura 4: Tasa Fertilidad de Mujeres, para el periodo 1994-2008 en función del IDH.

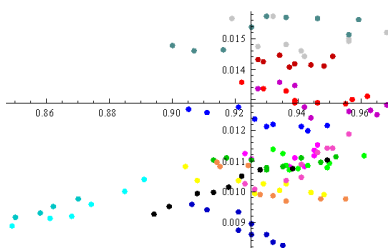
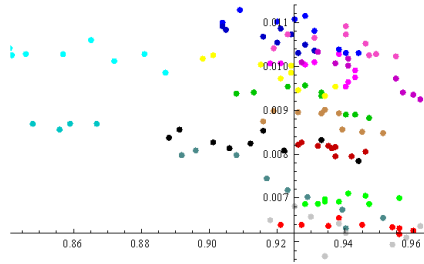
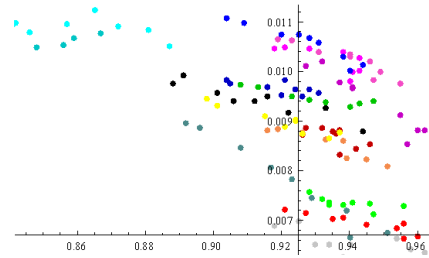


Figura 5: Tasa Fertilidad de Hombres, para el periodo 1994-2008 en función del IDH.

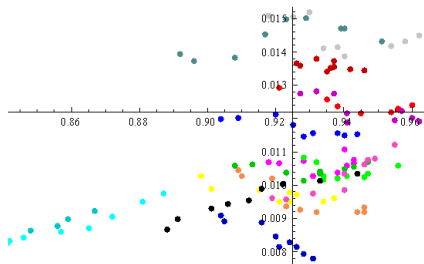
**IDG**



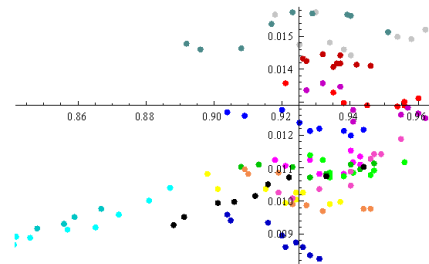
**Figura 6:** Tasa Mortalidad de Mujeres, para el periodo 1994-2008 en función del IDG.



**Figura 7:** Tasa Mortalidad de Hombres, para el periodo 1994-2008 en función del IDG.

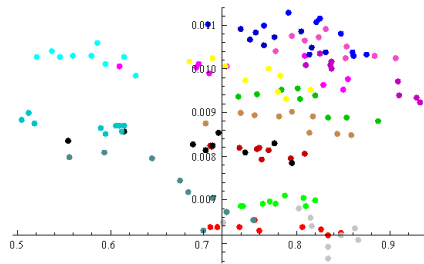


**Figura 8:** Tasa Fertilidad de Mujeres, para el periodo 1994-2008 en función del IDG.

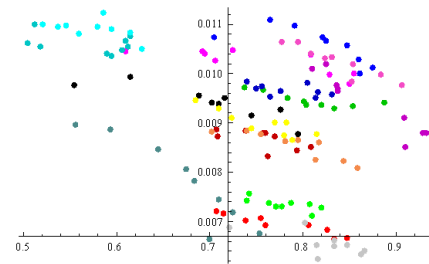


**Figura 9:** Tasa Fertilidad de Hombres, para el periodo 1994-2008 en función del IDG.

**IPG**



**Figura 10:** Tasa Mortalidad de Mujeres, para el periodo 1994-2008 en función del IPG.



**Figura 11:** Tasa Mortalidad de Hombres, para el periodo 1994-2008 en función del IPG.

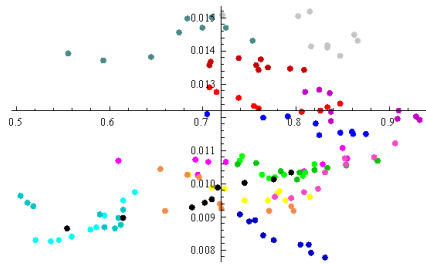


Figura 12: Tasa Fertilidad de Mujeres, para el periodo 1994-2008 en función del IPG.

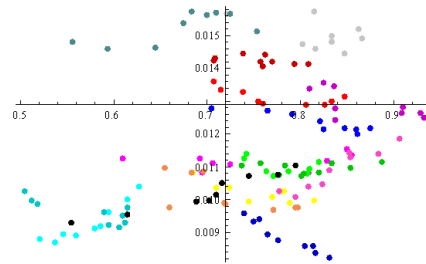


Figura 13: Tasa Fertilidad de Hombres, para el periodo 1994-2008 en función del IPG.

### 1/IPH-2

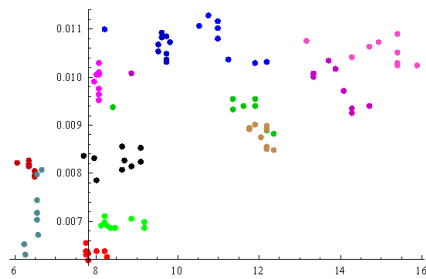


Figura 14: Tasa Mortalidad de Mujeres, para el periodo 1994-2008 en función de 1/IPH-2.

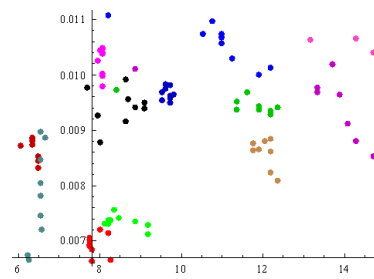


Figura 15: Tasa Mortalidad de Hombres, para el periodo 1994-2008 en función de 1/IPH-2.

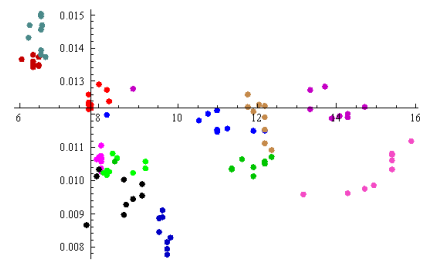


Figura 16: Tasa Fertilidad de Mujeres, para el periodo 1994-2008 en función de 1/IPH-2.

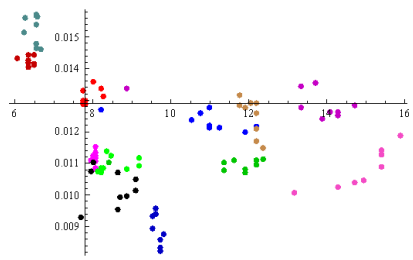


Figura 17: Tasa Fertilidad de Hombres, para el periodo 1994-2008 en función de 1/IPH-2.

Se observa que estos datos muestran una tendencia común a completar ciclos, tanto para las tasas de fertilidad cómo para las tasas de mortalidad. Se observan tres franjas verticales contiguas que corresponden a la agrupación de los países, de izquierda a derecha, de menos desarrollados a más. Pero en las tres la tendencia cíclica es común.

Un ciclo puede ser formulado como una logística creciente seguida de una logís-

tica decreciente. La obra de Marchetti et al. (1996) demuestra que las tasas de fertilidad y mortalidad pueden ser obtenidas como una suma de funciones logísticas. Sin embargo, los datos reales disponibles corresponden a un corto periodo (datos desde 1993 a 2007 para el caso de los países que consideramos para la validación: España, Bélgica y Canadá), lo que impide ajustarlos a una suma de logísticas. Así pues, las estructuras (11) y (12) descritas más abajo, se han revelado como la mejor opción para ajustar las tasas de fertilidad como un modelo de ciclos a datos de un corto periodo.

Las estructuras matemáticas (3) y (4), consideradas para las tasas de fertilidad (que podrían ser extrapoladas para cualquier país) se describen como funciones de la calidad de vida como sigue:

$$TNAH(t) = \alpha_i + \beta_i \cdot calidad + \gamma_i \cdot \text{Cos}(\mu_i \cdot calidad) \quad (11)$$

$$TNAM(t) = \alpha_i + \beta_i \cdot calidad + \gamma_i \cdot \text{Cos}(\mu_i \cdot calidad) \quad (12)$$

con  $i=1, 2$ .

Por otra parte, esta tendencia cíclica de las tasas de fertilidad respecto a la calidad de vida también la descubre Canh (2003). Si aplicamos su teoría: cuando la calidad de vida de un país aumenta (gracias a las mejoras sociales como la incorporación femenina a la vida laboral y la potenciación económica y educativa), entonces las tasas de fertilidad disminuyen. Esto lo podemos observar en un país como Noruega que posee unos índices de calidad elevados. Esto hace prever para todos los países, aunque escogemos a modo de ejemplo el caso de España y Bélgica, que para valores de los índices de calidad de vida superiores a 0.95, la tendencia de crecimiento sea negativa, es decir, empiezan a disminuir las tasas de fertilidad cuando aumenta la calidad de vida.

Obsérvese que para las tasas de mortalidad (13) y (14), escritas más abajo, se obtiene una función análoga a la de las tasas de fertilidad. Es decir, se utiliza la función coseno para captar la tendencia cíclica obtenida con los datos reales. Y nuevamente la función ajustada es la mejor función para estos datos. Aunque, como se ha dicho anteriormente, para el caso de las tasas de fertilidad, si tuviéramos más datos reales la mejor función que se podría ajustar sería una suma de logísticas.

Así pues las estructuras matemáticas (7) y (8), consideradas para las tasas de mortalidad (que podrían ser extrapoladas para cualquier país) se describen como funciones de la calidad de vida como sigue:

$$TDEH(t) = \alpha_i + \beta_i \cdot \text{calidad} + \gamma_i \cdot \text{Cos}(\mu_i \cdot \text{calidad}) \quad (13)$$

$$TDEM(t) = \alpha_i + \beta_i \cdot \text{calidad} + \gamma_i \cdot \text{Cos}(\mu_i \cdot \text{calidad}) \quad (14)$$

con  $i=1, 2$ .

Las estructuras matemáticas (11) y (12) que corresponden a las tasas de fertilidad, así como las correspondientes a las tasas de mortalidad (13) y (14), han sido encontradas por un proceso de ensayo y error y la ayuda del buscador de funciones *Regint* (Caselles, 1998, 2008).

Estas estructuras se han ajustado utilizando como variable independiente una función de los índices de calidad de vida que da la ONU. Para el caso de los índices IDH, IDG, IPG, ellos mismos son la variable independiente que sustituye a *calidad*. Sin embargo para el caso del índice de pobreza, IPH-2, para países pertenecientes a la OCDE (que son los países considerados en este trabajo, ya que es de estos países de los se ha podido obtener información para obtener nuestras ecuaciones), las estructuras matemáticas son las mismas, pero la variable independiente utilizada en estas funciones es la inversa del IPH-2. Esto es debido a que el índice de pobreza influye de forma inversa a como lo hacen los otros tres sobre las tasas de fertilidad y mortalidad. Con todo esto se logra la obtención de unas funciones adecuadas para explicar las tasas de fertilidad y mortalidad para el Modelo Temporal I. Más adelante, en el Capítulo IV, se observa en los Modelos Estructurados por Edades II y III como las tasas de defunción son utilizadas para calcular la esperanza de vida, y esta variable forma parte del cálculo de algunos de los índices calidad de vida utilizados en este trabajo.

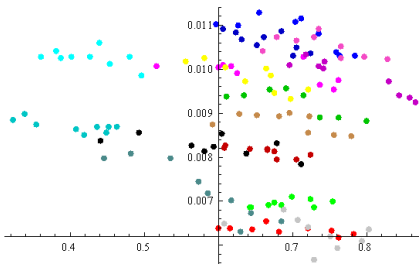
Gráficamente se puede comprobar en las Figuras 18 a 21, que para los mismos países utilizados anteriormente, la relación entre las tasas y la interacción de los índices IDH, IDG, IPG (para el caso del Modelo Temporal II) es la misma que las proporcionadas en las Figuras 2 a 13. Así pues las estructuras matemáticas obtenidas para las tasas de fertilidad y mortalidad, tanto para hombres como para mujeres, se conservan.

Al incorporar el índice de pobreza, IPH-2 de forma inversa a los otros tres, de nuevo se observa una relación cíclica. Así aparece en las Figuras 14 a 17, dónde se introduce dicho índice cómo única variable independiente. Véase en estas figuras que las tasas tienen la misma tendencia que en las Figuras 22 a 25, dónde la variable independiente es la interacción de los cuatro índices calidad de vida (Modelo Temporal III).

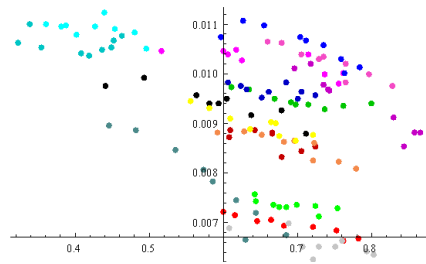
Por tanto, se conservan las estructuras matemáticas (11), (12), (13) y (14), pero sustituyendo *calidad* por la interacción de los índices para cada caso correspondiente.

Para el Modelo Temporal II, *calidad* corresponde al producto de los tres índices calidad de vida (IDH, IDG, IPG). Sin embargo al introducir el índice de pobreza, (Modelo Temporal III, tal y cómo se ha mencionado en el párrafo anterior) como dicho índice tiene una relación inversa con los demás, entrará dividiendo a los otros tres. Encontraremos más detalle en el Capítulo 2.

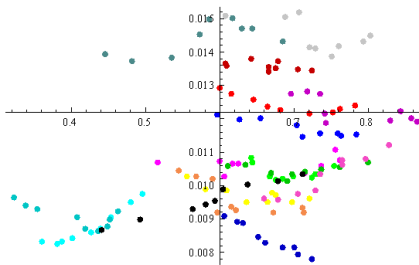
**IDH·IPG·IDG**



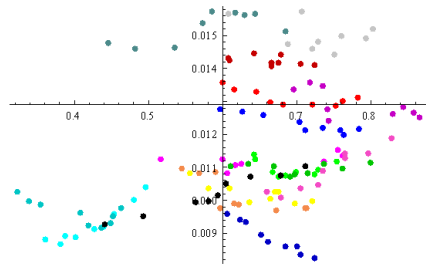
**Figura 18:** Tasa Mortalidad de Mujeres, para el periodo 1994-2008 en función de IDH·IPG·IDG.



**Figura 19:** Tasa Mortalidad de Hombres, para el periodo 1994-2008 en función de IDH·IPG·IDG.

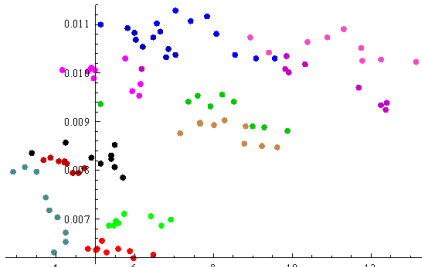


**Figura 20:** Tasa Fertilidad de Mujeres, para el periodo 1994-2008 en función de IDH·IPG·IDG.

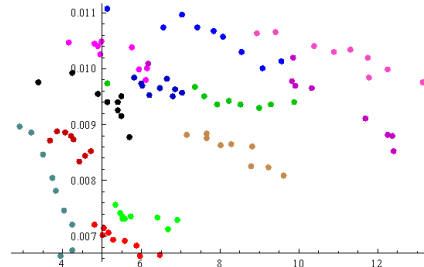


**Figura 21:** Tasa Fertilidad de Hombres, para el periodo 1994-2008 en función de IDH·IPG·IDG.

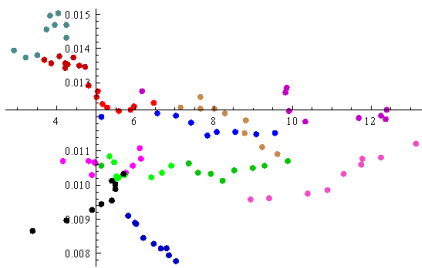
### IDH·IPG·IDG/IPH-2



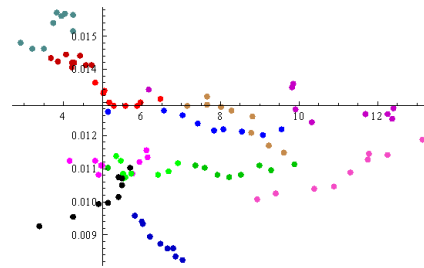
**Figura 22:** Tasa Mortalidad de Mujeres, para el periodo 1994-2008 en función de IDH·IPG·IDG/IPH-2.



**Figura 23:** Tasa Mortalidad de Hombres, para el periodo 1994-2008 en función de IDH·IPG·IDG/IPH-2.



**Figura 24:** Tasa Fertilidad de Mujeres, para el periodo 1994-2008 en función de IDH·IPG·IDG/IPH-2.



**Figura 25:** Tasa Fertilidad de Hombres, para el periodo 1994-2008 en función de IDH·IPG·IDG/IPH-2.

Tanto para las tasas de inmigración como para las tasas de emigración (en los tres modelos, Modelos Temporales I, II y III) las funciones consideradas se derivan de la logística con parámetros positivos, tal y como se presenta en Micó et al. (2006):

$$TEMM(t) = \eta_i + \frac{\beta_i}{1 + \gamma_i \cdot e^{\alpha_i(t-\mu_i)}} + \frac{\delta_i}{1 + \rho_i \cdot e^{\sigma_i(t-\mu_i)}} \quad (15)$$

$$TEMH(t) = \eta_i + \frac{\beta_i}{1 + \gamma_i \cdot e^{\alpha_i(t-\mu_i)}} + \frac{\delta_i}{1 + \rho_i \cdot e^{\sigma_i(t-\mu_i)}} \quad (16)$$

$$TINM(t) = \eta_i + \frac{\beta_i}{1 + \gamma_i \cdot e^{\alpha_i(t-\mu_i)}} + \frac{\delta_i}{1 + \rho_i \cdot e^{\sigma_i(t-\mu_i)}} \quad (17)$$



$$TINH(t) = \eta_i + \frac{\beta_i}{1 + \gamma_i \cdot e^{\sigma_i(t-\mu_i)}} + \frac{\delta_i}{1 + \rho_i \cdot e^{\sigma_i(t-\mu_i)}} \quad (18)$$

con  $i=1, 2$ .

Las estructuras matemáticas de las funciones correspondientes a las tasas de emigración e inmigración dependientes del tiempo son también las descritas por Marchetti et al. (1996), es decir, funciones logísticas (o suma de ellas). En este caso se dispone de información suficiente para ajustar funciones logísticas y no ha sido necesario recurrir al uso de la función coseno.

Por otro lado los índices calidad de vida se calculan como se explica en los informes de las Naciones Unidas para el Desarrollo (*UNDP*, 1990-2008), que ya han sido descritos en la Introducción, y serán definidos con más detalle en el Capítulo 2, en los apartados correspondientes a cada uno de ellos. Además, en el Capítulo 2 se puede encontrar la validación del Modelo Temporal I respecto a cada índice, así como la validación de los Modelos Temporales II y III. Los resultados numéricos correspondientes se encuentran en el Apéndice I.4.

### 1.1.3. Ajuste de Tasas

En esta sección se valida el modelo para tres países diferentes de la OCDE elegidos por su importancia para nosotros (España) o por facilidad en la obtención directa de los datos históricos (Bélgica y Canadá). En futuras investigaciones puede realizarse el mismo proceso para cualquier país del mundo del que se pueda obtener datos históricos suficientes.

La información sobre la variable calidad de vida, particularizada para cada índice de la ONU, se extrae de los Informes sobre Desarrollo Humano (*UNDP*) para el periodo 1998-2008. Con el fin de evaluar las funciones implicadas se ha realizado el análisis de los residuos correspondientes, así como el cálculo del coeficiente de determinación,  $R^2$ .

La variable independiente para las tasas de inmigración y de emigración por sexos (*TEMH*, *TEMM*, *TINH*, *TINM*) es el tiempo. La información histórica sobre la inmigración y la emigración que corresponde al período 1998-2010 se extrajo de los institutos de estadística de los distintos países considerados, para el caso de

España del Instituto Nacional de Estadística español (<http://www.ine.es>), para el caso de Bélgica de Statistics Belgium (<http://statbel.fgov.be/en/statistics/figures/>) y el caso de Canadá de Statistics Canada (<http://www.statcan.ca/>).

La información correspondiente a la emigración para el caso de España debe ser obtenida por un camino diferente ya que no se pueden obtener datos en el INE correspondientes al periodo 1998-2001. En este caso, estos datos se han calculado multiplicando la información correspondiente a estos años en la ciudad de Valencia (que aparece en su web: <http://www.ayto-valencia.es>) por la proporción entre el número de habitantes de la ciudad de Valencia y el número de habitantes en España. Este procedimiento de estimación parece aceptable ya que las evoluciones de las tasas de emigración de Valencia y España son casi paralelas en el período 2002 a 2010.

El mejor ajuste de los parámetros de las tasas definidas anteriormente de forma universal, se ha obtenido con el programa de regresión no lineal de *Mathematica 7.0*. Tras este ajuste, se ha utilizado la herramienta *Regint* (Caselles, 1998, 2008) para obtener la información necesaria para introducir en el programa *SIGEM* (que no suministraba *Mathematica 7.0*). Ambos programas, *Regint* y *SIGEM* son programas libres que se pueden obtener en (<http://www.uv.es/caselles/>). Mostramos en el Apéndice V un ejemplo de cómo se escriben los archivos de datos para poder hacer uso de ambos programas, también se puede obtener más información en el libro de Caselles (2008).

Los ajustes de las tasas (tanto parámetros de las funciones, como ajuste gráfico, o residuos) para los países considerados (España, Bélgica y Canadá) los podemos encontrar en el Apéndice I.3, desde la Figura 26 a la 85 y desde la Tabla 1 a la 60.

Con todo esto podemos concluir que queda construido el modelo temporal definido por sexos. Se ha conseguido la obtención de una estructura genérica que relaciona las tasas de fertilidad y mortalidad con los índices de la ONU, es decir, unas fórmulas extrapolables a cualquier país, de las cuales tan sólo se modificarán los parámetros para cada caso específico que se esté considerando. Así pues, en el siguiente capítulo se muestra como se ha validado este modelo para los tres países mencionados anteriormente: España, Bélgica y Canadá.





## **Capítulo 2**

---

Validación de los Modelos Temporales I, II y III



En este capítulo presentamos las validaciones de los Modelos Temporales I, II y III, tanto en su formulación determinista como en su formulación estocástica. Ambos modelos han sido validados para dos países pertenecientes a la OCDE: España y Bélgica. Además se ha utilizado Canadá para completar la validación en el caso del índice calidad de vida IPH-2 debido a la falta de información sobre este índice para el caso de Bélgica. Los datos históricos referidos a las variables demográficas, como nacimientos, defunciones, emigraciones, inmigraciones o poblaciones totales, han sido extraídos de los Institutos Nacionales Estadísticos de cada uno de los países, así como del *Eurostat* y del *World Bank Data Base* para aquellos datos puntuales que no fueron encontrados en las organizaciones referidas a cada país.

Los Modelos Temporales I y II han sido evaluados por la aproximación de Euler en diferencias finitas, siguiendo la formulación clásica de la Dinámica de Sistemas. Letellier et al. (2004) demuestran que las soluciones proporcionadas por el método de Euler son equivalentes a las que se obtienen en el modelo continuo para una discretización del tiempo correspondiente al periodo temporal con que se obtienen y presentan los datos históricos. Es decir, si por ejemplo la población histórica de un país se obtiene anualmente, la discretización del tiempo a partir del modelo continuo se deberá hacer con un incremento temporal de la unidad (un año); de este modo los resultados de la discretización, siguiendo a Letellier et al. (2004), serán similares a los resultados proporcionados por el modelo continuo. En cualquier otro caso, métodos más precisos y más estables darán mejores resultados, siempre que se verifique la máxima de los métodos numéricos para ecuaciones diferenciales, es decir, hay que mantener delta de  $t$  suficientemente pequeño como para que se verifique la ecuación de estabilidad.

Las ecuaciones en diferencias finitas, fruto de la aproximación de Euler para los Modelos Temporales I, II y III, se han programado utilizando la herramienta *SIGEM* (en el Apéndice V se presenta un ejemplo de ello), con las funciones definidas en el Capítulo 1 (los detalles numéricos aparecen en el Apéndice I).

Como se ha explicado en la Introducción, se ha trabajado con dos formulaciones diferentes de los Modelos Temporales I, II y III: la formulación determinista y la formulación estocástica. Las funciones que se ajustan con el programa *Regint* a partir de los datos históricos tienen dos términos: el término determinista, que

calcula el valor medio, y el término aleatorio, dado por la desviación estándar multiplicada por una variable aleatoria  $N(0,1)$ . Ambos términos son funciones de las variables independientes (véase Caselles, 2008). Cuando únicamente se considera el término determinista en las funciones obtenidas con *Regint* y no existe además ninguna variable de entrada que sea aleatoria y que no sea función del tiempo (esta clase de variables de entrada aleatorias no ha aparecido en los modelos obtenidos), se tiene la formulación determinista de los Modelos Temporales I, II y III.

El término determinista, es decir, el que calcula el valor medio en las funciones obtenidas con *Regint*, se representa por  $h$  en el Apéndice V y en la breve explicación que se realiza a continuación. La desviación estándar correspondiente al término aleatorio se representa por  $s$  (así aparece en el Apéndice I.3 y en las tablas correspondientes a cada tasa demográfica), siguiendo la terminología propuesta por Caselles (2008).

Detallemos más estas funciones. Una variable genérica como  $Y$  se calcula así:

$$Y = h + s \cdot e(t)$$

Dónde  $e(t)$  es una  $N(0,1)$ , donde  $h$  tiene la siguiente estructura:

$$h = a + b_1 T_1 + b_2 T_2 + \dots + b_m T_m$$

y dónde  $a, b_1, \dots, b_m$  son parámetros y  $T_1, \dots, T_m$  son funciones transformadas de las variables independientes, siendo calculada según la siguiente fórmula:

$$s = s_{yx} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n} + T' \cdot C \cdot T} \quad (19)$$

Donde  $s_{yx}$  es la desviación estándar de regresión,  $n$  es el número de datos (puntos) que se tiene, los componentes del vector  $T$  son las diferencias entre las funciones  $T_i$  de las variables independientes y sus respectivas medias, y  $C$  es la inversa de la matriz de los numeradores de las varianzas-covarianzas correspondientes a las funciones transformadas. Por ejemplo, en la Tabla 5 del Apéndice I.3 aparece la siguiente ecuación (12):

$$TNAM(t) = \alpha_i + \beta_i \cdot calidad + \gamma_i \cdot Cos(\mu_i \cdot calidad)$$

En este caso las Funciones Transformadas son



$$T_1 = calidad$$

$$T_2 = \text{Cos}(\mu_i \cdot calidad)$$

La Matriz  $C$  es:

$$\begin{pmatrix} a & b \\ b & d \end{pmatrix}$$

Las Medias de las transformadas son:

$$T_1 = t_1$$

$$T_2 = t_2$$

La Desviación Estándar de regresión es:

$$s_{xy} = s_l$$

Para insertarlo en el generador utilizado (*SIGEM*) se escribiría de la siguiente forma:

$$TNAM \quad h = \alpha_i + \beta_i \cdot calidad + \gamma_i \cdot \text{Cos}(\mu_i \cdot calidad)$$

$$A = calidad - t_1 : B = \text{Cos}(\mu_i \cdot calidad) - t_2$$

$$s = s_l \cdot \text{sqr}(1 + 1/N + a \cdot A \cdot A + c \cdot B \cdot B + 2 \cdot b \cdot A \cdot B)$$

Cómo se ha comentado en el Capítulo 1, se puede observar en el Apéndice V un ejemplo detallado.

Si consideramos solamente los términos indicados en las fórmulas anteriores por  $h$  (términos deterministas), estamos, tal y como se ha comentado anteriormente, ante la formulación determinista de los Modelos Temporales I, II y III.

El proceso de validación de la formulación determinista de los Modelos Temporales I, II y III ha sido considerado exitoso debido a tres razones:

- La superposición gráfica de los datos históricos y los calculados es buena.
- Los coeficientes de determinación,  $R^2$ , son muy altos.  $R^2$  es un índice muy útil para el ajuste global:

$$R^2 = \frac{\left( \sum_i (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y) \right)^2}{\sum_i (x_i - \mu_x)^2 (y_i - \mu_y)^2} \quad (20)$$

- Dónde  $(x_i, y_i)$  son los datos que se comparan y  $\mu_x, \mu_y$  son respectivamente los valores medios de estos datos.
- La aleatoriedad de los residuos ha sido verificada por medio de la prueba de Kolmogorov-Smirnov.
- El error relativo máximo encontrado no supera el 5%.

Para comprobar esta información, se pueden ver las figuras que se presentan a lo largo de esta sección.

En términos generales se puede afirmar que la validación determinista es considerada un éxito ya que todos los coeficientes de determinación,  $R^2$ , son elevados y los errores relativos no exceden del 5%. Las tablas de errores relativos se pueden observar en el Apéndice I.5, desde la Tabla 63 a la 74.

Si además de los términos indicados en las fórmulas anteriores por  $h$  (términos deterministas), consideramos los términos  $s \cdot \varepsilon(t)$ , estamos ante la formulación estocástica de los Modelos Temporales I, II y III. Esta formulación estocástica nos permite determinar la fiabilidad de los resultados (cada resultado se obtiene con su intervalo de confianza, o con sus respectivos valor promedio y desviación estándar).

La manera de determinar que la formulación estocástica de los Modelos Temporales I, II y III se ha validado es la siguiente:

- Observar que todos los resultados tienen una distribución normal. Para ello el generador *SIGEM* programa una prueba  $\chi^2$  automáticamente. Se puede observar en las Tablas 75 a la 86 del Apéndice I.4.
- Crear un intervalo de confianza del 99% (por ejemplo) para cada resultado y comprobar que todos los datos históricos están dentro de este intervalo. Así se observa en las gráficas que mostramos en cada apartado de este

mismo capítulo y en las reseñas de Validación Estocástica, de cada uno de los Modelos Temporales I, II y III, para cada país considerado.

Los resultados correspondientes, a este tipo de validación, se muestran igualmente a lo largo de la sección presente. Todos ellos confirman que el modelo es válido para todos los países considerados: España, Bélgica y Canadá en el período 1999-2009.

## **2.1. Validación de los Modelos Temporales I y II**

En esta parte se muestran las validaciones de las formulaciones determinista y estocástica de los Modelos Temporales I y II.

En el contexto del Modelo Temporal I sólo se trabaja con tres de los cinco índices calidad de vida considerados en este proyecto: el Índice de Desarrollo Humano (IDH), el Índice de Diferenciación de Género (IDG), e el Índice de Potenciación de Género (IPG). El índice de pobreza se introducirá en el contexto del Modelo Temporal III en el Apartado 2.2 de éste mismo capítulo.

En primer lugar se presenta el Modelo Temporal I particularizado para cada uno de los tres índices nombrados anteriormente. Seguidamente será el Modelo Temporal II el que será presentado, en el cual interactúan los tres índices en forma de producto, tal y como se explicó en el Capítulo 1.

### **2.1.1. Modelo Temporal I, con IDH**

Aquí presentamos las validaciones del Modelo Temporal I con el Índice de Desarrollo Humano (IDH) como variable que mide la calidad de vida. Esta variable mide los logros promedio en un país en tres dimensiones básicas del desarrollo humano:

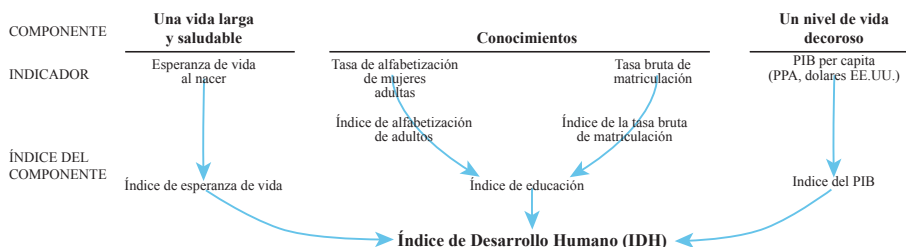
- Una vida larga y saludable, medida por la esperanza de vida.
- Conocimiento, dado por la tasa de alfabetización de adultos (con una ponderación de dos tercios) y la tasa bruta de matriculación combinada de enseñanza primaria, secundaria y terciaria (con una ponderación de un tercio).
- Un nivel de vida digno, dado por el PIB (Producto Interior Bruto) per

cápita en paridad de poder adquisitivo (PPA) y en dólares de EE.UU.

El IDH es una alternativa al uso del Producto Interior Bruto (PIB) como medidor de la calidad de vida en un país, ya que proporciona más información que él al ser calculado a partir de cuatro parámetros distintos, incluido el PIB.

Antes de calcular el propio IDH, es necesario crear un índice para cada uno de sus tres componentes. A fin de calcular los índices de sus tres componentes (esperanza de vida, educación y PIB), se escogen valores mínimos y máximos (se trata de valores de referencia) para así expresar cada componente como un valor entre 0 y 1. Y finalmente se calcula el IDH como un simple promedio entre los tres índices.

En la Figura 86 se muestra un esquema en el que se pueden observar todas las variables que intervienen en el cálculo de este índice.



**Figura 86:** Esquema de la construcción del Índice de Desarrollo Humano, extraído del *UNDP 2001*.

A continuación se explica de forma detallada cuáles son los cálculos explícitos necesarios para la obtención de este índice.

El cálculo del IDH se realiza en tres pasos:

**Paso 1.** Como hemos visto, antes de calcular este índice, se necesita crear un indicador para cada una de las variables que lo integran: la esperanza de vida, la educación y el PIB. Cada una de ellas tiene un máximo y un mínimo que figuran en la Tabla 61.

Indicador	Valor Máximo	Valor Mínimo
Esperanza de vida al nacer (años)	85	25
Tasa Alfabetización Adultos (%)	100	0
Tasa de Matriculación (%)	100	0
Producto Interior Bruto (PPP US\$)	40000	100

**Tabla 61:** Valores Previos para el cálculo del IDH

La transformación de cada uno de ellos que permite obtener valores entre 0 y 1 se realiza aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Índice Dimensionado} = \frac{\text{valor actual} - \text{valormínimo}}{\text{valormáximo} - \text{valormínimo}}$$

**Paso 2.** Los tres índices parciales antes mencionados se calculan de la siguiente manera.

### Índice de Esperanza de Vida

$$YEPV(t) = \frac{ESPV(t) - \text{min}ESPV}{\text{max}ESPV - \text{min}ESPV} \quad (21)$$

Dónde:

*ESPV* es la esperanza de vida al nacer que se calcula cómo:

$$ESPV(t) = \frac{EVMU(t) + EVHO(t)}{2} \quad (22)$$

Dónde:

*EVMU* es la Esperanza de Vida al Nacer de Mujeres,

*EVHO* es la Esperanza de Vida al Nacer de Hombres,

Siendo

*YEPV* es el Índice de Esperanza de Vida.

## Índice Educacional

El índice educacional mide el desarrollo relativo en alfabetización de adultos y matriculación en primaria, secundaria y superior.

Primero se obtiene un índice de alfabetización y otro de matriculación escolar:

- Adultos Alfabetizados

$$YPAA(t) = \frac{PAAF(t) - \min PAAF}{\max PAAF - \min PAAF} \quad (23)$$

Dónde:

*PAAF* es la tasa de adultos alfabetizados, que se calcula así:

$$PAAF(t) = \frac{AAMU(t) + AAHO(t)}{2} \quad (24)$$

Dónde:

*AAMU* es tasa de mujeres alfabetizadas;

*AAHO* es tasa de hombres alfabetizadas;

*YPAA* es el Índice de Adultos Alfabetizados.

- Matriculación escolar, primaria secundaria y superior.

$$YPOM(t) = \frac{POME(t) - \min POME}{\max POME - \min POME} \quad (25)$$

Dónde:

*POME* es la tasa de matriculación escolar, que se calcula como:

$$POME(t) = \frac{BMMU(t) + BMHO(t)}{2} \quad (26)$$

Dónde:

*BMMU* es el porcentaje de población de mujeres matriculadas escolarmente;

*BMHO* es el porcentaje de población de hombres matriculados escolarmente;

*YPOM* es el Índice de Población Matriculada Escolarmente.

Finalmente, estos dos índices son combinados para generar el Índice de Educación:

$$YEDU(t) = \frac{2}{3} YPAA(t) + \frac{1}{3} YPOM(t) \quad (27)$$

### Índice del Producto Interior Bruto

El índice del PIB se calcula utilizando el PIB per cápita ajustado (PPA, dólares EE.UU.). Sirve como indicador del estado de todas las dimensiones del desarrollo humano excepto una vida larga y saludable y el conocimiento. Su fórmula es:

$$YPIB(t) = \frac{\text{Log}(PIBR(t)) - \text{Log}(\min PIBR)}{\text{Log}(\max PIBR) - \text{Log}(\min PIBR)} \quad (28)$$

Dónde:

*PIBR* es el producto interior bruto per cápita.

*YPIB* es el Índice del Producto Interior Bruto.

**Paso 3.** Una vez obtenidos todos los indicadores se calcula finalmente el IDH con la fórmula siguiente:

$$XIDH(t) = \frac{1}{3} (YEPV(t) + YEDU(t) + YPIB(t)) \quad (29)$$

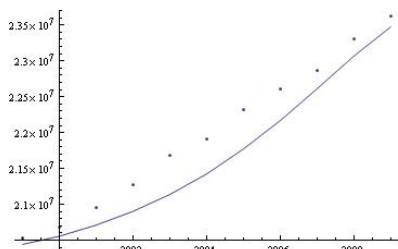
Así, tras la explicación detallada del Índice de Desarrollo Humano, pasamos a mostrar las validaciones del Modelo Temporal I para el caso en el que sólo se tiene al IDH cómo variable independiente en el cálculo de las tasas de fertilidad y defunción tanto para hombres cómo para mujeres.

#### 2.1.1.a. Validación de la Formulación Determinista (España y Bélgica)

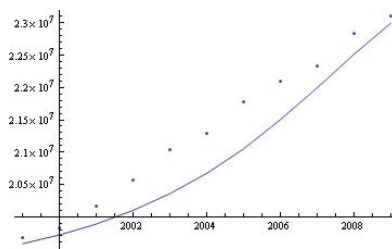
Utilizamos la población por sexos como variable relevante para la validación del modelo.

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal I en su formulación determinista, con el índice IDH como variable de calidad de vida, para el caso de España son las siguientes:

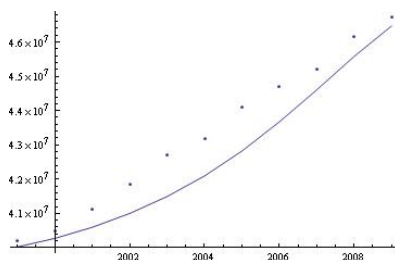
• ESPAÑA



**Figura 87:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.974342$ , con 2.51125 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 63).



**Figura 88:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.96092$ , con 3.35551 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 63).



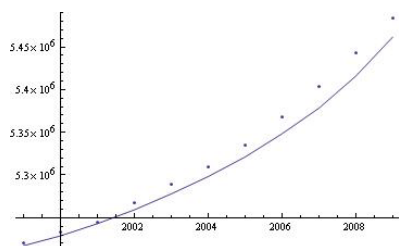
**Figura 89:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Total de España, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.967684$ , con 2.86107 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 63).

Se puede observar un coeficiente de determinación por encima del 0.95, así como errores relativos por debajo del 3.5%. Gráficamente se observa que los datos históricos son cercanos a los simulados, aunque se aprecia un ligero cambio en los años 2003, 2004 y 2005 en la tendencia de los datos simulados.

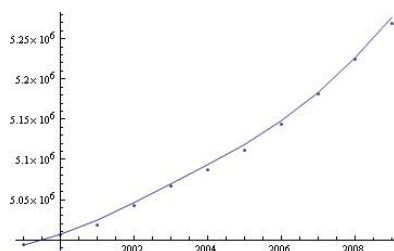
Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal I en su formulación determinista, con el índice IDH como variable de calidad de vida, para el caso de Bélgica son las siguientes:



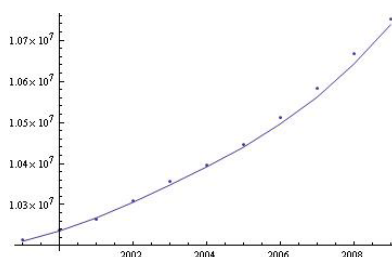
• **BÉLGICA**



**Figura 90:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Bélgica, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.998885$ , con 0.491148 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 69).



**Figura 91:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de Bélgica, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.999221$ , con 0.141314 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 69).



**Figura 92:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Total de Bélgica, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.999219$ , con 0.216864 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 69).

Para el caso de Bélgica observamos que los datos simulados están más próximos a los reales, que el coeficiente de determinación está por encima del 0.99 y además los errores relativos por debajo del 1%. Claramente una validación determinista más positiva que para el caso de España.

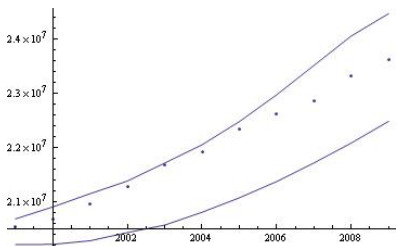
**2.1.1.b. Validación de la Formulación Estocástica (España y Bélgica)**

Utilizamos la población por sexos como variable relevante para la validación del modelo.

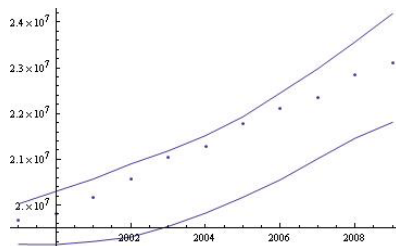
Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal I en su formulación estocástica (para los valores máximos y mínimos de un intervalo de confianza del 99%), con el índice IDH como variable de cali-

dad de vida, para el caso de España son las siguientes:

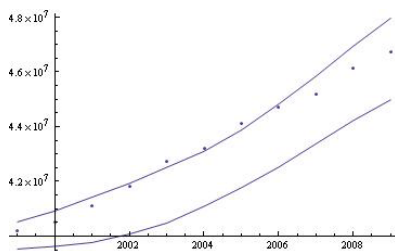
- ESPAÑA



**Figura 93:** Población Femenina Española para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos)



**Figura 94:** Población Masculina Española para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos)

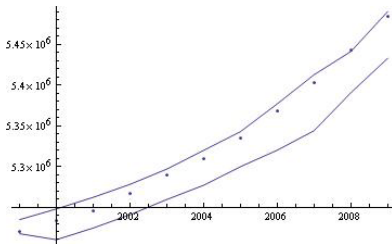


**Figura 95:** Población Total Española para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos)

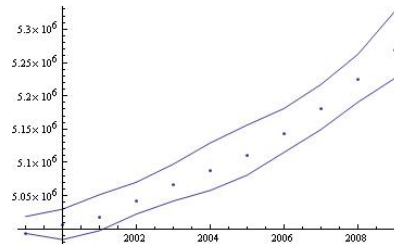
Para el caso de la validación estocástica observamos que los datos simulados están en el interior del intervalo generado por el simulador, exceptuando en la Figura 95 los años 2003, 2004 y 2005, que se corresponden con cambio de tendencia observado para el caso determinista en el mismo periodo.

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal I en su formulación estocástica (para los valores máximos y mínimos de un intervalo de confianza del 99%), con el índice IDH como variable de calidad de vida, para el caso de Bélgica son las siguientes:

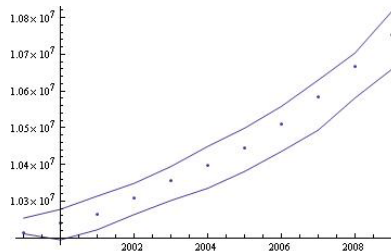
• BÉLGICA



**Figura 96:** Población Femenina de Bélgica para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).



**Figura 97:** Población Masculina de Bélgica para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).



**Figura 98:** Población Total de Bélgica para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).

Para el caso de la validación estocástica en Bélgica se observa que los datos simulados están en el interior del intervalo generado por el simulador durante todo el periodo de validación. Lo que ratifica la validación que se había obtenido en el modelo formulado de forma determinista.

En resumen, podemos observar que para el caso del Modelo Temporal I en el que se escoge como variable calidad de vida el Índice de Desarrollo Humano, tanto para España como Bélgica, se tiene una buena validación, siendo mejor para el caso de Bélgica. Esto puede ser debido a los datos históricos dado que, según se explica con detalle en el Capítulo 4, para el caso de España se detectan algunos errores en el censo estadístico, lo cual nos lleva a una validación no tan buena como la que podemos lograr en un país donde existen menos errores en la obtención de datos históricos censales.

### 2.1.2. Modelo Temporal I, con IDG

Aquí presentamos las validaciones del Modelo Temporal I con el Índice de Diferenciación de Género como variable que mide la calidad de vida. El hecho de usar el IDG nos permite hacer la diferenciación por géneros, ya que mientras que el IDH mide el progreso medio, el IDG ajusta el progreso medio para reflejar las desigualdades entre hombres y mujeres en los siguientes aspectos:

- Una vida larga y saludable, medida por la esperanza de vida al nacer.
- Conocimientos, medidos por la tasa de alfabetización de adultos y la tasa combinada bruta de matriculación primaria, secundaria y terciaria.
- Un nivel de vida digno, medido por la estimación de ingreso proveniente del trabajo (PPA, dólares EE.UU.)

En la Figura 99 se muestra un esquema en el que se pueden observar todas las variables que intervienen en el cálculo de este índice. También se podrán observar con detalle tras la figura.

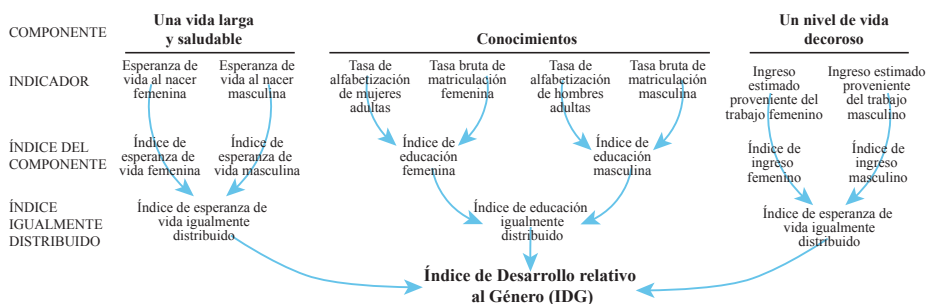


Figura 99: Esquema de la construcción del Índice de Diferenciación de Género, extraído del UNDP 2001.

Nuevamente el cálculo del IDG consta de tres pasos:

**Paso 1.** Se redimensiona cada variable al igual que en el caso del IDH:

$$\text{Índice Dimensionado} = \frac{\text{valor actual} - \text{valor mínimo}}{\text{valor máximo} - \text{valor mínimo}}$$

**Paso 2.** Los índices tanto femeninos como masculinos son combinados, y el índice resultante es el siguiente:

$$\text{ÍndiceIgualmenteDistribuido} = \left( \left[ \text{proporcionpoblacionfemenina}(\text{indicefemenino}^{1-\varepsilon}) \right] + \left[ \text{proporcionpoblacionmasculina}(\text{indicemasculino}^{1-\varepsilon}) \right] \right)^{1/1-\varepsilon} \quad (30)$$

El parámetro  $\varepsilon$  mide la aversión de desigualdad, para el caso del IDG,  $\varepsilon=2$ .

El valor de  $\varepsilon$  refleja la magnitud de la penalidad por la desigualdad de género. Cuanto mayor sea su valor, tanto más severamente es penalizada una sociedad por tener desigualdades. Si  $\varepsilon=0$ , no se penaliza la desigualdad de género (en este caso, el IDG tendría el mismo valor que el IDH). A medida que  $\varepsilon$  va aumentando hacia el infinito, se asigna una ponderación cada vez mayor al grupo menos adelantado.

En el cálculo del IDG (así como en el del IPG que veremos más adelante) se usa el valor 2 (Anand, et al., 1994), el cual asigna una penalidad moderada a la desigualdad de género en materia de adelanto. Una justificación de este método puede verse en un artículo de Michael, et al. (2007). Este trabajo muestra que la estrategia de igualdad de pesos minimiza el desacuerdo entre todos los posibles pesos.

**Paso 3.** El IDG se calcula como una combinación de tres índices igualmente distribuidos.

El procedimiento y las correspondientes ecuaciones se muestran a continuación.

Indicador	Valor Máximo	Valor Mínimo
Esperanza de vida al nacer mujeres (años)	87.5	27.5
Esperanza de vida al nacer hombres (años)	82.5	22.5
Tasa Alfabetización Adultos (%)	100	0
Tasa de Matriculación (%)	100	0
Ingresos Estimados (PPP US\$)	40000	100

**Tabla 62:** Valores para el cálculo del IDG

### Índice igualmente distribuido para la esperanza de vida

El primer paso para calcular este índice es calcular índices dimensionados por sexos:

$$YEVM(t) = \frac{EVMU(t) - \min EVMU}{\max EVMU - \min EVMU} \quad (31)$$

$$YEVH(t) = \frac{EVHO(t) - \min EVHO}{\max EVHO - \min EVHO} \quad (32)$$

Dónde:

*YEVM* es el Índice de Esperanza de Vida al nacer de Mujeres;

*YEVH* es el Índice de Esperanza de Vida al nacer de Hombres.

*EVMU* es la esperanza de vida al nacer de las mujeres.

*EVHO* es la esperanza de vida al nacer de los hombres.

Seguidamente ambos índices los combinamos haciendo uso de la fórmula de índices igualmente distribuidos (30) obteniendo así:

$$YEVD(t) = \frac{1}{\frac{PRPM(t)}{YEVM(t)} + \frac{PRPV(t)}{YEVH(t)}} \quad (33)$$

Dónde:

*PRPM* es la proporción de población femenina;

*PRPV* es la proporción de población masculina;

*YEVD* es el Índice de Esperanza de Vida Igualmente Distribuido.

### Índice Igualmente Distribuido para la Educación.

Primero se calculan los índices para las tasas de alfabetización de adultos y para la matriculación escolar por sexos.

- Tasa Alfabetización de Adultos

$$YAAM(t) = \frac{AAMU(t) - \min AAMU}{\max AAMU - \min AAMU} \quad (34)$$

$$YAAH(t) = \frac{AAHO(t) - \min AAHO}{\max AAHO - \min AAHO} \quad (35)$$

Dónde:

$AAMU$  es la tasa de alfabetización de adultos femenina.

$AAHO$  es la tasa de alfabetización de adultos masculina.

- Tasa de matriculación escolar

$$YBMM(t) = \frac{BMMU(t) - \min BMMU}{\max BMMU - \min BMMU} \quad (36)$$

$$YBMH(t) = \frac{BMHO(t) - \min BMHO}{\max BMHO - \min BMHO} \quad (37)$$

Dónde:

$BMMU$  es la tasa de matriculación escolar femenina.

$BMHO$  es la tasa de matriculación escolar masculina.

Se debe recordar (observar Tabla 62) que los mínimos y máximos correspondientes a la Tasa de alfabetización de adultos y a la tasa de matriculación escolar es análoga para hombres y mujeres, siendo el máximo 100 y el mínimo 0, tal como se explica en los UNDP.

A continuación calculamos el índice de educación por sexos siguiendo las siguientes ecuaciones:

$$YEMU(t) = \frac{2}{3} YAAM(t) + \frac{1}{3} YBMM(t) \quad (38)$$

$$YEVA(t) = \frac{2}{3} YAAH(t) + \frac{1}{3} YBMH(t) \quad (39)$$

Dónde:

$YEMU$  es el Índice de Educación Femenino;

$YEVA$  es el Índice de Educación Masculino;

Finalmente combinamos ambos índices usando la fórmula genérica para el cálculo de índices igualmente distribuidos:

$$YEID(t) = \frac{1}{\frac{PRPM(t)}{YEMU(t)} + \frac{PRPV(t)}{YEVA(t)}} \quad (40)$$

Dónde  $YEID$  es el Índice de Educación Igualmente Distribuido.

### Índice Igualmente Distribuido para los Ingresos

Al igual que hemos realizado anteriormente calculamos los índices dimensionados por sexos:

$$YIMU(t) = \frac{\text{Log}(YMUJ(t)) - \text{Log}(\min YMUJ)}{\text{Log}(\max YMUJ) - \text{Log}(\min YMUJ)} \quad (41)$$

$$YIVA(t) = \frac{\text{Log}(YVAR(t)) - \text{Log}(\min YVAR)}{\text{Log}(\max YVAR) - \text{Log}(\min YVAR)} \quad (42)$$

Dónde:

$YMUJ$  son los ingresos de mujeres (PPP, US\$)

$YVAR$  son los ingresos de hombres (PPP, US\$)

Finalmente se combinan dando lugar al Índice de Ingresos Igualmente Distribuido

$$YIID(t) = \frac{1}{\frac{PRPM(t)}{YIMU(t)} + \frac{PRPV(t)}{YIVA(t)}} \quad (43)$$

Por último se calcula el Índice de Diferenciación de Género siguiendo la siguiente ecuación:

$$IDG(t) = \frac{1}{3} (YEVD(t) + YEID(t) + YIID(t)) \quad (44)$$

Mostramos a continuación las validaciones correspondientes al Modelo Temporal I en dónde la variable independiente en el cálculo de las tasas de fertilidad y mortalidad es el IDG.

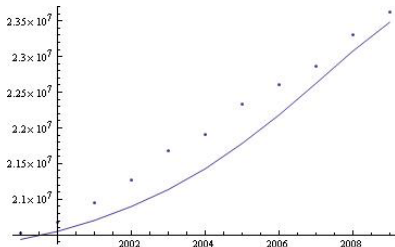


### 2.1.2.a. Validación de la Formulación Determinista (España y Bélgica)

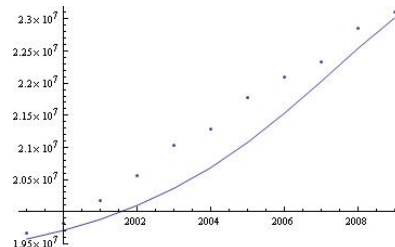
Utilizamos la población por sexos como variable relevante para la validación del modelo.

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal I en su formulación determinista, con el índice IDG como variable de calidad de vida, para el caso de España son las siguientes:

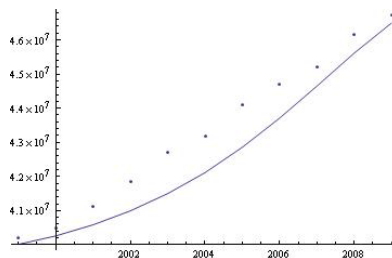
• **ESPAÑA**



**Figura 100:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.974945$ , con 2.51559 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 65).



**Figura 101:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.963091$ , con 3.23233 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 65).

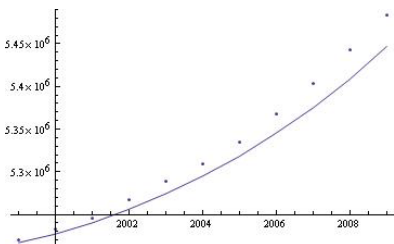


**Figura 102:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Total de España, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.969045$ , con 2.84896 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 65).

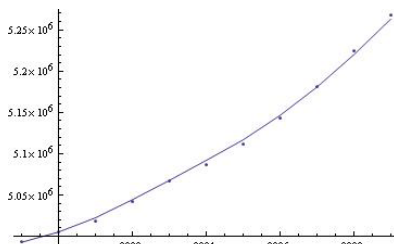
Nuevamente, para el caso de España, se obtiene una buena validación, con un coeficiente de determinación superior al 95% y un error relativo por debajo del 3.5%. También se vuelve a observar un cambio de tendencia en el mismo periodo en que éste se observó en el caso del índice IDH.

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal I en su formulación determinista, con el índice IDG como variable de calidad de vida, para el caso de Bélgica son las siguientes:

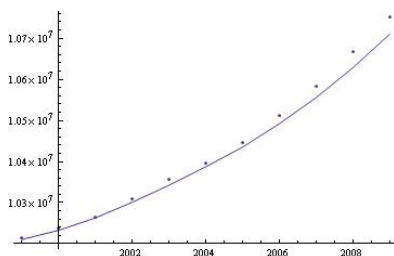
• **BÉLGICA**



**Figura 103:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Bélgica, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.999676$ , con 0.682496 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 71).



**Figura 104:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de Bélgica, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.998847$ , con 0.10825 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 71).



**Figura 105:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Total de Bélgica, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.999435$ , con 0.400629 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 71).

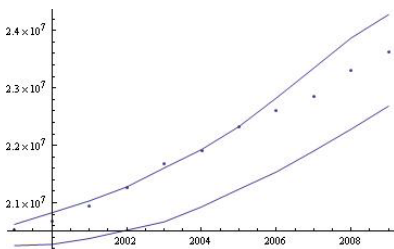
En el caso de Bélgica observamos que los datos simulados están más próximos a los reales que para el caso de España, ya que el coeficiente de determinación está por encima del 0.99 y además los errores relativos por debajo del 1%.

### 2.1.2.b. Validación de la Formulación Estocástica (España y Bélgica)

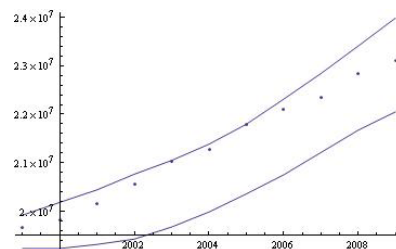
Utilizamos la población por sexos como variable relevante para la validación del modelo.

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal I en su formulación estocástica (para los valores máximos y mínimos de un intervalo de confianza del 99%), con el índice IDG como variable de calidad de vida, para el caso de España son las siguientes:

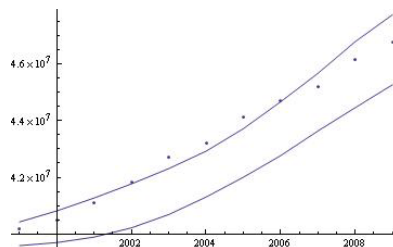
- **ESPAÑA**



**Figura 106:** Población Femenina Española para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).



**Figura 107:** Población Masculina Española para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).

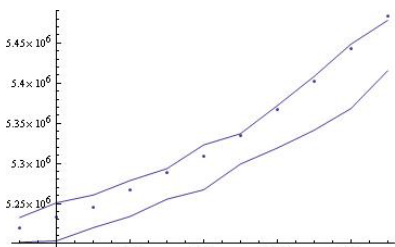


**Figura 108:** Población Total Española para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).

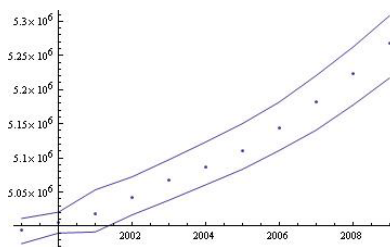
Para el caso de la validación estocástica observamos que los datos simulados están en el interior del intervalo generado por el simulador exceptuando en el periodo 2003- 2005, que corresponde justo al cambio de tendencia observado para el caso determinista en dicho periodo.

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal I en su formulación estocástica (para los valores máximos y mínimos de un intervalo de confianza del 99%), con el índice IDG como variable de calidad de vida, para el caso de Bélgica son las siguientes:

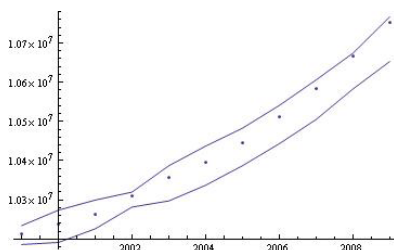
• **BÉLGICA**



**Figura 109:** Población Femenina de Bélgica para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).



**Figura 110:** Población Masculina de Bélgica para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).



**Figura 111:** Población Total de Bélgica para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).

La validación estocástica para el caso de Bélgica se observa que es igual que a la que se dio en el índice IDH, es decir, observamos que todos los datos simulados están en el interior del intervalo generado por el simulador.

Así pues en el caso del Modelo Temporal I con IDG como variable independiente debemos destacar nuevamente el caso de España por la imprecisión de los datos históricos, que nos lleva a una validación peor que la que ha sido obtenida para Bélgica. Además debemos reseñar que en ambos países la validación para el índice IDG es mejor que para el índice IDH, esto se debe a que el IDG aporta una información más desagregada, ya que contempla la diferenciación por sexos.

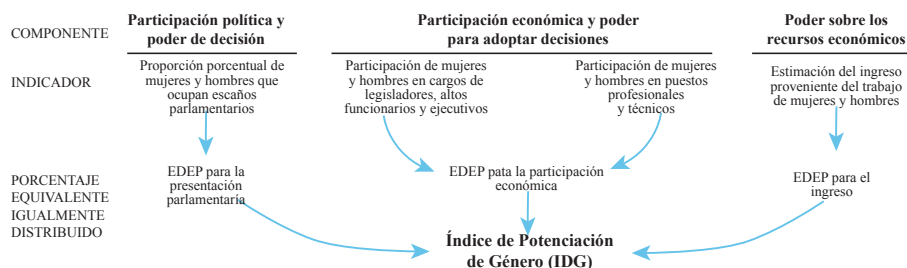
### 2.1.3. Modelo Temporal I, con IPG

Aquí presentamos las validaciones del Modelo Temporal I con el Índice de Potenciación de Género (IPG) como variable que mide la calidad de vida. El IPG mide las oportunidades de las mujeres en vez de sus capacidades, mostrando la desigualdad de género en tres áreas fundamentales:

- Participación política y poder de decisión. Se calcula un índice que viene dado por el porcentaje de escaños parlamentarios femeninos y masculinos.
- La participación económica y el poder de decisión, medida por dos indicadores: porcentaje de mujeres y hombres con cargos de legisladores, altos funcionarios y directivos y, participación porcentual femenina y masculina de los puestos profesionales y técnicos.
- Poder sobre los recursos económicos dado por los ingresos estimados masculinos y femeninos (PPP, US\$).

Para cada uno de estos tres componentes, se calcula un “porcentaje equivalente igualmente distribuido” (*EDEP*), como promedio ponderado en función de la población. De nuevo interviene el valor de  $\epsilon$ , con el mismo valor que para el caso del IDG. Seguidamente, se indexa el *EDEP* en función de la participación en cuestiones políticas y económicas y en la adopción de decisiones, dividiéndolo por 50. La justificación de esta indexación es que, en una sociedad ideal, donde ambos sexos tuvieran iguales facultades, las variables del IPG se combinarían al 50%, es decir la participación de las mujeres sería igual a la de los hombres para cada variable. Finalmente, el índice se calcula como simple promedio de los tres *EDEP* indexados.

En la Figura 112 se muestra un esquema en el que se pueden observar todas las variables que intervienen en el cálculo de este índice.



**Figura 112:** Esquema de la construcción del Índice de Potenciación de Género, extraído del *UNDP 2001*.

Todas las ecuaciones que permiten el cálculo del IPG se muestran a continuación. Para cada una de sus tres variables componentes se debe calcular un índice igualmente distribuido al que llamaremos *EDEP* que se calcula con la siguiente fórmula:

$$EDEP = \left( \text{Índice femenino}^{1-\varepsilon} + \text{Índice masculino}^{1-\varepsilon} \right)^{1/1-\varepsilon}$$

dónde, al igual que en el IPG, mide la aversión a la desigualdad.

Para la participación política y económica y la toma de decisiones, *EDEP* se indexa dividiéndolo por 50. La razón de esta indexación es que en una sociedad ideal, con la potenciación de la igualdad de ambos sexos, la variable IPG sería igual, al 50%, es decir, la proporción de mujeres estaría en la misma proporción que para los hombres, en cada una de las variables .

Cuando un valor de índice femenino o masculino es igual a cero, de acuerdo con la fórmula de *EDEP* anterior, no está definido. Sin embargo, el límite del *EDEP*, cuando dicho índice tiende a cero, es cero. En consecuencia, en estos casos el valor de *EDEP* es cero.

Veamos los pasos a seguir para su cálculo.

### El *EDEP* para la Representación Parlamentaria.

Se mide el empoderamiento relativo de las mujeres en términos de su participación política. Este *EDEP* se calcula utilizando las acciones de hombres y mujeres de la población y la proporción porcentual femenina y masculina de los escaños parlamentarios de acuerdo con la siguiente fórmula general.

$$EPID(t) = \frac{1}{\frac{PRPM(t)}{EPIM(t)} + \frac{PRPF(t)}{EPIH(t)}} \quad (45)$$

Dónde:

*EPIM* es la participación parlamentaria de mujeres.

*EPIH* es la participación parlamentaria de hombres.

Utilizando la fórmula general, *EDEP* se calcula un de porcentajes de mujeres y hombres en cargos de legisladores, altos funcionarios y directivos, y otro de porcentajes de mujeres y hombres en puestos profesionales y técnicos. El promedio de las dos medidas determina el *EDEP* de participación económica.

$$XAEI(t) = \frac{1}{\frac{PRPM(t)}{AEMU(t)} + \frac{PRPF(t)}{AEVA(t)}} \quad (46)$$

$$PPTI(t) = \frac{1}{\frac{PRPM(t)}{PMUJ(t)} + \frac{PRPF(t)}{PVAR(t)}} \quad (47)$$

$$PEID(t) = \frac{XAEI(t) + PPTI(t)}{2} \quad (48)$$

Dónde:

*AEMU* es la proporción de altos cargos femeninos.

*AEVA* es la proporción de altos cargos masculinos.

*PMUJ* es la proporción de profesionales mujeres.

*PVAR* es la proporción de profesionales hombres.

## El EDEP para Ingresos

El ingreso del trabajo (PPP, US\$) se estima para las mujeres y hombres por separado y luego son indexados como se hizo con el índice IDG. Para el IPG, sin embargo, el índice de ingresos se basa en valores no ajustados, no en el logaritmo de los ingresos estimados del trabajo.

$$YMUI(t) = \frac{YMUJ(t) - \min YMUJ}{\max YMUJ - \min YMUJ} \quad (49)$$

$$YVAI(t) = \frac{YVAR(t) - \min YVAR}{\max YVAR - \min YVAR} \quad (50)$$

$$YIIC(t) = \frac{1}{\frac{PRPM(t)}{YMUI(t)} + \frac{PRPF(t)}{YVAI(t)}} \quad (51)$$

Dónde:

$YMUY$  es el Índice de Ingresos de mujeres

$YVAI$  es el Índice de Ingresos de mujeres

$YIIC$  es el Índice de ponderación de ingresos de hombres y mujeres

Por último se calcula el Índice de Potenciación de Género con la fórmula que sigue:

$$IPG(t) = \frac{1}{3}(EPID(t) + PEID(t) + YIIC(t)) \quad (52)$$

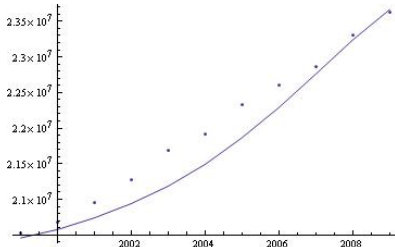


### 2.1.3.a. Validación de la Formulación Determinista (España y Bélgica)

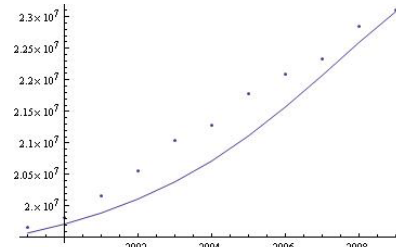
Utilizamos la población por sexos como variable relevante para la validación del modelo.

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal I en su formulación determinista, con el índice IPG como variable de calidad de vida, para el caso de España son las siguientes:

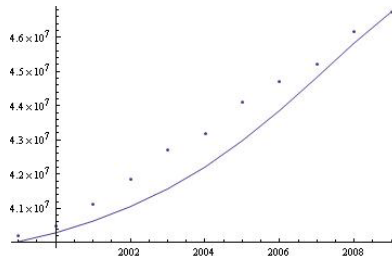
• **ESPAÑA**



**Figura 113:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.97396$ , con 2.28586 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 64).



**Figura 114:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.964032$ , con 3.06576 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 64).

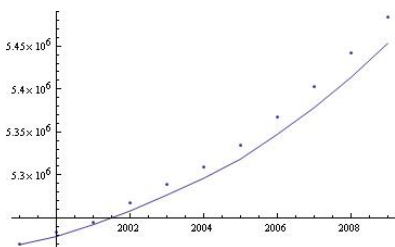


**Figura 115:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Total de España, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.969015$ , con 2.68046 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 64).

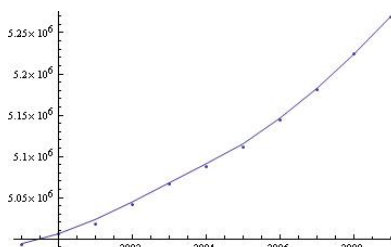
Nuevamente para este caso del Índice de Potenciación de Género observamos coeficientes de determinación superiores a 0.95 y errores relativos por debajo del 3.5%.

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal I en su formulación determinista, con el índice IPG como variable de calidad de vida, para el caso de Bélgica son las siguientes:

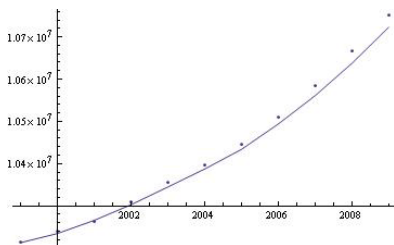
• **BÉLGICA**



**Figura 116:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Bélgica, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.9997$ , con 0.569813 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 70).



**Figura 117:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de Bélgica, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.999605$ , con 0.0810862 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 70).



**Figura 118:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Total de Bélgica, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.99977$ , con 0.280106 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 70).

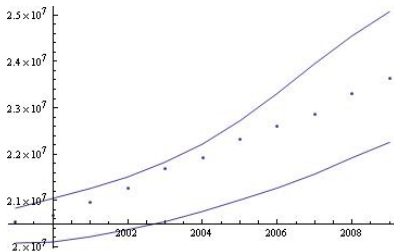
Para el caso de Bélgica la buena superposición de datos reales y datos simulados es evidente, y ello se ratifica nuevamente con unos coeficientes de determinación superiores a 0.99 y errores relativos por debajo del 1%.

**2.1.3.b. Validación de la Formulación Estocástica (España y Bélgica)**

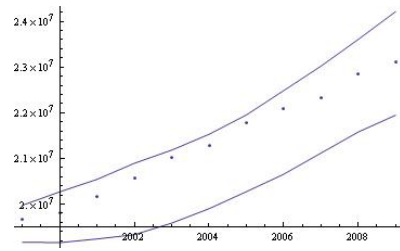
Utilizamos la población por sexos como variable relevante para la validación del modelo.

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal I en su formulación estocástica (para los valores máximos y mínimos de un intervalo de confianza del 99%), con el índice IPG como variable de calidad de vida, para el caso de España son las siguientes:

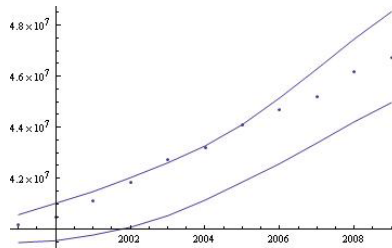
• **ESPAÑA**



**Figura 119:** Población Femenina Española para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).



**Figura 120:** Población Masculina Española para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).

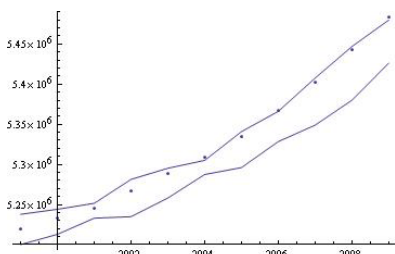


**Figura 121:** Población Total Española para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).

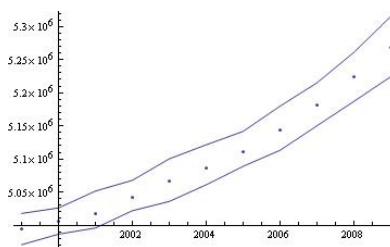
Observamos que para este índice los datos históricos se encuentran en el interior del intervalo generado por el simulador; tan sólo encontramos que para la población total española en el año 2003 se encuentra el dato real por encima del máximo del intervalo.

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal I en su formulación estocástica (para los valores máximos y mínimos de un intervalo de confianza del 99%), con el índice IPG como variable de calidad de vida, para el caso de Bélgica son las siguientes:

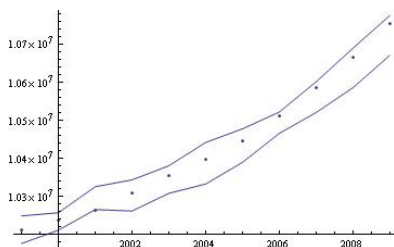
• **BÉLGICA**



**Figura 122:** Población Femenina de Bélgica para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).



**Figura 123:** Población Masculina de Bélgica para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).



**Figura 124:** Población Total de Bélgica para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).

Para el caso de Bélgica con el índice IPG observamos que es el dato real del año 2004 en la población masculina el único dato que supera el máximo del intervalo generado por el modelo.

La conclusión para este índice es idéntica a la de los dos anteriores.

Para el caso de la validación determinista se observa que obtenemos coeficientes de determinación superiores a 0.95, con errores relativos menores al 5% y gráficamente, datos reales y simulados están cercanos.

Respecto a la validación estocástica se observa que los datos históricos se encuentran en el intervalo obtenido, a excepción de algún dato puntual, mencionado en cada uno de los casos.

Con todo esto afirmamos que el Modelo Temporal I resulta validado para los índices, IDH, IPG e IDG.

Así pues pasamos a la validación del Modelo Temporal II en el que introducimos la interacción de estos tres índices.

#### **2.1.4. Modelo Temporal II, IDH, IDG, IPG**

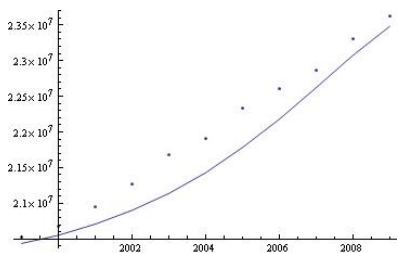
En este apartado se presenta la validación del Modelo Temporal II. Se ha visto que considerando de manera independiente las tres variables de calidad de vida IDH, IDG e IPG se obtienen modelos que validan bien. Ahora se pretende tratar de averiguar si estas variables de calidad de vida interaccionan. Si resultase ser así, se obtendrían mejores ajustes del modelo a la realidad que en cualquiera de los casos anteriores. En el Modelo Temporal II se considera que las tasas de fertilidad y defunción poseen la misma estructura que en los casos anteriores, pero, ahora, la variable independiente no es únicamente un índice, sino el producto de los tres, IDH, IDG e IPG.

##### **2.1.4.a. Validación de la Formulación Determinista (España y Bélgica)**

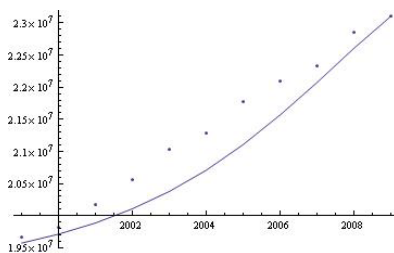
Utilizamos la población por sexos como variable relevante para la validación del modelo.

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal II en su formulación determinista, con el producto de los índices IDH, IDG e IPG como variable de calidad de vida, para el caso de España y Bélgica son las siguientes:

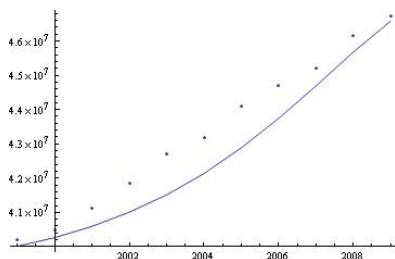
• ESPAÑA



**Figura 125:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.975071$ , con 2.50802 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 67).

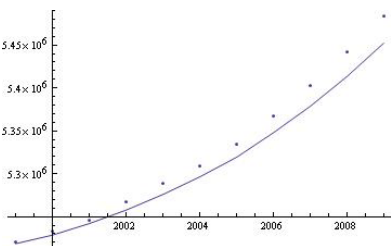


**Figura 126:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.962279$ , con 3.11917 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 67).

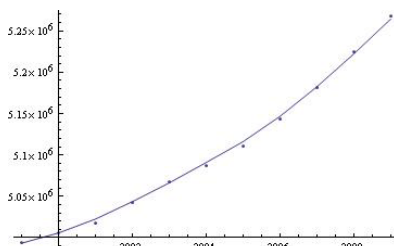


**Figura 127:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Total de España, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.96872$ , con 2.80896 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 67).

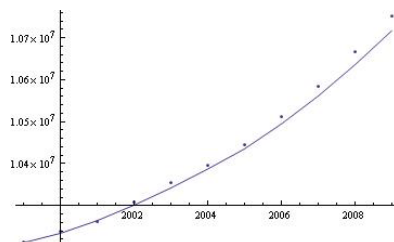
• BÉLGICA



**Figura 128:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Bélgica, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.999714$ , con 0.58739 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 72).



**Figura 129:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de Bélgica, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.999198$ , con 0.0939678 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 72).



**Figura 130:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Total de Bélgica, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.999658$ , con 0.339624 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 72).

En las validaciones de la formulación determinista del Modelo Temporal II para el caso de España y Bélgica podemos observar que el coeficiente de determinación, tanto en población de mujeres como en el total de la población, es más elevado que para el Modelo Temporal I.

Del mismo modo, los errores relativos son inferiores a los observados en las tres validaciones anteriores del Modelo Temporal I y nuevamente en ambos países no superan el 5%.

#### **2.1.4.b. Validación de la Formulación Estocástica (España y Bélgica)**

Utilizamos la población por sexos como variable relevante para la validación del modelo.

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal II en su formulación estocástica (para los valores máximos y mínimos de un intervalo de confianza del 99%), con el producto de los índices IDH, IDG e IPG como variable de calidad de vida, para el caso de España y Bélgica son las siguientes:

• ESPAÑA

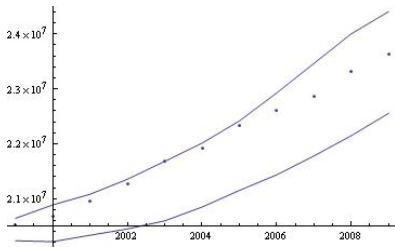


Figura 131: Población Femenina Española para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).

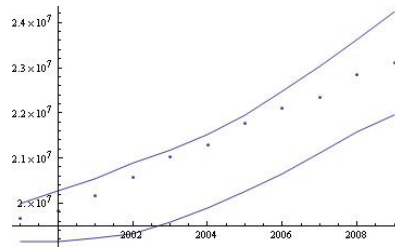


Figura 132: Población Masculina Española para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).

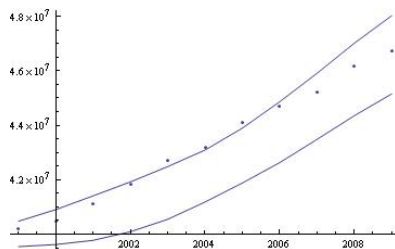


Figura 133: Población Total Española para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).

• BÉLGICA

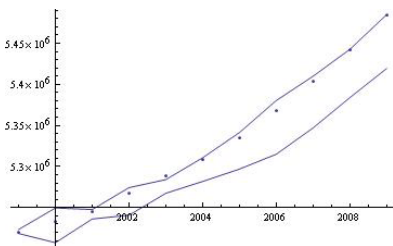


Figura 134: Población Femenina de Bélgica para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos)

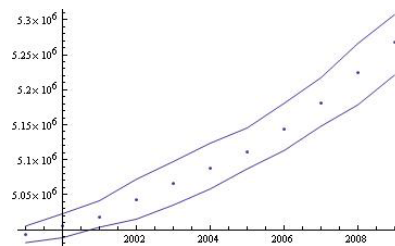
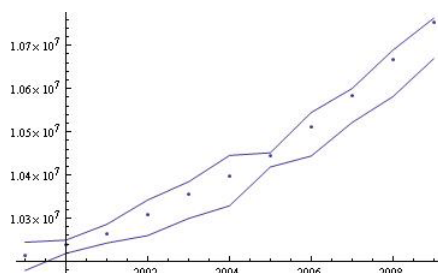


Figura 135: Población Masculina de Bélgica para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos)





**Figura 136:** Población Total de Bélgica para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).

Para ambos países, las validaciones de la formulación estocástica del Modelo Temporal II resultan satisfactorias ya que se observa que los valores reales de la población por sexos y total se encuentran en el interior del intervalo obtenido.

Con esto queda validado el Modelo Temporal II. En este trabajo se han utilizado dos países a modo de ejemplo para la validación, tanto en su formulación determinista como en su formulación estocástica, pero cada modelo ha sido diseñado con carácter universal, es decir, aplicable a cualquier país del que se posean datos históricos de las variables involucradas en el modelo.

Tan sólo remarcar, tal y cómo se ha ido apuntando en cada caso, que los datos obtenidos de los Institutos Estadísticos de cada país deben ser datos fidedignos. Para más detalles sobre la calidad de los datos véase en el Capítulo 4 la validación de los Modelos Estructurados por Edades II y III.

Tras obtener el Modelo Temporal II, le añadimos más detalle al mismo, introduciendo el índice IPH-2. Este modelo sólo es aplicable para los países pertenecientes a la OCDE, pero la introducción de este índice en el modelo nos permitirá estudiarlos de forma más detallada. Mostramos a continuación el proceso de construcción del mismo y su validación para España y Canadá.

## **2.2. Validación de los Modelos Temporales I y III añadiéndoles el Índice de Pobreza**

En los Informes de la ONU se distinguen cinco índices calidad de vida, los tres mencionados y estudiados en las secciones previas, y los índices de pobreza.

Cómo se ha comentado en la Introducción, existen dos índices de pobreza: IPH-2 e IPH-1. El primero corresponde a los países pertenecientes a la OCDE y el segundo a los países que no pertenecen a la misma.

En esta sección se muestra, en primer lugar, el modelo en el cual se introduce únicamente el índice IPH-2 (Modelo Temporal I). En segundo lugar, se mostrará el Modelo Temporal III, que es el definido para la interacción de los cuatro índices.

El Modelo Temporal I con IPH-2 se valida para los países España y Canadá. Bélgica ha sido sustituido por Canadá, ya que estudiar el caso de Bélgica (país escogido dentro de los países de la OCDE por su mayor disponibilidad de datos históricos y estudiado a lo largo de todo el trabajo) con el índice IPH-2 es imposible, debido a que los datos reales obtenidos en los Informes Anuales de Desarrollo Humano (*UNDP*, 1990-2011), para este índice, son constantes, es decir, no varían a lo largo del tiempo.

El Modelo Temporal III con IPH-2 queda validado para España y Bélgica y lo mostramos en las secciones siguientes.

### **2.2.1. Modelo Temporal I con IPH-2**

Mientras el IDH mide el adelanto medio de un país determinado, el IPH-2 (análogamente el IPH-1), mide las privaciones en los tres aspectos básicos del desarrollo humano que se ven reflejados en el IDH:

- Longevidad, es decir, vulnerabilidad a la muerte a una edad relativamente temprana, medida por la probabilidad al nacer de no vivir hasta los 60 años.
- Conocimientos, exclusión del mundo de la lectura y las comunicaciones, medido por el porcentaje de adultos (16 a 65 años de edad) que carecen de alfabetización funcional.
- Nivel de vida, medido por el porcentaje de personas que viven por debajo del límite de pobreza de ingreso (50% de la mediana del ingreso fa-

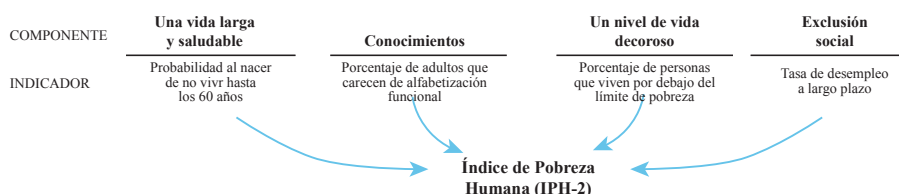
miliar disponible).

- Exclusión social, medida por la tasa de desempleo a largo plazo (12 meses o más).

El cálculo de este índice es más directo que el de los tres anteriores, ya que los indicadores utilizados para la medición de las privaciones ya están normalizados de 0 a 100 (porque están expresados en porcentajes), de modo que no es necesario crear índices para cada componente.

Tan sólo destacar que en este trabajo no se han considerado los valores en porcentaje, sino que los hemos transformado a valores entre 0 y 1, ya que para poder compararlos con los otros tres índices debían de estar en la misma escala.

En la Figura 137 se muestra un esquema en el que se pueden observar todas las variables que intervienen en el cálculo de este índice.



**Figura 137:** Esquema de la construcción del Índice de Pobreza Humano correspondiente a los países pertenecientes a la OCDE, extraído del *UNDP 2001*.

Tal y como hemos comentado, el cálculo del IPH-2 es más directo que el del IDH ya que los indicadores utilizados para la medición de las privaciones ya están normalizados, de modo que no es necesario crear índices para componente.

La fórmula para el cálculo del IPH-2 es:

$$IPH - 2 = \left( \frac{1}{4} (YPNN(t)^3 + YACA(t)^3 + PPUP(t)^3 + PDES(t)^3) \right)^{1/4} \quad (53)$$

Dónde:

*YPNN* es la probabilidad al nacer de no sobrevivir hasta los 60 años.

*YACA* es el porcentaje de adultos que carecen de alfabetización funcional (divi-

dido por 100).

*PPUP* es el porcentaje de población por debajo del límite de pobreza de ingreso (50% de la mediana del ingreso familiar disponible) (dividido por 100).

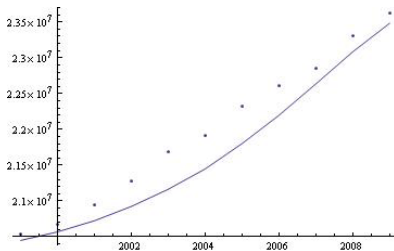
*PDES* es la tasa de desempleo a largo plazo (12 meses o más).

### 2.2.1.a. Validación de la Formulación Determinista (España y Canadá)

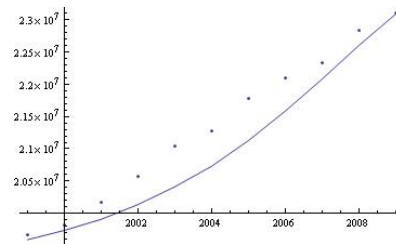
Utilizamos la población por sexos como variable relevante para la validación del modelo.

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal I en su formulación determinista, con el índice IPH-2 como variable de calidad de vida, para el caso de España son las siguientes:

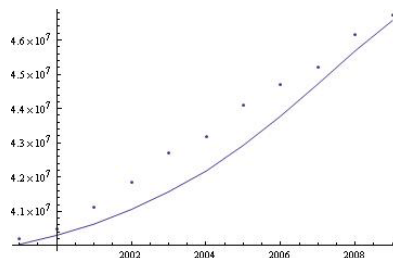
- **ESPAÑA**



**Figura 138:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.976422$ , con 2.35171 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 66).



**Figura 139:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.964517$ , con 2.99887 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 66).



**Figura 140:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Total de España, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.970521$ , con 2.67182 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 66).

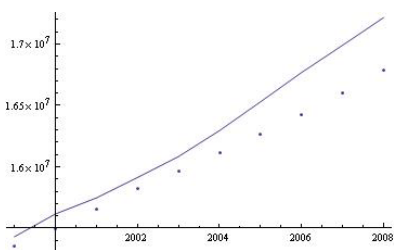
Para este índice de pobreza, observamos que los errores relativos de la población calculada están por debajo del 3%, lo cual representa una mejora respecto a los otros modelos estudiados con los otros tres índices, ya que en las validaciones anteriores tales errores relativos estaban entre el 3% y el 3.5%.

Respecto a los coeficientes de determinación, en este caso son nuevamente superiores al 0.96, y también superiores a los observados en las validaciones de los otros tres índices considerados.

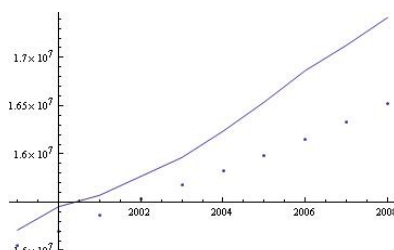
Y al igual que con los tres índices anteriores, IDH, IPG, e IDG, existe un cambio de tendencia en el periodo 2003-2005.

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal I en su formulación determinista, con el índice IPH-2 como variable de calidad de vida, para el caso de Canadá son las siguientes:

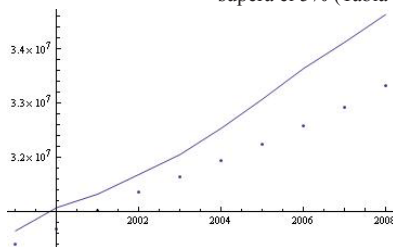
• CANADA



**Figura 141:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Canadá, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.994186$ , con 2.54349 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 74).



**Figura 142:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de Canadá, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.988695$ , con 4.43964 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 74).



**Figura 143:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Total de Canadá, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.991392$ , con 3.96189 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 74).

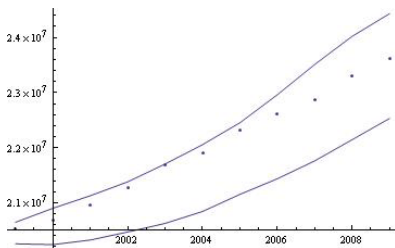
Para el caso de Canadá observamos una buena validación, con coeficientes de determinación superiores al 99% y errores relativos inferiores al 5%. Se observa en la gráfica que, conforme pasa el tiempo, los datos reales se alejan de los simulados.

### 2.2.1.b. Validación de la Formulación Estocástica (España y Canadá)

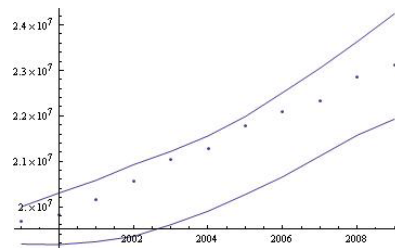
Utilizamos la población por sexos como variable relevante para la validación del modelo.

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal I en su formulación estocástica (para los valores máximos y mínimos de un intervalo de confianza del 99%), con el índice IPH-2 como variable de calidad de vida, para el caso de España son las siguientes:

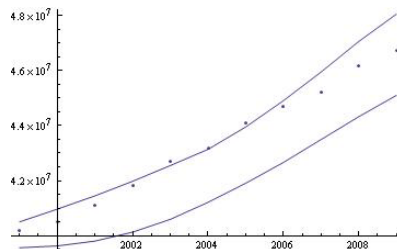
- **ESPAÑA**



**Figura 144:** Población Femenina Española para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).



**Figura 145:** Población Masculina Española para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).

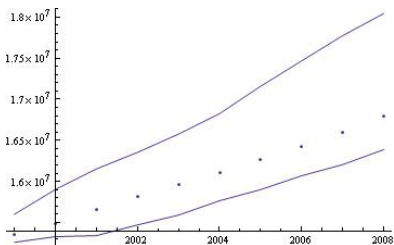


**Figura 146:** Población Total Española para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).

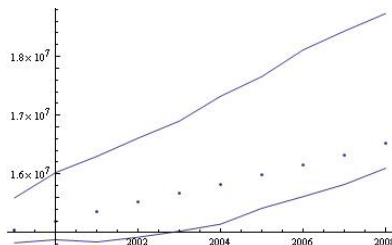
Todos los valores históricos se encuentran en el interior del intervalo calculado a excepción de los valores correspondientes al periodo 2003-2005. Esto coincide, nuevamente, con el cambio de tendencia mencionado en todas y cada una de las validaciones realizadas anteriormente para los distintos índices.

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal I en su formulación estocástica (para los valores máximos y mínimos de un intervalo de confianza del 99%), con el índice IPH-2 como variable de calidad de vida, para el caso de Canadá son las siguientes:

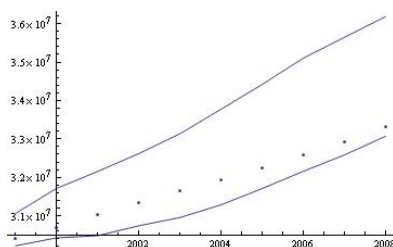
• CANADA



**Figura 147:** Población Femenina de Canadá para el periodo 1999-2008. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).



**Figura 148:** Población Masculina de Canadá para el periodo 1999-2008. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).



**Figura 149:** Población Total de Canadá para el periodo 1999-2008. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).

Para el caso de Canadá todos los valores históricos se encuentran en el interior del intervalo calculado y observamos cómo el intervalo se va ensanchando a medida que pasa el tiempo (cosa que ya se preveía al observar las gráficas de la validación de la formulación determinista del modelo presentado).

Podemos concluir así que queda validado el Modelo Temporal I para el índice IPH-2, para ambas formulaciones del modelo, tanto determinista, como estocástica.

Así pues pasamos a formular el modelo temporal más complejo, en el que interactúan los cuatro índices de calidad de vida, el Modelo Temporal III.



### 2.2.2. Modelo Temporal III con IDH, IDG, IPG, IPH-2

En éste último apartado del Capítulo 2 se presenta la validación del Modelo Temporal III en el que interactúan los índices IDH, IPG, IDG e IPH-2.

Cómo ya se ha comentado, tanto en la Introducción, como en el Capítulo 1, la relación entre los tres primeros índices y el índice de pobreza es inversa; así pues, la estructura de las tasas de fertilidad y defunción será la misma que la planteada en los casos anteriores, pero ahora nuestra variable independiente no es únicamente un índice (Modelo Temporal I), ni tampoco la interacción como producto entre los índices IDH, IPG, IDG (Modelo Temporal II), sino el cociente entre el producto de los índices IDH, IPG, IDG y el IPH-2.

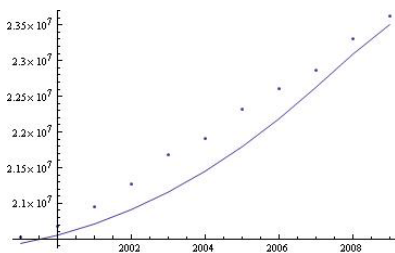
Este modelo se valida para el caso de España y Bélgica. A continuación presentamos las validaciones para la formulación determinista y estocástica.

#### 2.2.2.a. Validación de la Formulación Determinista (España y Bélgica)

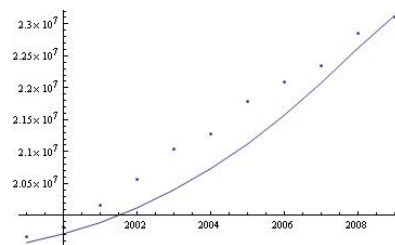
Utilizamos la población por sexos como variable relevante para la validación del modelo.

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal III en su formulación determinista, con los índices IDH, IDG, IPG e IPH-2 como variable de calidad de vida, para el caso de España y Bélgica son las siguientes:

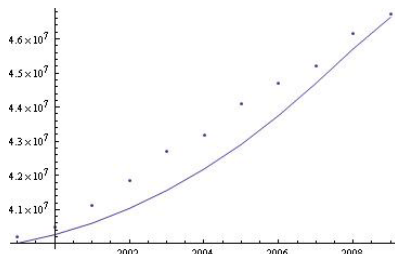
• ESPAÑA



**Figura 150:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.97611$ , con 2.41481 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 68).

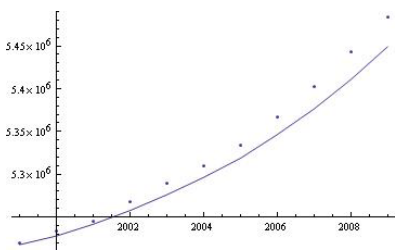


**Figura 151:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.963312$ , con 2.99865 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 68).

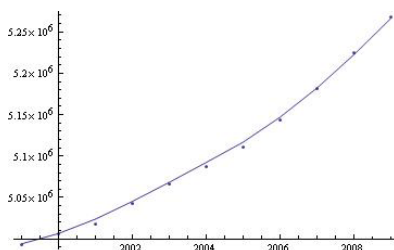


**Figura 152:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Total de España, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.969764$ , con 2.71079 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 68).

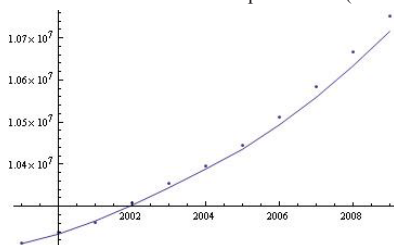
### • BÉLGICA



**Figura 153:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Bélgica, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.99976$ , con 0.640595 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 73).



**Figura 154:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de Bélgica, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.999252$ , con 0.107761 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 73).



**Figura 155:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Total de Bélgica, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.999617$ , con 0.350504 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 73).

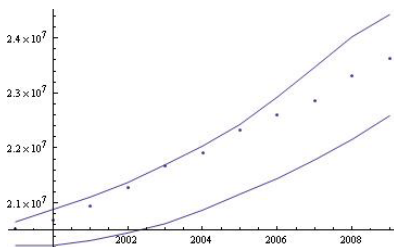
Nuevamente, al igual que en el Modelo Temporal II, se observa que queda validado el modelo en su formulación determinista, tanto para España como para Bélgica, con coeficientes de determinación por encima del 0.96 y errores relativos inferiores al 3%.

### 2.2.2.b. Validación de la Formulación Estocástica (España y Bélgica)

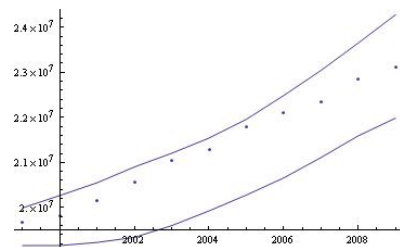
Utilizamos la población por sexos como variable relevante para la validación del modelo.

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal III en su formulación estocástica (para los valores máximos y mínimos de un intervalo de confianza del 99%), con los índices IDH, IDG, IPG e IPH-2 como variable de calidad de vida, para el caso de España y Bélgica son las siguientes:

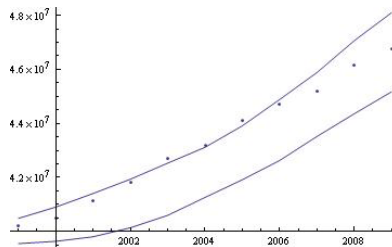
• ESPAÑA



**Figura 156:** Población Femenina Española para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).

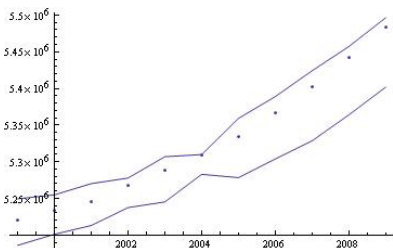


**Figura 157:** Población Masculina Española para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).

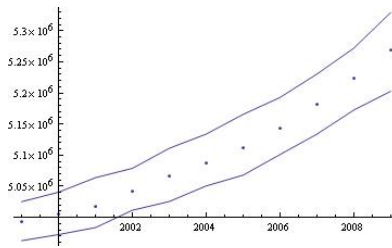


**Figura 158:** Población Total Española para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).

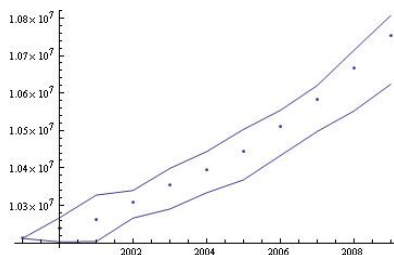
• **BÉLGICA**



**Figura 159:** Población Femenina de Bélgica para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).



**Figura 160:** Población Masculina de Bélgica para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).



**Figura 161:** Población Total de Bélgica para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos).

La validación del modelo en su formulación estocástica para los cuatro índices de calidad de vida queda demostrada para España y Bélgica, ya que, nuevamente, los valores reales se encuentran en el interior del intervalo obtenido.

Así pues podemos resumir que en este capítulo han sido validados los Modelos Temporales I, II y III, tanto en su formulación determinista como en su formulación estocástica.

Por un lado, para la formulación determinista de estos modelos se puede observar que los coeficientes de determinación son superiores a 0.96 y los errores relativos son inferiores a 3.5%.

Debemos destacar las validaciones de los modelos hechas para los países Bélgica y Canadá, ya que se observa una diferencia con los resultados obtenidos para España; la validación para estos dos primeros es mejor que para España. Esto lo atribuimos, tal y cómo se ha reseñado en los apartados anteriores, a que la información extraída del Instituto Nacional de Estadística (INE, España) posee errores. Desde el mismo Instituto, nos informaron con detalle de los posibles errores

en los datos históricos del censo de población. En este trabajo se explica este asunto con detalle y se proporciona una estrategia de reparación de tales errores en los Capítulos 4 y 5.

Por otro lado, para la formulación estocástica de estos modelos, se observa que la mayor parte de los datos reales está contenida en el intervalo generado por el simulador correspondiente. A excepción del caso de España en el periodo temporal 2003-2005. En este caso, al igual que en el caso determinista, existen diferencias entre las validaciones de Bélgica y Canadá con España.

Se debe remarcar que los países elegidos han sido escogidos aleatoriamente de entre los países pertenecientes a la OCDE, ya que, tal y cómo se señaló en la Introducción, son los países de la OCDE los que nos proporcionan más información sobre datos reales demográficos, pero como se ha reseñado en varias ocasiones, son modelos diseñados con carácter universal, con lo cual podrían ser aplicados a cualquier país del que obtuviéramos suficiente información real.

La Fase 3 de la Figura 02 de la Introducción la presentamos en el siguiente capítulo. Se amplían los modelos estructurando las poblaciones por edades y conservando la diferencia por sexos. En estos modelos se consideran nuevamente las variables calidad de vida de la ONU vistas hasta el momento.



## **Capítulo 3**

---

Los Modelos Estructurados por Edades II y III





---

En este capítulo presentamos el modelo socio-demográfico estructurado por edades y definido por sexos, desde su estructura inicial como un modelo de von Foerster-McKendrick para la dinámica de poblaciones por sexos y edades, de una población humana genérica, pasando por la obtención de las tasas de fertilidad y defunción en función de las variables calidad de vida que estamos considerando en este trabajo: el Índice de Desarrollo Humano (IDH), el Índice de Diferenciación de Género (IDG), el Índice de Potenciación de Género (IPG) y el Índice de Pobreza Humana (IPH-2).

Se presentan dos modelos con estructura demográfica similar, pero con variables calidad de vida diferentes. En primer lugar, el Modelo Estructurado por Edades II, que contiene la interacción de tres de los índices: el IDH, el IPG y el IDG. En segundo lugar, el Modelo Estructurado por Edades III, que incorpora, en el Modelo Estructurado por Edades II, el índice de pobreza humana correspondiente a los países pertenecientes a la OCDE: el IPH-2. Tal como ha sido reseñado en capítulos anteriores, se usa sólo este índice de pobreza ya que no se han encontrado datos históricos suficientes para la validación de este modelo en países que no pertenezcan a la OCDE.

Las variables que están involucradas en estos modelos están listadas alfabéticamente con su definición correspondiente en el Apéndice II.1. Al igual que en lo realizado para los Modelos Temporales I, II y III, para mayor comodidad del lector, las variables se encuentran listadas por orden alfabético y clasificadas por subsistemas a los que pertenecen, a saber: demográfico, calidad de vida 1 (Índice de Desarrollo Humano), calidad de vida 2 (Índice de Diferenciación de Género), calidad de vida 3 (Índice de Potenciación de Género) y calidad de vida 4 (Índice de Pobreza Humana).

Aquí también se hace uso del diagrama hidrodinámico o Diagrama de Forrester, que nos permite observar la relación existente entre todas las variables involucradas en el modelo. El Diagrama de Forrester correspondiente a los Modelos Estructurados por Edades, II y III se observa en la Figura 138 que mostramos a continuación. Nuevamente se aprecia cada subsistema del modelo en un color distinto. Así pues, en color azul el subsistema correspondiente a Demografía (diferenciada por sexos), en verde al Índice de Diferenciación de Género, en rosa al Índice de Desarrollo Humano, en morado al Índice de Potenciación de Género y en marrón al Índice de Pobreza Humana. La omisión de la variable de calidad de

vida Índice de Pobreza Humana (IPH-2), representaría particularizar el diagrama hidrodinámico correspondiente al Modelo Estructurado por Edades II. Si por el contrario se consideraran todos los índices, se obtiene el Modelo Estructurado por Edades III.

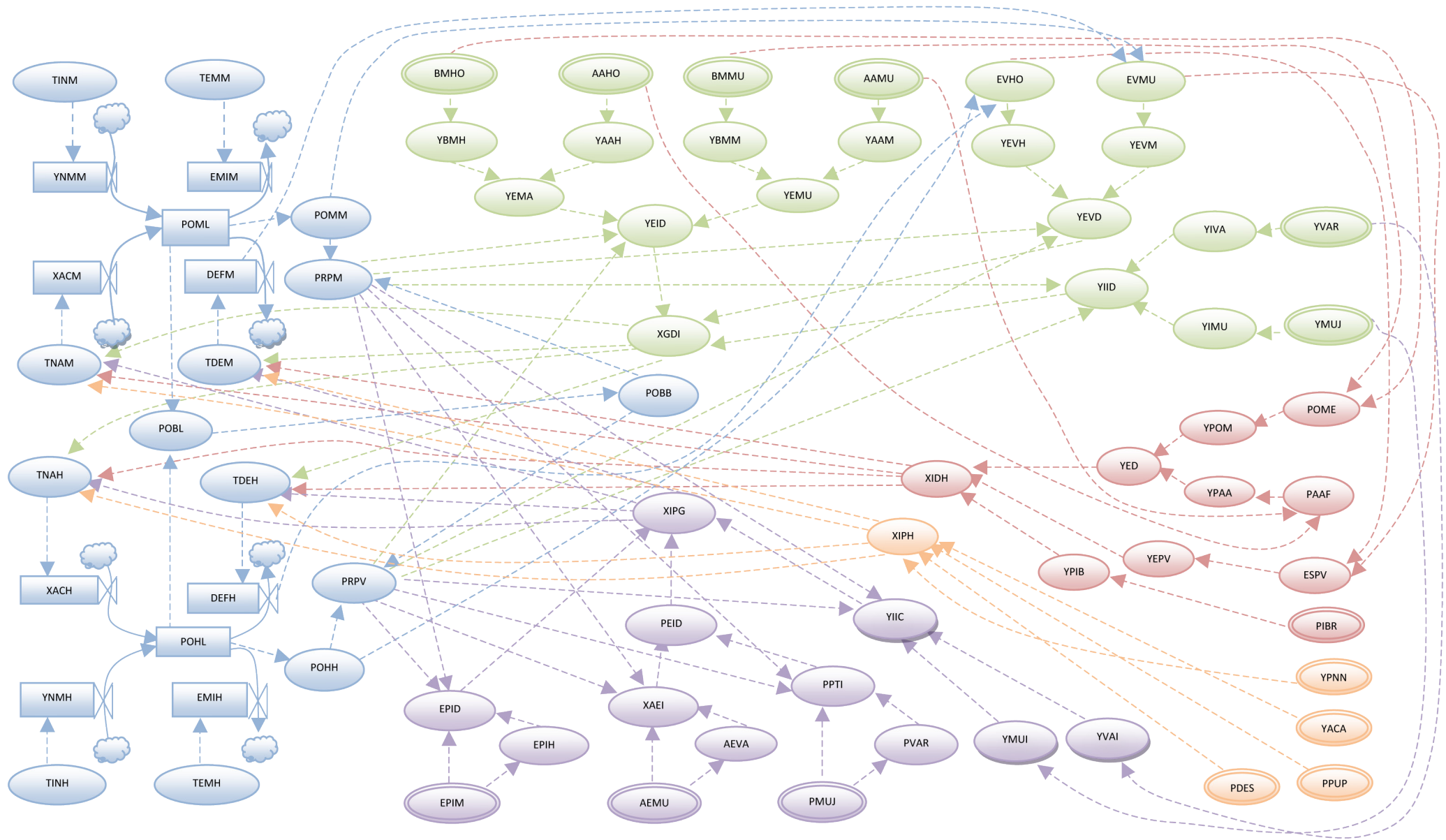


Figura 138: Diagrama de Forrester correspondiente al Modelo Estructurado por Edades III. Contiene los índices de la ONU: IDH, IDG, IPG, IPH-2.



### 3.1. Estructura de los Modelos Estructurados por Edades II y III.

La estructura inicial del modelo es la misma que la presentada en Micó et al. (2008), donde se presenta un modelo de von Foerster-McKendrick para la dinámica de población por sexos y edades de una población humana genérica. Las variables fundamentales del modelo son las densidades de población de hombres y mujeres por unidad de edad, que siguen las ecuaciones de von Foerster-McKendrick, es decir, dos ecuaciones en derivadas parciales de primer orden semi-lineales acopladas. Las condiciones de contorno vienen dadas por las funciones temporales de ambas variables de estado en la edad cero, dadas por los nacimientos, calculados a través de las tasas de fertilidad de hombres y mujeres, dependientes de las edades. Mientras, las condiciones iniciales vienen dadas, para ambas variables de estado, por las funciones de la edad que toman en el instante inicial considerado.

En este trabajo, dicha estructura se conserva, pero las ecuaciones son escritas en diferencias finitas, siguiendo la estructura clásica de las ecuaciones para un modelo de Dinámica de Sistemas. La diferencia principal que se presenta en este trabajo es la introducción de las variables calidad de vida como variables independientes en las funciones que calculan las tasas demográficas: las tasas de fertilidad y mortalidad. Esta introducción, de variables que miden la calidad de vida de un país, permite obtener un estudio más detallado y específico de la demografía del mismo.

A continuación presentamos las ecuaciones genéricas del modelo demográfico utilizado.

#### 3.1.1. Ecuaciones Genéricas

El punto de partida de este modelo demográfico es el modelo presentado por Micó et al. (2008). En su forma continua está constituido por las siguientes ecuaciones:

$$\frac{\partial w_i(t, x)}{\partial t} + c \cdot \frac{\partial w_i(t, x)}{\partial x} = -b_i(t, x) \cdot w_i(t, x) + m_i(t, x), \quad (54)$$

$$w_i(t, 0) = \int_0^{\infty} a_i(t, x) \cdot w_2(t, x) \cdot dx - b_i(t, 0) \cdot w_i(t, 0) + m_i(t, 0), \quad (55)$$

$$w_i(t_0, x) = u_i(x) \quad (56)$$

dónde,  $i=1$  representa a los hombres e  $i=2$  a las mujeres. Y  $c$  representa una constante de proporcionalidad, necesaria para que la ecuación se verifique dimensionalmente. En nuestro caso es la unidad ya que el tiempo y la edad se miden en las mismas unidades.

La ecuación (54) es una ecuación de von Foerster-McKendrick que determina la dinámica de la densidad de población  $w_i(t,x)$  dependiendo de tiempo y edad. En ella,  $b_i(t,x)$  representa la tasa de defunción y  $m_i(t,x)$  el balance migratorio. La ecuación (55) representa la condición de contorno, es decir, los nacimientos, en  $x=0$ . Por último, la ecuación (56) es la condición inicial, es decir, la densidad de población inicial,  $u_i(x)$ , en  $t=t_0$ .

A continuación se detallan las variables demográficas principales de este modelo.

### 3.1.1.a. Densidad de Población

La densidad de población,  $w_i(t,x)$ , depende del tiempo y de la edad,  $t \in [t_0, \infty[$ ,  $x \in [0, \infty[$ . La relación con las poblaciones totales  $v_i(t)$ , viene dada, en el dominio continuo por:

$$v_i(t) = \int_0^{\infty} w_i(t,x) \cdot dx. \quad (57)$$

Las propiedades topológicas fundamentales para las densidades de población son:

- en lo que respecta a sus valores asintóticos para la edad (para una edad infinita la densidad de población es cero):

$$\forall t \in [t_0, \infty[ : \lim_{x \rightarrow \infty} w_i(t,x) = 0 \quad (58)$$

- en lo que respecta al signo de ambas densidades de población:

$$\forall t \in [t_0, \infty[ , \forall x \in [0, \infty[ : w_i(t,x) \geq 0 \quad (59)$$

### 3.1.1.b. Tasas de Fertilidad

Las tasas de fertilidad,  $a_i(t,x)$ , están definidas respectivamente como los hombres y las mujeres que nacen por cada mujer en edad fértil (considerando como edad fértil de una mujer la que va de los 14 a los 50 años), y que dependen en general del tiempo y de la edad. Si  $n_i(t)$  representa los nacimientos, entonces, en el dominio continuo, estos pueden escribirse como:

$$n_i(t) = \int_0^{\infty} a_i(t, x) \cdot w_2(t, x) \cdot dx. \quad (60)$$

Las propiedades topológicas consideradas para las tasas de fertilidad son:

- a edades tempranas y tardías la fertilidad tiende a 0:

$$\forall t \in [t_0, \infty[ : \lim_{x \rightarrow \infty} a_i(t, x) = 0 \quad \lim_{x \rightarrow 0} a_i(t, x) = 0 \quad (61)$$

- las tasas de fertilidad no pueden ser negativas:

$$\forall t \in [t_0, \infty[ , \forall x \in [0, \infty[ : a_i(t, x) \geq 0 \quad (62)$$

### 3.1.1.c. Tasas de Defunción

Las tasas de defunción,  $b_i(t, x)$ , definidas como las defunciones de hombres y mujeres por cada hombre o mujer respectivamente, dependiendo, en general, del tiempo y de la edad.

Las propiedades topológicas consideradas para las tasas de defunción son:

- la tasa de defunción tiende a infinito cuando la edad tiende a infinito:

$$\forall t \in [t_0, \infty[ : \lim_{x \rightarrow \infty} b_i(t, x) = \infty \quad (63)$$

- las tasas de defunción no pueden ser negativas:

$$\forall t \in [t_0, \infty[ , \forall x \in [0, \infty[ : b_i(t, x) \geq 0 \quad (64)$$

### 3.1.1.d. Tasas migratorias

También han de ser considerados los balances migratorios,  $m_i(t, x)$ , definidos como las densidades de población inmigratoria menos las densidades de población emigratoria, para hombres y mujeres.

La tasa de inmigración viene representada por  $f_i(t, x)$ , y se considera la población de inmigrantes entre la población total, definida por sexos.

La tasa de emigración viene representada por  $g_i(t, x)$ , y se considera la población de emigrantes entre la población total, definida por sexos.

No existe ninguna propiedad topológica destacable en este caso, ni respecto a sus

valores asintóticos ni respecto a su signo.

Nótese que las funciones ajustadas a partir de los datos deberán cumplir todas las propiedades topológicas establecidas.

### 3.1.2. Hipótesis sobre el modelo

A este modelo genérico demográfico estructurado por edades y definido por sexos le han sido añadidas las variables de calidad de vida, tal como se ha reseñado al inicio de este capítulo. La forma de introducir estas variables es, al igual que en el caso de los Modelos Temporales I, II y III, buscando la relación entre éstas y las tasas de fertilidad y defunción.

Así pues, las tasas de fertilidad y defunción se consideran dependientes de las edades y de las variables de calidad de vida:

$$a_i(t, x) = A_i(\text{calidad}(t), x), \quad i=1, 2, \quad (65)$$

$$b_i(t, x) = B_i(\text{calidad}(t), x), \quad i=1, 2. \quad (66)$$

Por otro lado, el balance migratorio se define por la diferencia entre inmigración y emigración. En el artículo de Micó et al. (2008) se considera como el producto de las migraciones absolutas dependientes del tiempo y las proporciones por unidad de edad de la población del sistema. En nuestro caso, han sido definidas únicamente como función de la edad,

$$m_i(t, x) = m_i(x) = f_i(x) - g_i(x), \quad i=1, 2. \quad (67)$$

Nuevamente notar que *calidad* hace referencia a los índices de calidad de vida. Para el caso del Modelo Estructurado por Edades II, *calidad* se corresponde con el producto de tres de los cuatro índices considerados: el IDH, el IDG y el IPG. Sin embargo, para el caso del Modelo Estructurado por Edades III, *calidad* se refiere al cociente entre el producto de los tres anteriores y el IPH-2. En el apartado 3.1.4 se puede ver una explicación más detallada de estas estructuras.

### 3.1.3. Modelo definitivo

Tras analizar todas las hipótesis planteadas, el modelo que va a ser considerado en este trabajo es el siguiente:



$$\frac{\partial w_i(t, x)}{\partial t} + c \cdot \frac{\partial w_i(t, x)}{\partial x} = -B_i(\text{calidad}(t), x) \cdot w_i(t, x) + (f_i(x) - g_i(x)) \cdot w_i(t, x), \quad (68)$$

$$w_i(t, 0) = \int_0^{\infty} A_i(\text{calidad}(t), x) \cdot w_2(t, x) \cdot dx - B_i(\text{calidad}(t), 0) \cdot w_i(t, 0) + (f_i(0) - g_i(0)) \cdot w_i(t, 0), \quad (69)$$

$$w_i(t_0, x) = u_i(x) \quad (70)$$

Las soluciones del mismo han sido calculadas por la aproximación de Euler en ambas variables, siguiendo la estructura clásica de las ecuaciones para un modelo de Dinámica de Sistemas.

Así la primera ecuación del modelo aplicando el método de Euler implícito queda como:

$$\begin{aligned} \frac{w_i(t, x) - w_i(t - \Delta t, x)}{\Delta t} + c \cdot \frac{w_i(t, x) - w_i(t, x - \Delta x)}{\Delta x} = \\ = w_i(t - \Delta t, x) \cdot (-B_i(\text{calidad}(t - \Delta t), x) + f_i(x) - g_i(x)); \quad (71) \end{aligned}$$

En el caso que se aborda en este trabajo:  $\Delta t = \Delta x = 1$ ,

$$w_i(t, x) = \frac{(1 - B_i(\text{calidad}(t - \Delta t), x) + f_i(x) - g_i(x)) \cdot w_i(t - \Delta t, x) + c \cdot w_i(t, x - \Delta x)}{1 + c} \quad (72)$$

Por otro lado, las integrales para calcular la población por edades se calculan por el método de los trapecios compuesta. Se elige este método a pesar de que el más común es Simpson, se observa que los resultados obtenidos son similares y que el número de operaciones es menor. (Djidjeli et al., 1998).

### 3.1.4. Obtención de Tasas

Los datos demográficos históricos, es decir, poblaciones, defunciones, nacimientos, emigraciones e inmigraciones definidos por sexos y estructurados por edades, han sido extraídos de las bases de datos correspondientes a los Institutos Estadísticos de cada país objeto de estudio.

Para el caso de España, la información ha sido extraída del Instituto Nacional de Estadística ([www.ine.es](http://www.ine.es)), en un periodo temporal específico, de 2002 a 2008. Se

parte del año 2002, porque no se encuentran datos históricos anteriores referidos a las emigraciones.

Para el caso de Bélgica, los datos se han obtenido del *Statistics Belgium*, correspondientes al periodo 2000-2008.

Por último, respecto a las variables calidad de vida, los datos para su cálculo han sido extraídos de los Informes Anuales sobre Desarrollo Humano (*UNDP*, 1990-2011) correspondientes al periodo 1999-2008.

Al igual que en los Modelos Temporales II y III, en este caso se vuelven a presentar dos modelos con estructura similar, los Modelos Estructurados por Edades II y III. Se presentan ambos modelos porque, el primero permite ser usado para cualquier país sin distinción alguna, ya que las variables de calidad de vida utilizadas, el IDH, el IPG y el IDG, son genéricas, es decir, la ONU las define sin distinción de país. Sin embargo, ampliar el modelo, introduciendo un nuevo índice como el IPH-2, permite analizar con más detalle la población estudiada, aunque se esté restringiendo el uso del modelo a los países de la OCDE.

El segundo modelo podría ser aplicable a cualquier país si se utilizara el IPH-1 pero, por el momento, no puede ser validado, debido a que no se encuentran datos demográficos suficientes de los países dónde se usa dicho índice, es decir los países no pertenecientes a la OCDE.

### Tasas de Fertilidad $A_i$ (*calidad(t),x*)

Los datos empleados para la obtención de la tasa de fertilidad son los correspondientes al año inicial, 2002. Han sido obtenidos realizando la correspondiente división, para hombres y mujeres, de los nacimientos respectivos por las mujeres en edad fértil (entre 14 y 50 años, presentes en cada banco de datos estadísticos).

La función considerada para ajustar es combinación lineal de dos Gaussianas de parámetros positivos:

$$A_i(\text{calidad}(t), x) = \alpha_{i0} + \alpha_{i1} e^{-\frac{\left(\frac{x}{\text{calidad}(t)} - \mu_{i1}\right)^2}{2 \cdot \beta_{i1}}} + \alpha_{i2} e^{-\frac{\left(\frac{x}{\text{calidad}(t)} - \mu_{i2}\right)^2}{2 \cdot \beta_{i2}}} \quad (73)$$

Nótese que, en los apéndices  $A_1$  es *TNAH* y  $A_2$  es *TNAM*.

Además, en el caso del Modelo Estructurado por Edades II, en el que no se introduce el índice de pobreza humana:  $\text{calidad}(t) = \text{idh}(t) \cdot \text{idg}(t) \cdot \text{ipg}(t)$ . Y para el

caso del Modelo Estructurado por Edades III, en el que se introduce el índice de pobreza humana:

$$calidad(t) = \frac{idh(t) \cdot idg(t) \cdot ipg(t)}{iph(t)}$$

Se escogen estas variables independientes así dispuestas ya que el buscador de funciones *Regint* las selecciona como la que mejor se ajusta a los datos históricos. Lo cuál coincide con la visión intuitiva de la fórmula. Ya que IDH, e IDG incluyen educación, sanidad y riqueza e IPG potenciación de la mujer en la vida laboral, y el IPH la pobreza de un país.

**Tasas de Defunción  $B_i(calidad(t),x)$**

Los datos empleados para su obtención han sido los correspondientes al año inicial, 2002. Han sido obtenidas realizando la correspondiente división de las defunciones de hombres y mujeres por la población respectiva.

La función considerada para ajustar es una función definida a trozos como sigue:

$$B_i(calidad(t), x) = \begin{cases} \alpha_{i0} + \alpha_{i1} e^{-\frac{x}{\beta_{i1}}} + \sum_{j=2}^4 \alpha_{ij} e^{-\frac{\left(\frac{x}{calidad(t)} - \mu_j\right)^2}{2 \cdot \beta_{ij}}} & 0 < x < 45 \\ \alpha_{i5} + \alpha_{i6} e^{-\frac{x}{\beta_{i6}}} + \sum_{j=7}^8 \alpha_{ij} e^{-\frac{\left(\frac{x}{calidad(t)} - \mu_j\right)^2}{2 \cdot \beta_{ij}}} & 45 < x < 100 \end{cases} \quad (74)$$

Dónde el subíndice nuevo que aparece,  $j$ , nos sirve para numerar los parámetros utilizados en dicha función.

Se debe destacar que en este caso no se ha realizado un ajuste como el realizado en Micó et al. (2008), ya que si se observan las gráficas del Apéndice II.3.1 y II.3.2 se aprecia cómo en las primeras cohortes de edad no se sigue una pauta de evolución determinada. Por ello, se han introducido más parámetros y se ha definido la función por partes.

Nótese que, en los apéndices  $B_1$  es *TDEH* y  $B_2$  es *TDEM*.

Para el caso de las tasas de defunción, además de diferenciar los dos modelos, se destaca que  $calidad(t)$  es la misma variable que la considerada en las tasas de fertilidad, pero eliminando el Índice de Potenciación de Género (IPG). Se comprueba por prueba y error que si se mantiene este índice el ajuste de la función

con los datos históricos no es bueno. Además, el análisis de los residuos del ajuste (buscando si alguna variable los explica) confirma que esta variable no interviene en la explicación de la tendencia de los datos históricos. Por tanto, para el Modelo Estructurado por Edades III (en el que incluimos la pobreza), la tasa de mortalidad depende de la variable independiente  $calidad(t)$  como:

$$calidad(t) = \frac{idh(t) \cdot idg(t)}{iph(t)} ;$$

y para el Modelo Estructurado por Edades II:  $calidad(t) = idh(t) \cdot idg(t)$ .

### Tasas de Inmigración $f_i(x)$

Los datos empleados para su obtención han sido los correspondientes al año inicial, 2002. Han sido obtenidos realizando la correspondiente división de hombres y mujeres inmigrados por los hombres y mujeres de la población receptora.

Respecto a la variable independiente,  $x$ , se trata de la cohorte correspondiente. En este caso no se introducen variables de calidad de vida. Tal y como se ha comentado en los modelos temporales, para las migraciones debería de poder considerarse tanto la calidad de vida del país de inmigración como la calidad de vida del país de emigración. Por tanto, se considera la posibilidad de un trabajo de investigación futuro dónde se incluya la interrelación entre países.

La función considerada para ajustar es:

$$f_i(x) = \alpha_{i0} + \sum_{j=1}^5 \alpha_{ij} e^{-\frac{(x-\mu_{ij})^2}{2\beta_{ij}}} \quad (75)$$

Dónde el subíndice nuevo que aparece,  $j$ , nos sirve para numerar los parámetros utilizados en dicha función.

Nótese que en los apéndices  $f_1$  es  $TINH$  y  $f_2$  es  $TINM$ .

### Tasas de Emigración $g_i(x)$

Los datos empleados para su obtención han sido los correspondientes al año inicial, 2002. Han sido obtenidos realizando respectivamente la división de hombres y mujeres emigrados por los hombres y mujeres de la población del país de salida.

La función considerada para ajustar es la que sigue:

$$f_i(x) = \alpha_{i0} + \sum_{j=1}^4 \alpha_{ij} e^{-\frac{(x-\mu_{ij})^2}{2\beta_{ij}}} \quad (76)$$

Dónde el subíndice nuevo que aparece,  $j$ , nos sirve para numerar los parámetros utilizados en dicha función.

Nótese que en los apéndices  $g_1$  es *TEMH* y  $g_2$  es *TEMM*.

En el Apéndice II.3.1 y II.3.2, se puede observar el proceso de ajuste de cada una de las tasas explicadas en este capítulo, correspondientes a los países considerados para la validación: España y Bélgica. Allí incluimos los parámetros de las funciones correspondientes así como el análisis de las tres condiciones ya reseñadas en el Capítulo 1 para dar como válidos estos ajustes: coeficiente de correlación elevado, normalidad de los datos y aleatoriedad de los residuos.

Se observa que las funciones construidas son válidas para ambos países, y como hipótesis proponemos que la estructura de las mismas puede ser extrapolable a cualquier país del que se pueda obtener información demográfica suficiente.

Así tras el ajuste de todas y cada una de las tasas demográficas que intervienen en el modelo, en el siguiente capítulo se muestra la validación de los Modelos Estructurados por Edades II y III, tanto para la formulación determinista como para la formulación estocástica, para los dos países que son estudiados en este trabajo: España y Bélgica.



## **Capítulo 4**

---

Validación de los Modelos Estructurados por Edades II y III. Parte I





---

En este capítulo presentamos las validaciones de los Modelos Estructurados por Edades II y III, tanto en su formulación determinista como en su formulación estocástica. Ambos modelos estudian la evolución de la dinámica de poblaciones humanas por sexos y edades con la introducción de los *índices calidad de vida* usados por la ONU, y ya explicados de forma detallada en el Capítulo 2 de este mismo trabajo. Estas variables de calidad de vida se introducen en nuestro modelo como variables relevantes para la búsqueda de una estructura demográfica sostenible.

Este capítulo se divide en dos partes. En primer lugar, se muestran las validaciones de la formulación determinista y estocástica correspondientes al Modelo Estructurado por Edades II, y en segundo lugar, las correspondientes al Modelo Estructurado por Edades III, válido únicamente para los países pertenecientes a la OCDE, debido a que a este segundo modelo se le introduce el Índice de Pobreza, IPH-2, válido únicamente para estos países.

Ambos modelos han sido validados para dos países pertenecientes a la OCDE: España y Bélgica. Para el caso de España es validado en el periodo 2003-2008 y para Bélgica lo es en el periodo 2001-2008. Los datos históricos referidos a las variables demográficas, como nacimientos, defunciones, emigraciones, inmigraciones o poblaciones totales, han sido extraídos de los Institutos Nacionales Estadísticos de cada uno de estos países, así como del *Eurostat* y del *World Bank Data Base* para aquellos datos puntuales que no fueron encontrados en las organizaciones referidas de cada país.

Al igual que en los Modelos Temporales I, II y III, las ecuaciones presentadas en el Capítulo 3 se han obtenido utilizando la herramienta informática *Regint* para así poder ser escritas con las formulaciones determinista y estocástica (ambas formulaciones se encuentran explicadas con detalle en el Capítulo 2).

La validación de ambas formulaciones ha sido realizada de forma análoga a lo explicado en el Capítulo 3. En rasgos generales se puede recordar que se ha estudiado: (a) la superposición de los resultados obtenidos por el simulador para cada año y los datos históricos, (b) el cálculo de los coeficientes de determinación y, (c) el control de la aleatoriedad de los residuos.

El proceso de validación para la formulación determinista ha sido considerado exitoso por obtener una buena superposición gráfica de los datos históricos y los

calculados por el simulador. Por otro lado, los coeficientes de determinación,  $R^2$ , son muy altos y por último la aleatoriedad de los residuos verificada por medio del error máximo relativo que no supera al 5%. El detalle de toda esta información, se puede observar en las figuras que se muestran a lo largo de todo el capítulo.

En términos generales, tal como se ha comentado en el párrafo anterior, se puede decir para ambos países que **la validación determinista** puede considerarse un éxito. Pero, si se observan los errores relativos (Apéndice II.4.1 y II.4.2, Tablas 135-138 y 143-146), los correspondientes a las cohortes 0-10 y 20-45, para el caso de España, y de la cohorte 0 a la 10, para el caso de Bélgica, en el transcurso de los años, superan el 5%, pero no exceden en ningún caso el 12%, lo que evidencia la presencia de un error originado por el modelo o por los datos históricos.

En el intento de averiguar a qué se debe este error, que se comete en estos periodos de edad tan específicos, se observa que los datos extraídos de los Institutos correspondientes a cada país no son exactos. Es decir, tan sólo comprobando el número correspondiente a la primera cohorte que nos proporcionan los Institutos de Estadística en la estadística de explotación del padrón ya se observan incoherencias. Así, por ejemplo, el valor que se obtiene cuando se consideran los nacimientos totales de ese periodo temporal menos defunciones más migraciones, no se corresponde con el cálculo que se puede realizar con los datos proporcionados por este mismo instituto referidos a nacimientos, defunciones por cohortes de edad y movimientos migratorios por cohortes de edad.

Tras estas observaciones y ponernos en contacto directo con el INE, en esta institución nos dieron diversos motivos para que esto ocurra, entre los que destacaron:

- Los ayuntamientos no siempre repercuten a tiempo los nacimientos en sus padrones, lo que provoca algún desfase poblacional.
- Los padres no siempre empadronan a sus hijos en el mismo año en el que estos nacen.
- El doble empadronamiento.
- La inmigración no se contabiliza de forma exacta; se pueden tener inmigrantes en el censo que no se hayan contabilizado como inmigrantes, ya que los inmigrantes registrados como tales son aquellos que están de forma legal en nuestro país.

Así, con las dos primeras causas de error estadístico apuntadas se comprueba, que nuestro modelo, en las primeras cohortes de edad, no va a poder ser validado. Este error lo observamos, tanto en el caso de España cómo en el caso de Bélgica, pero se aprecia un error superior en el caso de España, el error para Bélgica, en esas cohortes, es ínfimo. Respecto a las dos últimas causas afectan claramente a las cohortes entre 20 y 45 y, por tanto, nuevamente no puede ser controlada la validación. Estas dos tan sólo repercuten en el caso de España.

Respecto a **la validación estocástica**, en este capítulo, tan sólo se muestra para el caso de Bélgica, ya que, para el caso de España, como se ha explicado anteriormente, dado que la validación determinista no resulta correcta de acuerdo con el criterio de validación auto-impuesto, no se ha pasado a realizar la validación estocástica hasta no dar una solución a los errores de las estadísticas de la población definida por sexos y estructurada por edades mencionados en el párrafo anterior.

Es en el siguiente capítulo dónde se explica el método que se ha usado para la construcción de una población “verídica”, y ha sido ejemplificado para el caso de España. Este método de obtención de población realista puede ser extrapolable a cualquier otro país, en el que los errores observados (corroborados por el organismo que los proporcione) sean de gran importancia.

Para el caso de Bélgica, la validación de la formulación estocástica, de los modelos presentados en este capítulo, se considera un éxito por las mismas razones que se expusieron en el Capítulo 2, para el caso de las validaciones de las formulaciones estocásticas de los Modelos Temporales I, II y III. Por un lado, se observa que todos los resultados tienen una distribución normal. Para ello el generador *SIGEM* programa una prueba  $\chi^2$  automáticamente. Esto se puede comprobar en las Tablas 151 a la 154 del Apéndice II.4.4. Por otro lado, se ha calculado un intervalo de confianza del 99% para cada resultado y se comprueba que todos los datos históricos están dentro de este intervalo. Esto se puede observar en las gráficas que aparecen en cada apartado de este mismo capítulo, en las reseñas Validación Estocástica, de cada uno de los Modelos Estructurados por Edades II y III, para cada país considerado.

A continuación se muestran las gráficas y la información numérica para cada uno de los países y para cada una de las validaciones de la formulación determinista y estocástica de los Modelos Estructurados por Edades II y III.

## 4.1. Validación del Modelo Estructurado por Edades II.

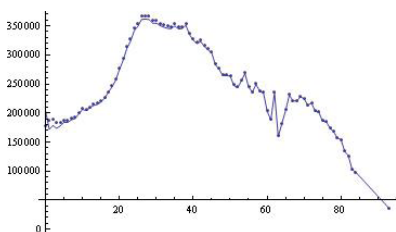
En esta primera parte se muestra la validación de la formulación determinista del Modelo Estructurado por Edades II para España y Bélgica. Tal y como se ha comentado a lo largo de todo el trabajo, en este modelo sólo se consideran tres de los cinco índices calidad de vida considerados por la ONU, el Índice de Desarrollo Humano (IDH), Índice de Diferenciación de Género (IDG), e Índice de Potenciación de Género (IPG). Así este modelo será aplicable a cualquier país del mundo, ya que éstos son índices genéricos definidos para todos los países de la misma forma. Tal y como se ha explicado anteriormente, la introducción de los índices de pobreza en el modelo hace que quede dividido para dos tipos de países, los pertenecientes a la OCDE y los que no pertenecen a la OCDE. Por ello, en este primer modelo estructurado por edades estos índices no se introducen, se introducirán en el Apartado 4.2 donde se analiza el modelo con la incorporación del IPH-2, es decir, el Modelo Estructurado por Edades III.

### 4.1.1. Validación de la formulación determinista (España y Bélgica)

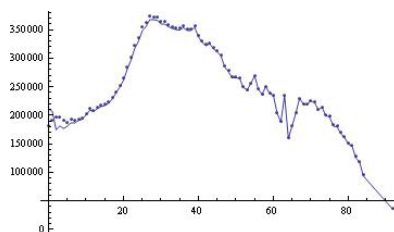
Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Estructurado por Edades II en su formulación determinista, con los índices IDH, IPG e IDG como variables de calidad de vida, para el caso de España son las siguientes:

#### ESPAÑA

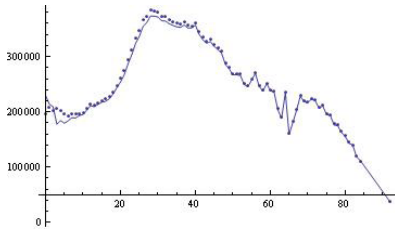
- Población Mujeres



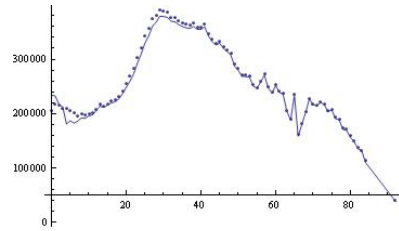
**Figura 235:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2003,  $R^2 = 0.997216$ .



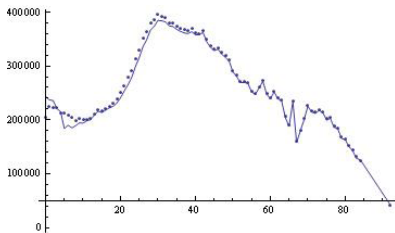
**Figura 236:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2004,  $R^2 = 0.994949$ .



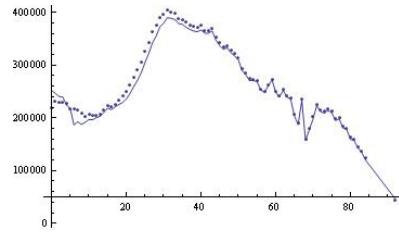
**Figura 237:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2005,  $R^2 = 0.993316$ .



**Figura 238:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2006,  $R^2 = 0.993223$ .

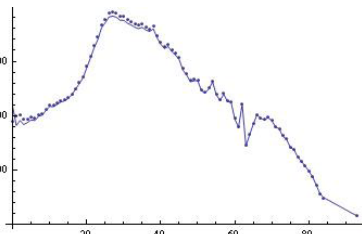


**Figura 239:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2007,  $R^2 = 0.990582$ .

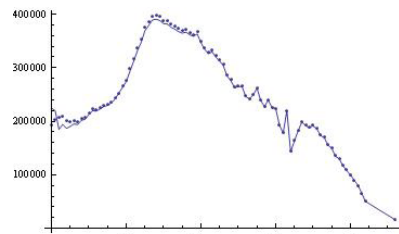


**Figura 240:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2008,  $R^2 = 0.988304$ .

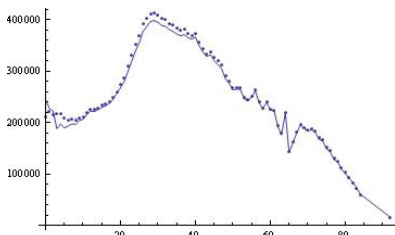
• Población Varones



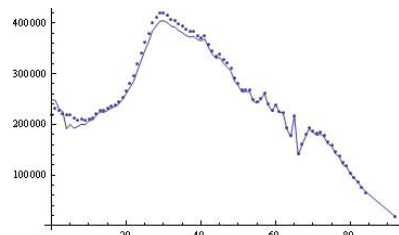
**Figura 241:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2003,  $R^2 = 0.997961$ .



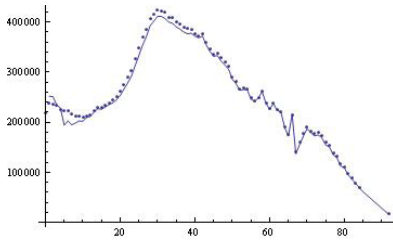
**Figura 242:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2004,  $R^2 = 0.996378$ .



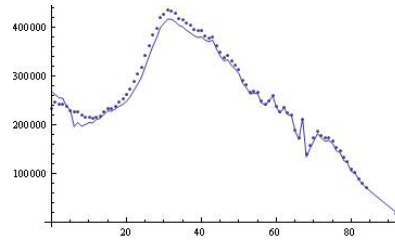
**Figura 243:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2005,  $R^2 = 0.995209$ .



**Figura 244:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2006,  $R^2 = 0.995063$ .



**Figura 245:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2007,  $R^2 = 0.992532$ .



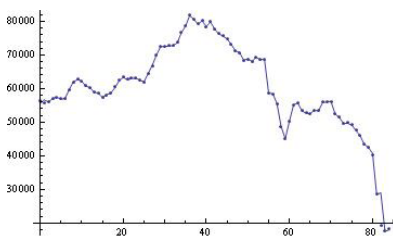
**Figura 246:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2008,  $R^2 = 0.991965$ .

Se observa, tanto en la población femenina como en la masculina que la validación determinista para el caso de España es muy buena, con un coeficiente de determinación superior al 0.99, aunque, tal y como se comenta al inicio del capítulo, se observa en las gráficas que los datos reales y los simulados en los intervalos de edad 0 a 15 y 30 a 40, difieren. Se puede observar también en las Tablas 135 y 136 del Apéndice II que los errores relativos en esos intervalos de edad superan el 5%, pero sin alcanzar el 12%.

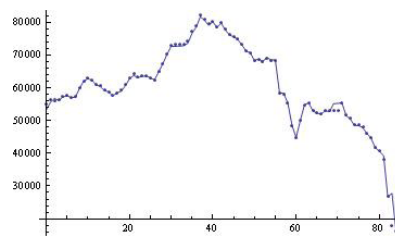
Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Estructurado por Edades II en su formulación determinista, con los índices IDH, IPG e IDG como variables de calidad de vida, para el caso de Bélgica son las siguientes:

## BÉLGICA

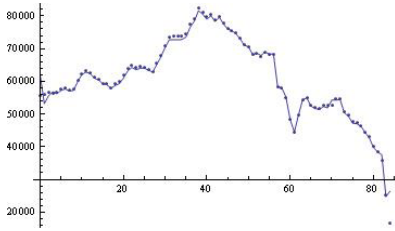
- Población Mujeres



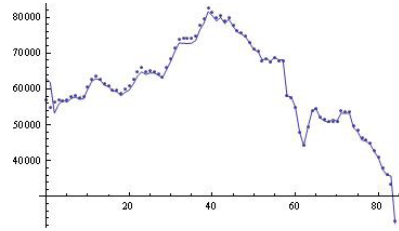
**Figura 247:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Bélgica año 2001,  $R^2 = 0.993742$ .



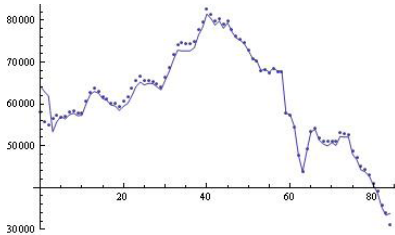
**Figura 248:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Bélgica año 2002,  $R^2 = 0.992555$ .



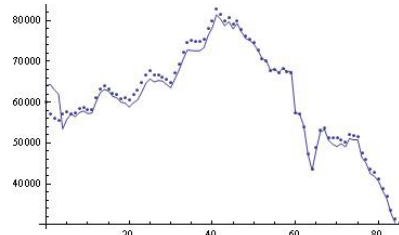
**Figura 249:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Bélgica año 2003,  $R^2 = 0.988711$ .



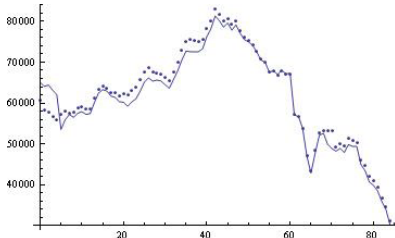
**Figura 250:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Bélgica año 2004,  $R^2 = 0.989777$ .



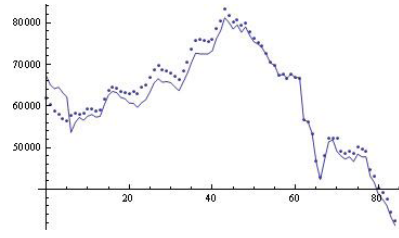
**Figura 251:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Bélgica año 2005,  $R^2 = 0.982827$ .



**Figura 252:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Bélgica año 2006,  $R^2 = 0.97884$ .

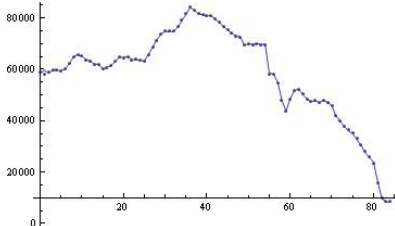


**Figura 253:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Bélgica año 2007,  $R^2 = 0.972071$ .

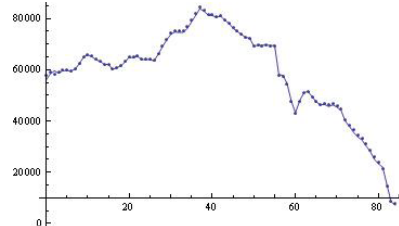


**Figura 254:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Bélgica año 2008,  $R^2 = 0.966792$ .

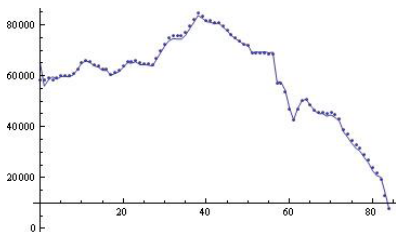
• Población Varones



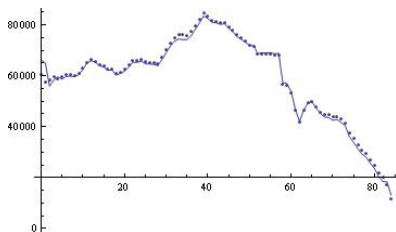
**Figura 255:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de Bélgica año 2001,  $R^2 = 0.99983$ .



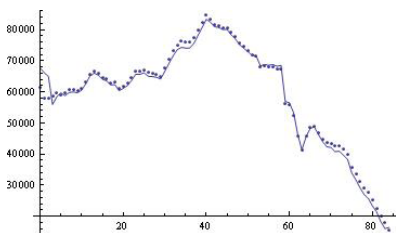
**Figura 256:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de Bélgica año 2002,  $R^2 = 0.999396$ .



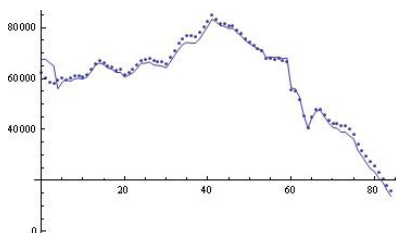
**Figura 257:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de Bélgica año 2003,  $R^2 = 0.996753$ .



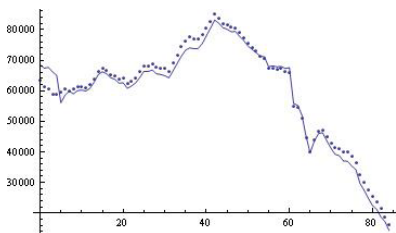
**Figura 258:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2004,  $R^2 = 0.993619$ .



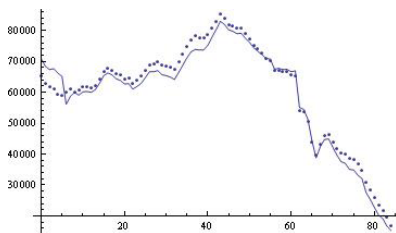
**Figura 259:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2005,  $R^2 = 0.989438$ .



**Figura 260:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2006,  $R^2 = 0.986566$ .



**Figura 261:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2007,  $R^2 = 0.983095$ .



**Figura 262:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2008,  $R^2 = 0.978747$ .

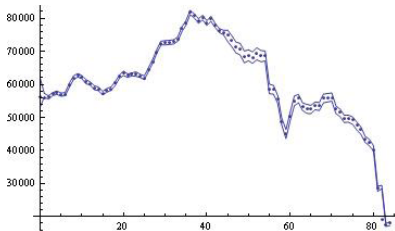
Al igual que para el caso de España, se observa que en las primeras cohortes el modelo no queda validado, y también se aprecia cómo a partir del quinto año de validación los datos simulados difieren de los históricos en mayor medida que en los años anteriores. De esto se deduce que los modelos utilizados son buenos para hacer previsiones para cinco o seis años. En el séptimo año se debería actualizar el modelo, es decir, se deberían cambiar los valores de los datos iniciales volviendo a ajustar las tasas demográficas, para así poder continuar con la previsión de la siguiente serie temporal.



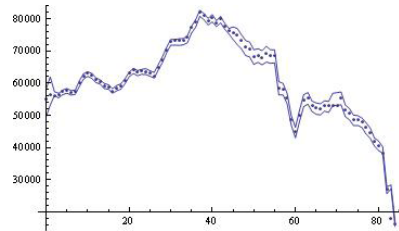
### 4.1.2. Validación de la formulación estocástica (Bélgica)

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Estructurado por Edades II en su formulación estocástica (para los valores máximos y mínimos de un intervalo de confianza del 99%), con los índices IDH, IDG e IPG como variables de calidad de vida, para el caso de Bélgica son las siguientes:

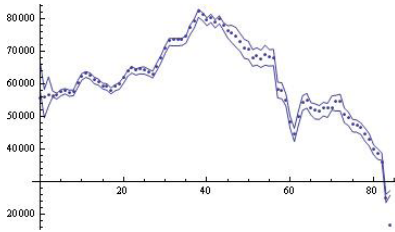
- Población Mujeres



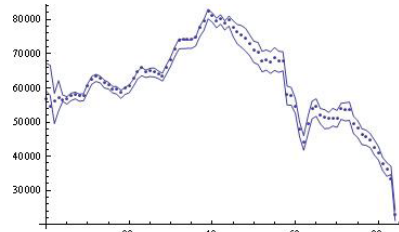
**Figura 263:** Máximos y mínimos (líneas), y datos reales (puntos), para la Población Femenina de Bélgica año 2001.



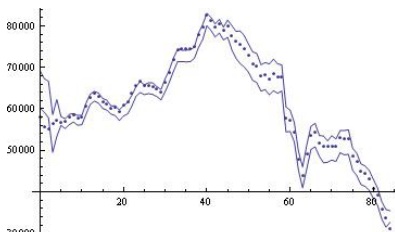
**Figura 264:** Máximos y mínimos (líneas), y datos reales (puntos), para la Población Femenina de Bélgica año 2002.



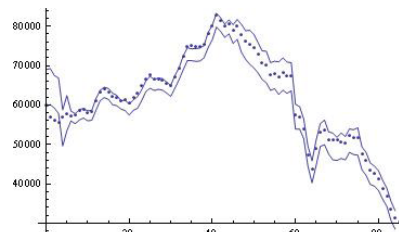
**Figura 265:** Máximos y mínimos (líneas), y datos reales (puntos), para la Población Femenina de Bélgica año 2003.



**Figura 266:** Máximos y mínimos (líneas), y datos reales (puntos), para la Población Femenina de Bélgica año 2004.



**Figura 267:** Máximos y mínimos (líneas), y datos reales (puntos), para la Población Femenina de Bélgica año 2005.



**Figura 268:** Máximos y mínimos (líneas), y datos reales (puntos), para la Población Femenina de Bélgica año 2006.

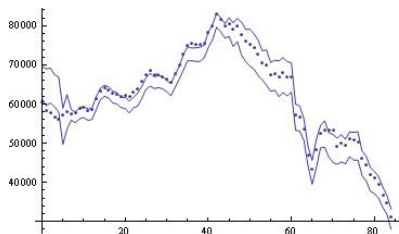


Figura 269: Máximos y mínimos (líneas), y datos reales (puntos), para la Población Femenina de Bélgica año 2007.

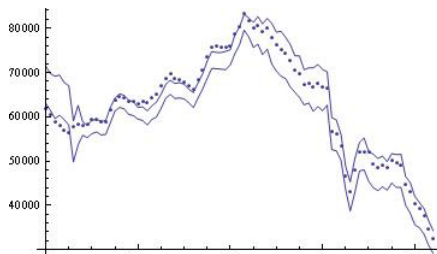


Figura 270: Máximos y mínimos (líneas), y datos reales (puntos), para la Población Femenina de Bélgica año 2008.

• Población Varones

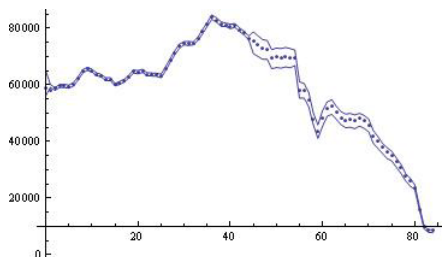


Figura 271: Máximos y mínimos (líneas), y datos reales (puntos), para la Población Masculina de Bélgica año 2001.

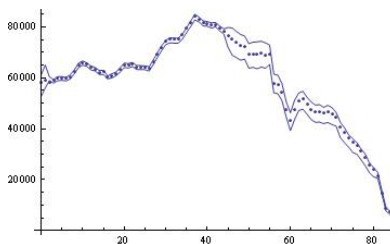


Figura 272: Máximos y mínimos (líneas), y datos reales (puntos), para la Población Masculina de Bélgica año 2002.

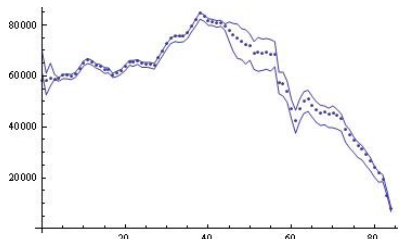


Figura 273: Máximos y mínimos (líneas), y datos reales (puntos), para la Población Masculina de Bélgica año 2003.

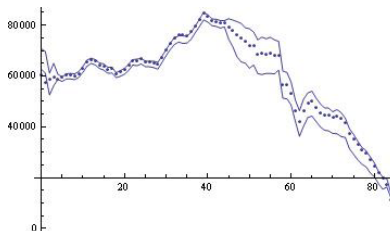
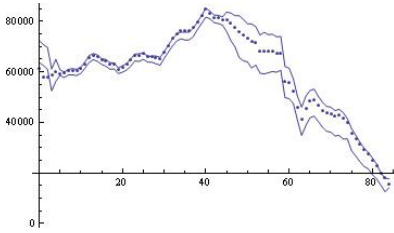
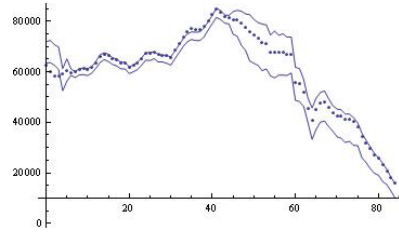


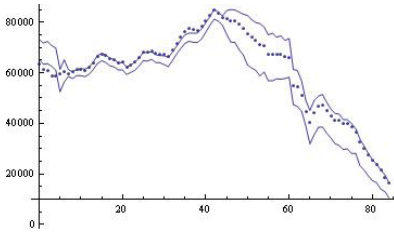
Figura 274: Máximos y mínimos (líneas), y datos reales (puntos), para la Población Masculina de Bélgica año 2004.



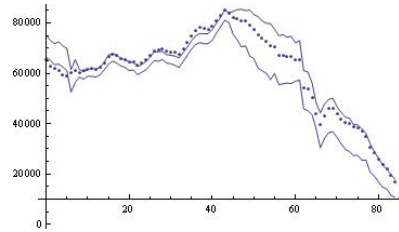
**Figura 275:** Máximos y mínimos (líneas), y datos reales (puntos), para la Población Masculina de Bélgica año 2005.



**Figura 276:** Máximos y mínimos (líneas), y datos reales (puntos), para la Población Femenina de Bélgica año 2006.



**Figura 277:** Máximos y mínimos (líneas), y datos reales (puntos), para la Población Masculina de Bélgica año 2007.



**Figura 278:** Máximos y mínimos (líneas), y datos reales (puntos), para la Población Femenina de Bélgica año 2008.

Para el caso de la validación estocástica, se aprecia que todos los datos históricos están en el interior del intervalo generado por el simulador, a excepción de los 3 últimos años. La causa es la misma que en el caso de la validación determinista: la acumulación de pequeños errores, lo cual hace que este tipo de modelos nos proporcionen una buena previsión solamente hasta el quinto o sexto año.

Además se puede observar que el intervalo posee más amplitud a partir de la cohorte de edad 46. Esto se debe a la estructura que se ha escogido para las tasas demográficas. Se debe recordar que las tasas de defunción han sido calculadas como una función por partes, la primera parte corresponde a las edades comprendidas desde la cohorte 0 hasta la 45 y la segunda parte desde la cohorte 46 hasta la 100. Si se observa en el Apéndice II, en las Tablas 111 y 112 correspondientes a las tasas de defunción, los datos que proporciona el buscador-ajustador *Regint* para escribir las funciones en la formulación estocástica del modelo, se aprecia que la desviación típica ( $s$ ) en la segunda función (la que corresponde a la segunda parte) es más elevada que la de la primera, lo que conlleva una amplitud mayor en el intervalo de las defunciones y por tanto una amplitud mayor en el intervalo de las poblaciones que se muestran en estas gráficas.

## 4.2. Validación del Modelo Estructurado por Edades III.

En esta segunda parte del capítulo se muestra la validación del Modelo Estructurado por Edades III tanto en su formulación determinista como en la estocástica, para España y Bélgica.

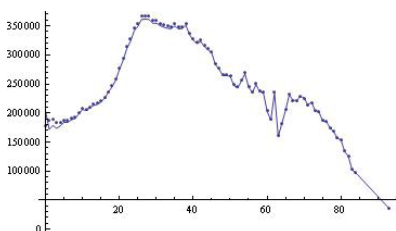
Tal y como se ha comentado anteriormente, en este modelo se ha introducido el Índice de Pobreza Humana. Con ello se consigue, por un lado, una mayor desagregación del mismo, pero por otro se restringe a los países dónde se considera el IPH-2, es decir, los países pertenecientes a la OCDE.

### 4.2.1. Validación de la formulación determinista (España y Bélgica)

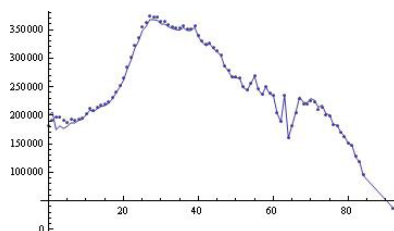
Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Estructurado por Edades III en su formulación determinista, con los índices IDH, IPG, IDG e IPH-2 como variables de calidad de vida, para el caso de España son las siguientes:

#### ESPAÑA

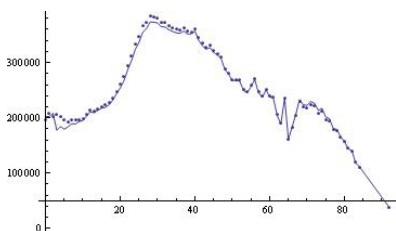
- Población Mujeres



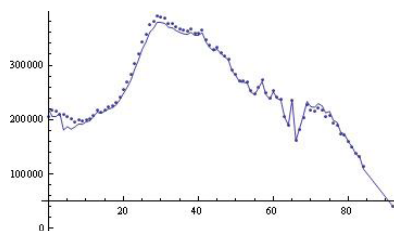
**Figura 279:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2003,  $R^2 = 0.997286$ .



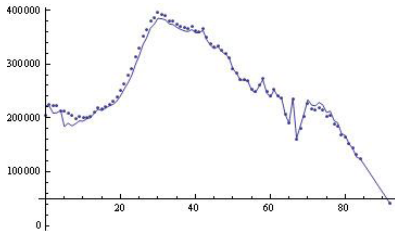
**Figura 280:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2004,  $R^2 = 0.995903$ .



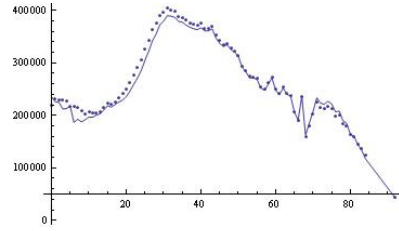
**Figura 281:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2005,  $R^2 = 0.994972$ .



**Figura 282:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2006,  $R^2 = 0.993555$ .

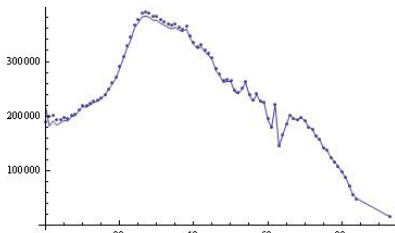


**Figura 283:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2007,  $R^2 = 0.991659$ .

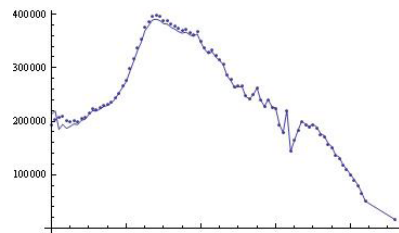


**Figura 284:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2008,  $R^2 = 0.988426$ .

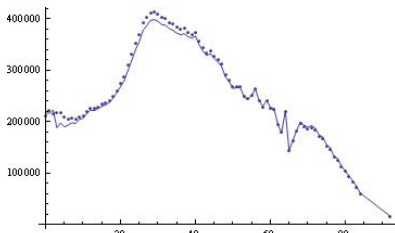
• Población Varones



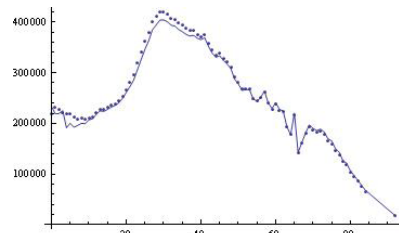
**Figura 285:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2003,  $R^2 = 0.997971$ .



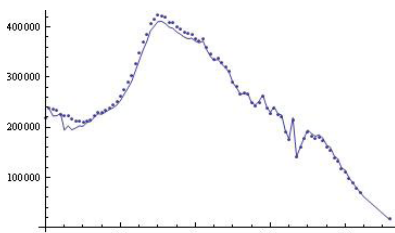
**Figura 286:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2004,  $R^2 = 0.997119$ .



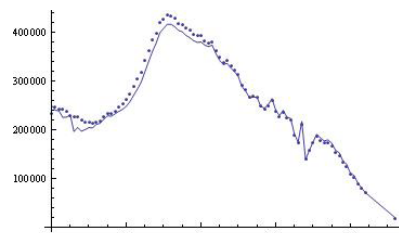
**Figura 287:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2005,  $R^2 = 0.99668$ .



**Figura 288:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2006,  $R^2 = 0.995912$ .



**Figura 289:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2007,  $R^2 = 0.997978$ .



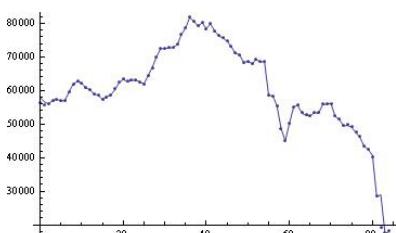
**Figura 290:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2008,  $R^2 = 0.99331$ .

Las conclusiones son análogas a las obtenidas en el Modelo Estructurado por Edades II, para el caso de España, sólo remarcar que los coeficientes de determinación en este caso son más elevados.

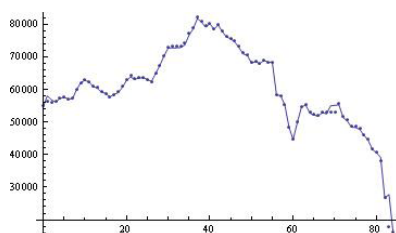
Las gráficas obtenidas de los datos históricos, junto a los calculados por el Modelo Estructurado por Edades III en su formulación determinista, con los índices IDH, IPG, IDG e IPH-2 como variables de calidad de vida, para el caso de Bélgica son las siguientes:

## BÉLGICA

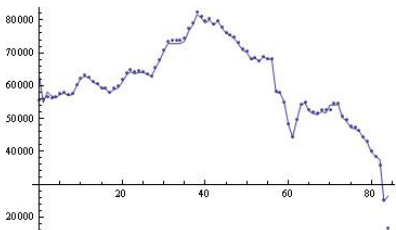
### • Población Mujeres



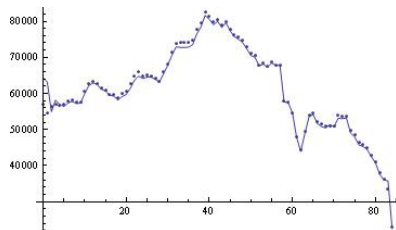
**Figura 291:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Bélgica año 2001,  $R^2 = 0.993591$ .



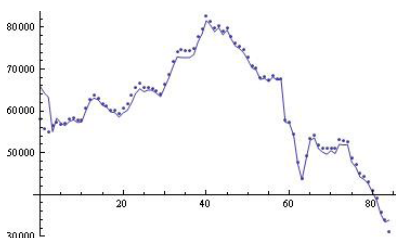
**Figura 292:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Bélgica año 2002,  $R^2 = 0.992746$ .



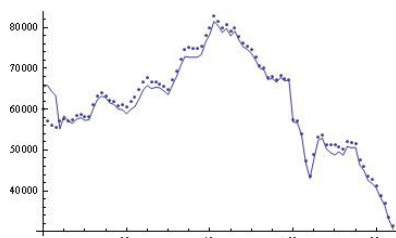
**Figura 293:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Bélgica año 2003,  $R^2 = 0.987721$ .



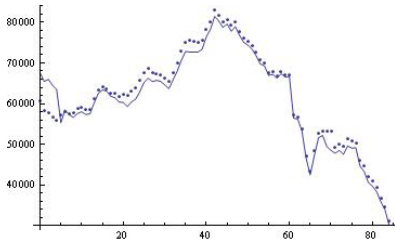
**Figura 294:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Bélgica año 2004,  $R^2 = 0.987086$ .



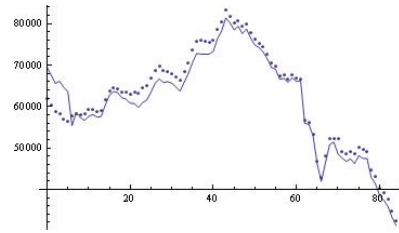
**Figura 295:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Bélgica año 2005,  $R^2 = 0.977825$ .



**Figura 296:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Bélgica año 2006,  $R^2 = 0.972771$ .

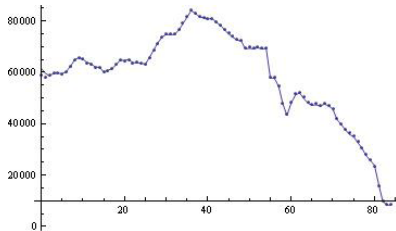


**Figura 297:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Bélgica año 2007,  $R^2 = 0.963161$ .

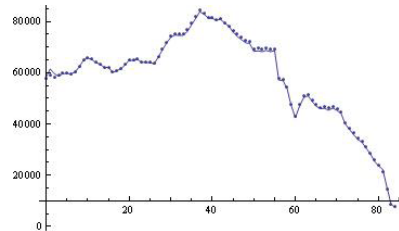


**Figura 298:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Bélgica año 2008,  $R^2 = 0.955812$ .

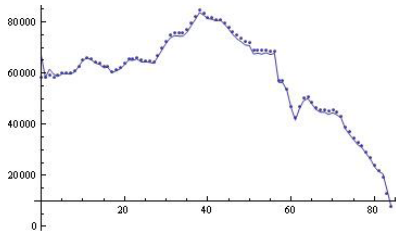
• Población Varones



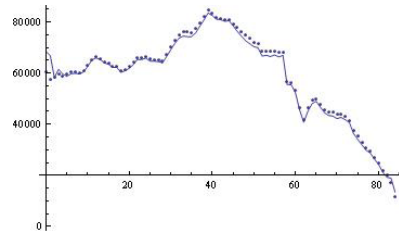
**Figura 299:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de Bélgica año 2001,  $R^2 = 0.999466$ .



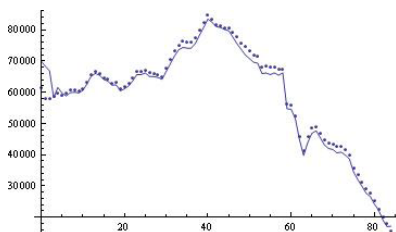
**Figura 300:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de Bélgica año 2002,  $R^2 = 0.999177$ .



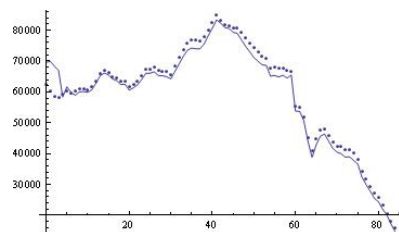
**Figura 301:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de Bélgica año 2003,  $R^2 = 0.995375$ .



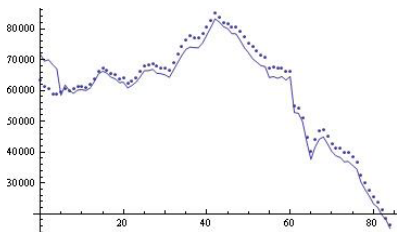
**Figura 302:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de Bélgica año 2004,  $R^2 = 0.990553$ .



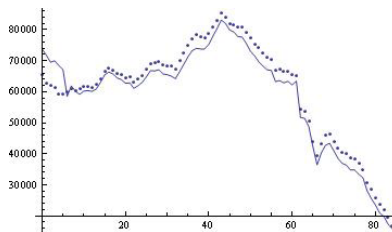
**Figura 303:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de Bélgica año 2005,  $R^2 = 0.984069$ .



**Figura 304:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de Bélgica año 2006,  $R^2 = 0.97989$ .



**Figura 305:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de Bélgica año 2007,  $R^2 = 0.973846$ .



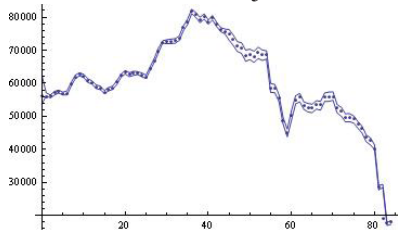
**Figura 306:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de Bélgica año 2008,  $R^2 = 0.967175$ .

Nuevamente conclusiones análogas a las obtenidas con el Modelos Estructurado por Edades II para el caso de Bélgica.

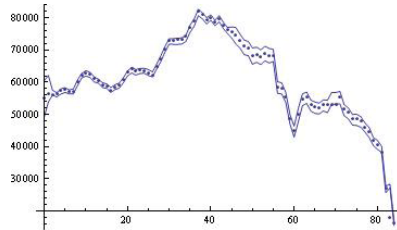
#### 4.2.2. Validación de la formulación estocástica (Bélgica)

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Estructurado por Edades III en su formulación estocástica (para los valores máximos y mínimos de un intervalo de confianza del 99%), con los índices IDH, IDG, IPG e IPH-2 como variables de calidad de vida, para el caso de Bélgica son las siguientes:

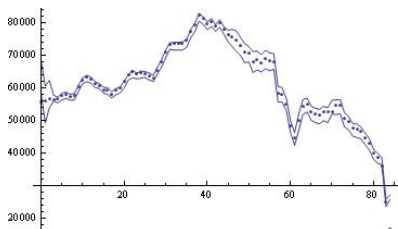
- Población Mujeres



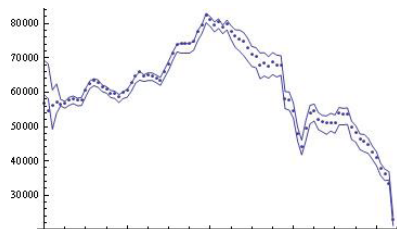
**Figura 307:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Femenina de Bélgica año 2001.



**Figura 308:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Femenina de Bélgica año 2002.

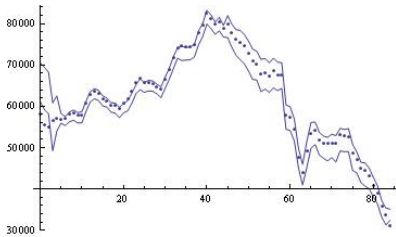


**Figura 309:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Femenina de Bélgica año 2003.

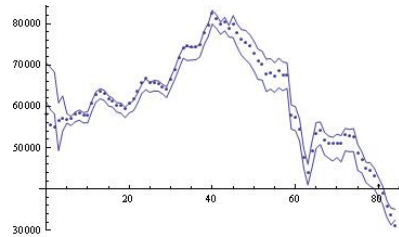


**Figura 310:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Femenina de Bélgica año 2004.

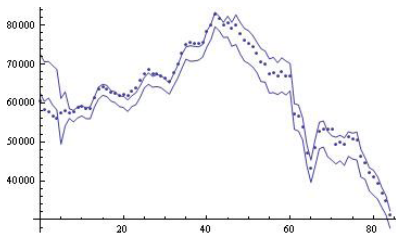




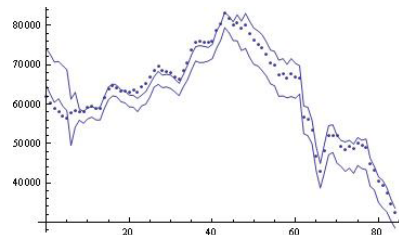
**Figura 311:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Femenina de Bélgica año 2005.



**Figura 312:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Femenina de Bélgica año 2006.

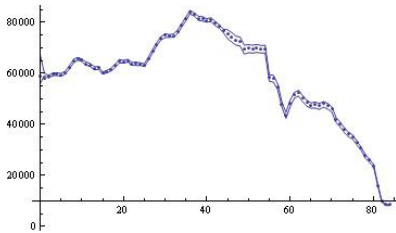


**Figura 313:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Femenina de Bélgica año 2007.

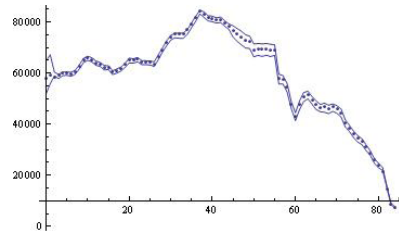


**Figura 314:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Femenina de Bélgica año 2008.

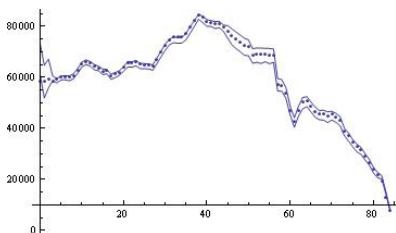
• Población Varones



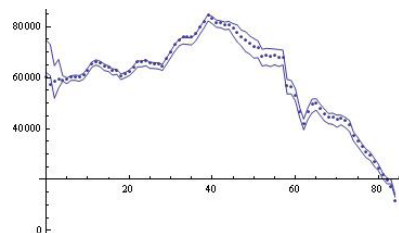
**Figura 315:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Masculina de Bélgica año 2001.



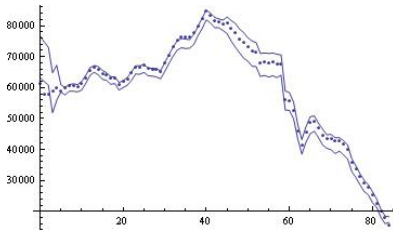
**Figura 316:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Masculina de Bélgica año 2002.



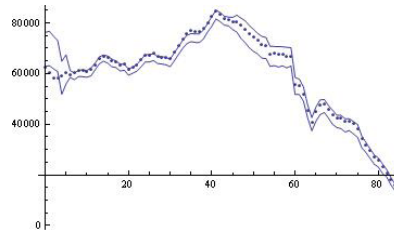
**Figura 317:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Masculina de Bélgica año 2003.



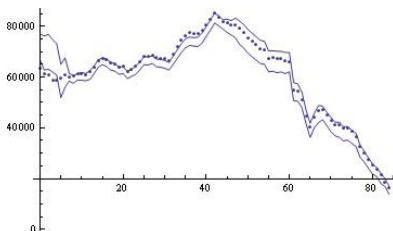
**Figura 318:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Masculina de Bélgica año 2004.



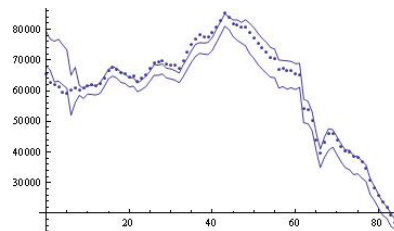
**Figura 319:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Masculina de Bélgica año 2005.



**Figura 320:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Masculina de Bélgica año 2006.



**Figura 321:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Masculina de Bélgica año 2007.



**Figura 322:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Masculina de Bélgica año 2008.

Aquí cabe destacar que la amplitud del intervalo es menor que lo apreciado en las gráficas de validación del Modelo Estructurado por Edades II para el caso de la cohortes entre 46 y 100. Esto se debe a que la desviación típica obtenida en las tasas de defunción es del mismo orden en las dos funciones que se ajustan en la función definida por partes. Los datos numéricos correspondientes se pueden observar en el Apéndice II, Tablas 115 y 116.

Así, se puede concluir que en ambos países se observa lo siguiente:

- La validación de la formulación determinista de ambos modelos estructurados por edades es correcta, a excepción de unas cohortes determinadas. Se ha expuesto, que esto se debe a la problemática en la imprecisión de los datos que se encuentran en los Institutos de Estadística, de los correspondientes países. Se detalla esta explicación y se muestra cómo corregir este tipo de errores en el siguiente Capítulo. Recuerdese lo que aducen los Institutos de Estadística y que se escribió al principio de este Capítulo:

1. Los ayuntamientos no siempre repercuten a tiempo los nacimientos en sus padrones.

2. Los padres no siempre empadronan a sus hijos en el mismo año en el que estos nacen.
3. El doble empadronamiento.
4. Los inmigrantes registrados como tales son aquellos que lo son de forma legal.
  - Para los últimos años, en la validación de la formulación estocástica, se observa que desde la cohorte 0 a la 45 los datos reales no están dentro del intervalo, esto es debido a lo mencionado en el punto anterior, errores en la información real obtenida.
  - La amplitud del intervalo varía entre los grupos de edad de 0 a 45 y de 45 en adelante. Esto se debe a las tasas de defunción. Se ha comentado al tratar de la construcción de las tasas demográficas (Capítulo 3) que, por la forma de los datos históricos, una función definida por partes es la mejor opción posible para el caso de las tasas de defunción. Esto lleva a que la dispersión de los datos pueda ser distinta en cada parte y, por tanto, cada tramo tenga una amplitud de intervalo diferente.

Con todo lo expuesto hasta aquí, se dan como validados los Modelos Estructurados por Edades II y III construidos en el Capítulo 3.

En el siguiente capítulo se corrigen los errores de incoherencia que se han observado en los datos históricos extraídos de los Institutos Estadísticos. Se construye una población «real» para el caso de España (a modo de ejemplo). Se utiliza esta población para el caso de este país. Además, España es el país que más nos interesa para realizar simulaciones (Capítulo 6) de posibles situaciones futuras. Si partimos de unos datos iniciales erróneos, las simulaciones del futuro no tendrán fiabilidad alguna. En el Capítulo 5 se realiza la validación de la formulación determinista y estocástica de los Modelos Estructurados por Edades II y III usando esta población «real» y se observa una mejora notable respecto a las validaciones presentadas en este Capítulo 4.



## **Capítulo 5**

---

Validación de los Modelos Estructurados por Edades II y III. Parte II.



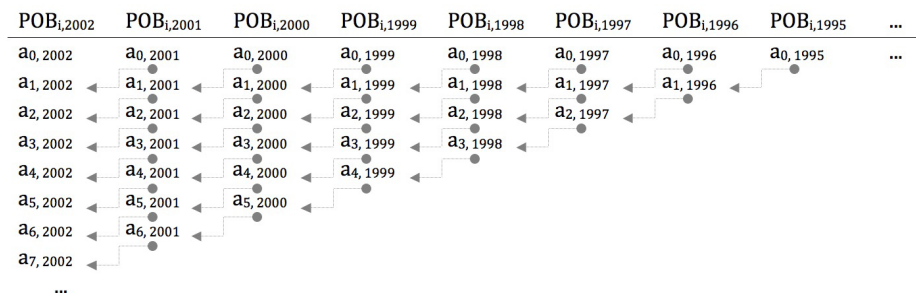
En el capítulo anterior, tras la validación de la formulación determinista y estocástica de los Modelos Estructurados por Edades II y III, se observa que los errores que se producen pueden ser subsanados adecuadamente si se eliminan las incoherencias que se detectan en los datos históricos proporcionados por los Institutos Estadísticos de cada país. La población estructurada por edades que tales Institutos proporcionan no suele coincidir con la que se calcula a partir de sus propios datos correspondientes a nacimientos, defunciones y migraciones. La población histórica por edades obtenida mediante dicho cálculo es la que hemos llamado población “real” en el capítulo anterior porque puede estar más ajustada a la realidad dado que es coherente con los otros datos que intervienen en el modelo.

Así pues, intentando obtener una validación completa del modelo, se ha construido una población estructurada por edades, para el caso de España, a modo de ejemplo, con unas hipótesis determinadas. Se elige España porque es la que más errores de validación ha producido en nuestro estudio. Pero, esto mismo, se puede realizar para cualquier país. Tras observar los errores es conveniente ponerse en contacto con el organismo que proporciona los datos históricos para que coteje la información, y nos pueda informar con más detalle de los motivos de dichos errores, tal y como se comentó para el caso de España en el Capítulo 4.

Para la construcción de la población “real” estructurada por edades aludida se contemplan dos opciones:

1. Construir una población inicial (en nuestro caso la población inicial para España en el año 2002 estructurada por edades y definida por sexos) a partir de nacimientos, defunciones y movimientos migratorios históricos de años anteriores.
2. Considerar la población estructurada por edades inicial (2001), recogida por el INE, como cierta, a excepción de la primera cohorte (en la primera cohorte se considerarían: los nacimientos del año anterior, menos las defunciones en la primera cohorte más las emigraciones en esa misma cohorte, ver ecuación (80) y calcular así la población para los años posteriores.

Para el primer caso el esquema de envejecimiento sería el siguiente:



Dónde  $POB_{i,j}$  es la población, siendo  $i=1$  hombres,  $i=2$  mujeres, y  $j$  el año. Y dónde

$a_{p,j}$  es la población de cada cohorte, siendo  $p$  el número de dicha cohorte (la edad de sus miembros).

Con ello, el cálculo a efectuar quedaría como sigue:

$$a_{0,j} = \text{nacimientos}_{0,j} - \text{defunciones}_{0,j} + \text{inmigraciones}_{0,j} - \text{emigraciones}_{0,j}, \quad (77)$$

$$a_{1,j} = a_{0,j-1} - \text{defunciones}_{1,j} + \text{inmigraciones}_{1,j} - \text{emigraciones}_{1,j}, \quad (78)$$

En general obtenemos:

$$a_{p,j} = a_{p-1,j-1} - \text{defunciones}_{p,j} + \text{inmigraciones}_{p,j} - \text{emigraciones}_{p,j}. \quad (79)$$

Así, para construir las 100 cohortes de edad de esa población inicial se consideran válidos los datos que proporciona el INE sobre nacimientos, defunciones y movimientos migratorios y se deben conseguir a partir del año 1902. Pero, desde el Instituto de Estadística español tan sólo se puede obtener información desde 1975 para el caso de nacimientos y defunciones, y desde 1998 y 2002, para el caso de inmigraciones y emigraciones, respectivamente. Con ello, de nuevo resulta necesario plantear hipótesis para la construcción del resto de cohortes, y la forma mejor valorada es la extrapolación de la tendencia de estos movimientos. Para ello, el primer paso es contemplar la realidad histórica y obtener información de la misma sobre los movimientos naturales y migratorios de la población.

Respecto a los movimientos migratorios se sabe que la emigración se redujo cuando estalló la primera guerra mundial en 1914. Desde finales de los años 50 y con la aprobación del Plan de Estabilización Monetaria en 1959, los flujos se reactivaron, de 1959 a 1973 se sabe que emigraron hacia Europa Occidental dos



millones de personas. Por otro lado, la crisis económica de 1973 hizo que muchos de estos emigrantes volvieran a España, y la tendencia actual es la que se observa desde mitad de la década de los años 90, momento en que nuestro país se convierte en receptor, de forma elevada, de inmigrantes.

En cuanto a los nacimientos y defunciones, se sabe que en la primera mitad del siglo XX la mortalidad se ha ido reduciendo de quinquenio en quinquenio, especialmente la mortalidad infantil, aunque en este periodo dos sucesos frenaron dicha disminución, la gripe española de 1918-1920 y la Guerra Civil 1936-1939. La natalidad en este periodo disminuyó a partir de 1914, siendo esta disminución especialmente brusca entre 1928 y 1935. De 1950 a 1980 la mortalidad siguió reduciéndose, sin embargo la natalidad dejó de disminuir, incluso aumentó a partir de 1954 (*BabyBoom*). Y desde 1976 se experimenta un hundimiento de ambos movimientos naturales.

Así, considerando toda esta información se hace imposible la realización de una extrapolación de la tendencia actual.

Para **el segundo caso**, se admite como válida la población a 31 de diciembre del 2001, es decir, la población inicial para el año 2002, a excepción de la cohorte de edad 0.

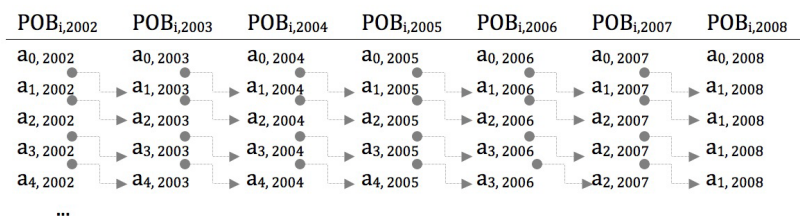
En la cohorte de edad 0 se contempla la diferencia de los nacimientos totales y las inmigraciones, para esa cohorte de edad, menos las defunciones y las emigraciones (también para esa misma cohorte de edad). Así, si observamos el dato que nos proporcionan de la población inicial para el año 2002 para esa cohorte de edad y lo calculado con los datos que tenemos, observamos un desfase de 30009 y 28805 personas en hombres y mujeres respectivamente.

Así pues, la cohorte de edad inicial para ese año inicial se elimina y se calcula como:

$$a_{0,2001} = \text{nacimientos}_{2001} - \text{defunciones}_{0,2001} + \text{inmigraciones}_{0,2001} - \text{emigraciones}_{0,2001} \quad (80)$$

El resto de cohortes de edad se mantienen y se considera como válida la información proporcionada por el INE.

El esquema de envejecimiento para el resto de años sería el siguiente:



Las ecuaciones generales seguidas para el cálculo son las siguientes:

$$a_{0,j} = \text{nacimientos}_{0,j} + \text{inmigraciones}_{0,j} - \text{emigraciones}_{0,j} - \text{defunciones}_{0,j} \quad (81)$$

$$a_{p,j} = a_{p-1,j-1} - \text{defunciones}_{p,j} + \text{inmigraciones}_{p,j} - \text{emigraciones}_{p,j} \quad (82)$$

Y es con estas poblaciones con las que vamos a trabajar a partir de aquí. Así, con ellas realizamos la validación determinista, la estocástica y la simulación de las posibles estrategias y escenarios para la obtención de una población sostenible con elevada calidad de vida en un futuro, simulación que presentamos en el Capítulo 6.

## 5.1. Validación del Modelo Estructurado por Edades II

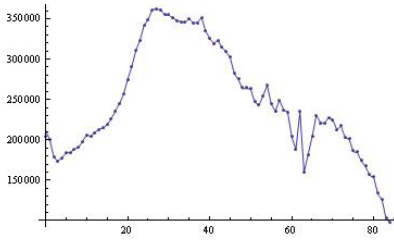
En esta primera parte, al igual que en el Capítulo 4, se muestran las validaciones de las formulaciones determinista y estocástica del Modelo Estructurado por Edades II para el caso de España. Nuevamente, en este primer modelo, sólo se consideran tres de los cinco índices calidad de vida considerados por la ONU: el Índice de Desarrollo Humano (IDH), el Índice de Diferenciación de Género (IDG), y el Índice de Potenciación de Género (IPG). No se introduce el índice de pobreza, es en el Apartado 4.2 dónde se analiza el modelo con la incorporación del IPH-2: el Modelo Estructurado por Edades III.

Aquí se muestra la validación gráfica. En el Apéndice II.4.1, en las Tablas 139-142 se muestran los errores relativos, que no exceden en ningún caso del 5% y, en el Apéndice II.4.2, en las Tablas 147-150, se muestran los valores chi-cuadrado que confirman la normalidad de los resultados y así refuerzan la validación de la formulación estocástica del modelo.

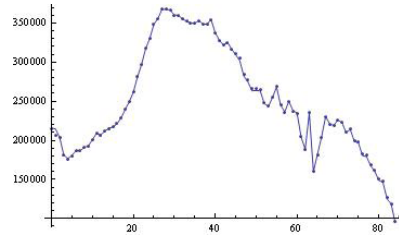
### 5.1.1. Validación de la formulación determinista (España)

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Estructurado por Edades II en su formulación determinista, con los índices IDH, IPG e IDG como variables de calidad de vida, para el caso de España son las siguientes:

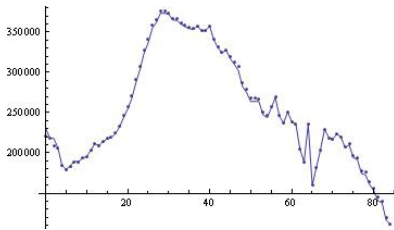
- Población Mujeres



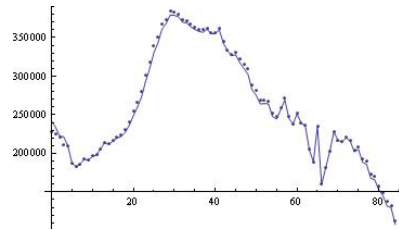
**Figura 323:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2003,  $R^2 = 0.99994$ , con 3.98192065% máximo error relativo, Tabla (139).



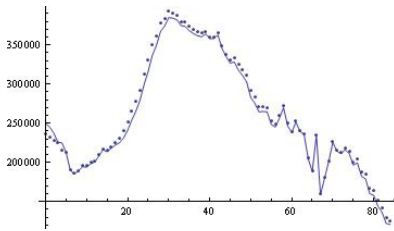
**Figura 324:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2004,  $R^2 = 0.999912$ , con 4.07666062% máximo error relativo, Tabla (139).



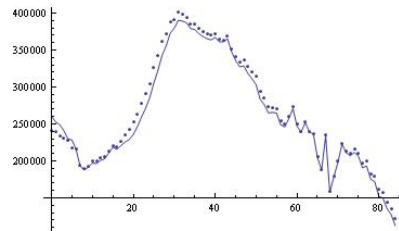
**Figura 325:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2005,  $R^2 = 0.999541$ , con 4.35905199 % máximo error relativo, Tabla (139).



**Figura 326:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2006,  $R^2 = 0.99893$ , con 6.09770316 % máximo error relativo, Tabla (139).

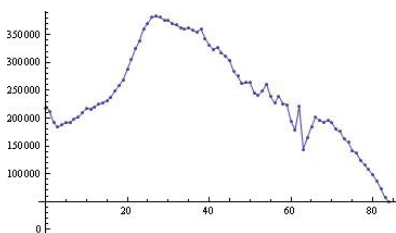


**Figura 327:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2007,  $R^2 = 0.997314$ , con 5.77433525 % máximo error relativo, Tabla (139).

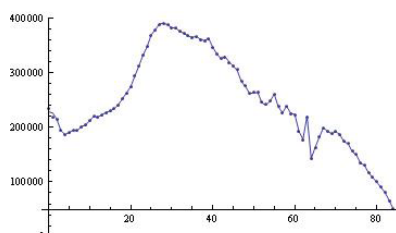


**Figura 328:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2008,  $R^2 = 0.994014$ , 8.0425486 % máximo error relativo, Tabla (139).

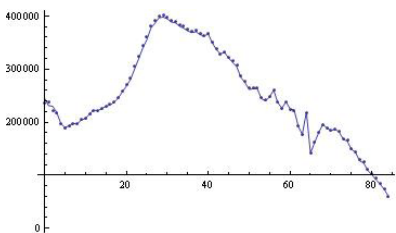
- Población Varones



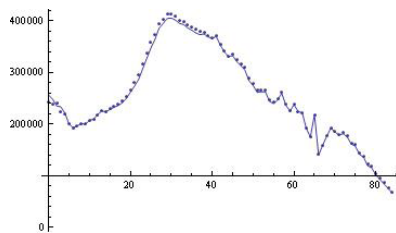
**Figura 329:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2003,  $R^2 = 0.99999$ , con 3.18683498 % máximo error relativo, Tabla (140).



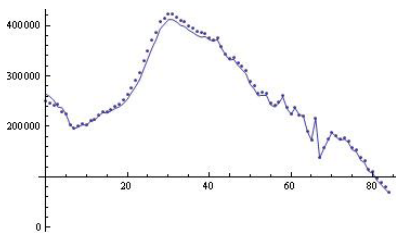
**Figura 330:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2004,  $R^2 = 0.999782$ , con 3.4388595 % máximo error relativo, Tabla (140).



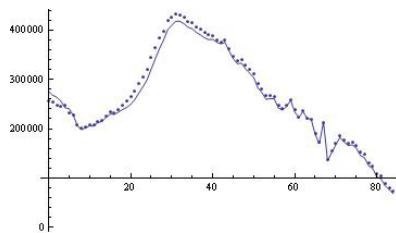
**Figura 331:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2005,  $R^2 = 0.997817$ , con 3.71153553 % máximo error relativo, Tabla (140).



**Figura 332:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2006,  $R^2 = 0.998878$ , con 6.06286125 % máximo error relativo, Tabla (140).



**Figura 333:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2007,  $R^2 = 0.997808$ , con 5.97494791 % máximo error relativo, Tabla (140).



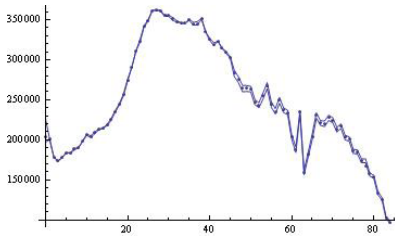
**Figura 334:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2008,  $R^2 = 0.995407$ , con 7.82824203 % máximo error relativo, Tabla (140).

Tanto en la población de mujeres como en la de hombres, se puede observar una validación gráfica que roza la perfección, lo cual corrobora la hipótesis asumida de que los datos de población por edades originales del INE son erróneos siendo más fiables los de nacimientos, defunciones y migraciones (los realmente utilizados en este caso). Se observa como el error relativo ya no supera el 9% en ninguno de los casos.

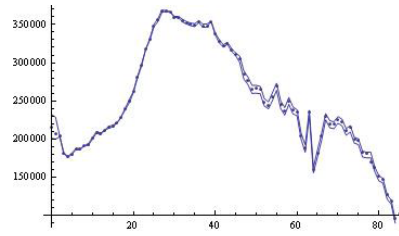
### 5.1.2. Validación de la formulación estocástica (España)

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Estructurado por Edades II en su formulación estocástica (para los valores máximos y mínimos de un intervalo de confianza del 99%), con los índices IDH, IDG e IPG como variables de calidad de vida, para el caso de España son las siguientes:

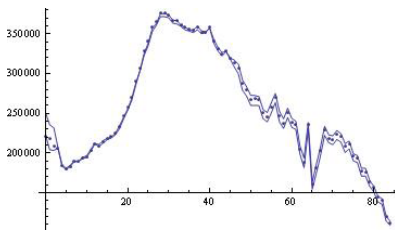
- Población Mujeres



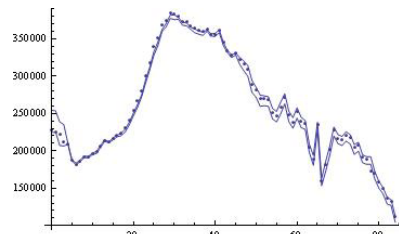
**Figura 335:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Femenina de España año 2003.



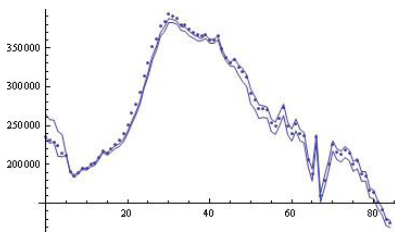
**Figura 336:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Femenina de España año 2004.



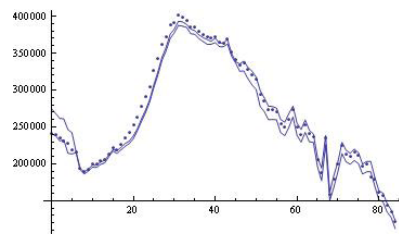
**Figura 337:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Femenina de España año 2005.



**Figura 338:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Femenina de España año 2006.

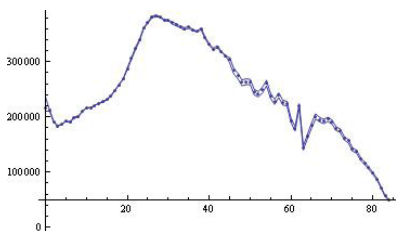


**Figura 339:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Femenina de España año 2007.

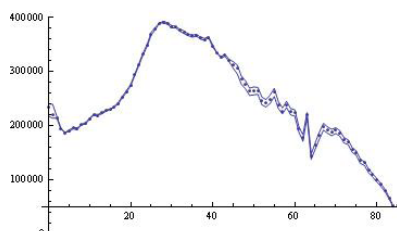


**Figura 340:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Femenina de España año 2008.

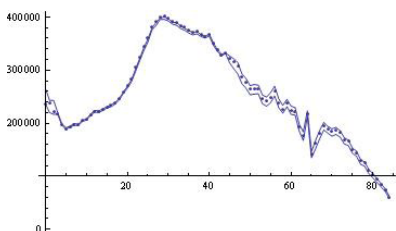
• Población Varones



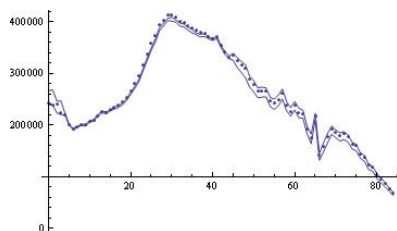
**Figura 341:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Masculina de España año 2003.



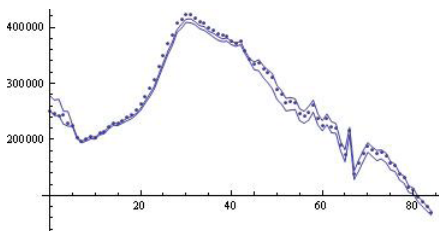
**Figura 342:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Masculina de España año 2004.



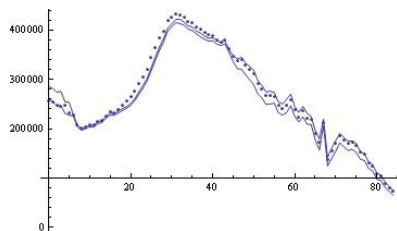
**Figura 343:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Masculina de España año 2005.



**Figura 344:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Masculina de España año 2006.



**Figura 345:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Masculina de España año 2007.



**Figura 346:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Masculina de España año 2008.

Al igual que en la validación de la formulación determinista del modelo, se observa en la formulación estocástica una validación gráfica que roza la perfección, a excepción de los tres últimos años. Esto se debe, como ya ha sido comentado en el Capítulo 3, a que estos modelos solamente reproducen los datos históricos con un muy pequeño error hasta el quinto o sexto año. Téngase en cuenta que las tasas de fertilidad y mortalidad para cada cohorte de edad en función de la calidad de vida se obtienen por ajuste a partir de datos del año inicial y parece lógico que

tengan que cambiar también con el tiempo. Así, para alargar el intervalo de predicción fiable se necesitarían series temporales de datos suficientemente largas, series que en este momento no existen.

También podemos observar que la amplitud del intervalo comprendido entre las cohortes de edad 46 y 100 se ha reducido. En las Tablas 125, 126, 127, 128, se observa que los valores de la desviación típica que nos proporciona el *Regint*, para la formulación estocástica, son menores que en el caso expuesto en el Capítulo 4, lo que provoca una reducción de la amplitud del intervalo, que es calculado por el simulador.

Así se puede afirmar que el Modelo Estructurado por Edades II queda validado observándose una mejora sustancial con el cálculo de una población “real” que elimine las incoherencias entre los datos proporcionados por los Institutos de Estadística.

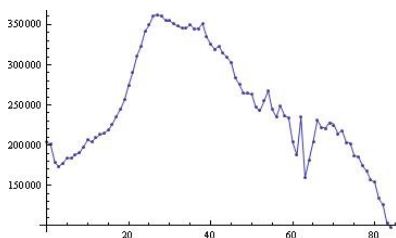
## 5.2. Validación del Modelo Estructurado por Edades III.

En esta segunda parte del capítulo se muestra la validación de las formulaciones determinista y estocástica del Modelo Estructurado por Edades III para España.

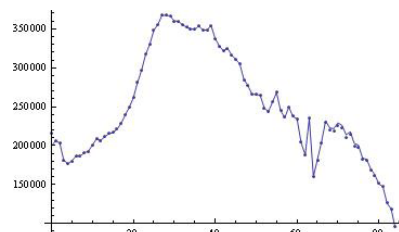
### 5.2.1. Validación de la formulación determinista (España)

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Estructurado por Edades III en su formulación determinista, con los índices IDH, IPG, IDG e IPH-2 como variables de calidad de vida, para el caso de España son las siguientes:

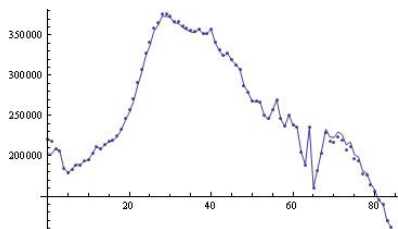
- Población Mujeres



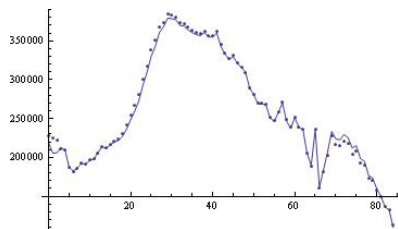
**Figura 347:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2003,  $R^2 = 0.99996$ , con 2.1021292 % máximo error relativo, Tabla (141).



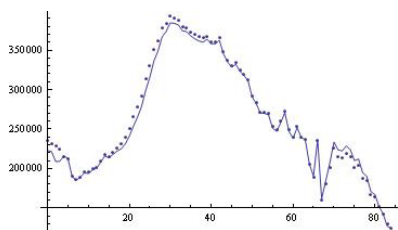
**Figura 348:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2004,  $R^2 = 0.99913$ , con 3.89246004 % máximo error relativo, Tabla (141).



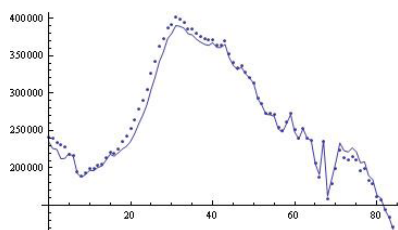
**Figura 349:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2005,  $R^2 = 0.997596$ , con 3.91927779 % máximo error relativo, Tabla (141).



**Figura 350:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2006,  $R^2 = 0.99627$ , con 4.36661915 % máximo error relativo, Tabla (141).

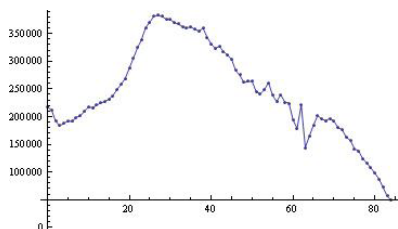


**Figura 351:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2007,  $R^2 = 0.993921$ , con 4.4958955 % máximo error relativo, Tabla (141).

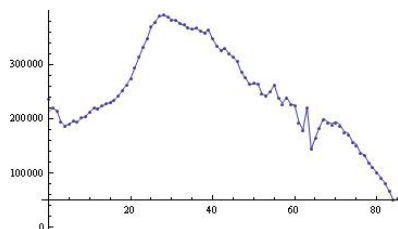


**Figura 352:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España año 2008,  $R^2 = 0.990552$ , con 9.90340594 % máximo error relativo, Tabla (141).

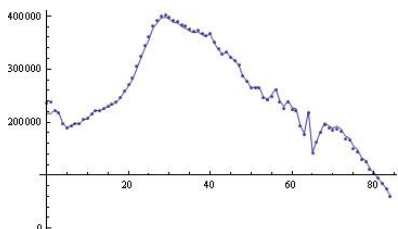
• Población Varones



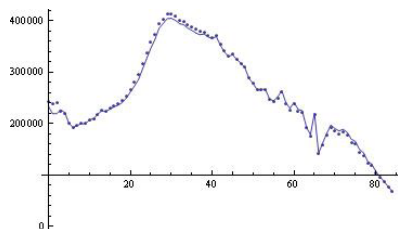
**Figura 353:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2003,  $R^2 = 0.999983$ , con 1.81046689 % máximo error relativo, Tabla (142).



**Figura 354:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2004,  $R^2 = 0.999116$ , con 4.72364791 % máximo error relativo, Tabla (142).

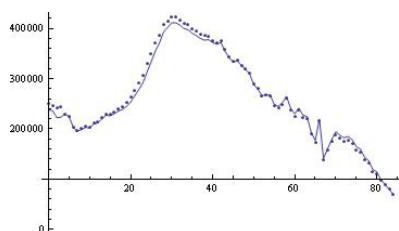


**Figura 355:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2005,  $R^2 = 0.998175$ , con 3.42601288 % máximo error relativo, Tabla (142).

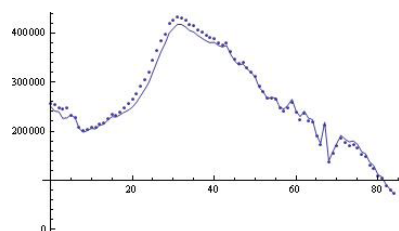


**Figura 356:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2006,  $R^2 = 0.997512$ , con 4.76739001 % máximo error relativo, Tabla (142).





**Figura 357:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2007,  $R^2 = 0.996323$ , con 4.1284001 % máximo error relativo, Tabla (142).



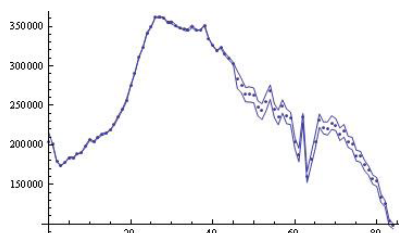
**Figura 358:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España año 2008,  $R^2 = 0.99421$ , con 9.68888262 % máximo error relativo, Tabla (142).

Se observan resultados similares a los obtenidos con el Modelo Estructurado por Edades II. Y nuevamente observamos errores relativos inferiores a los obtenidos en el Capítulo 4, para el mismo modelo, que no superan el 5%, a excepción del último año simulado.

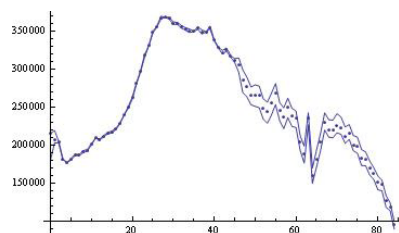
### 5.2.2. Validación de la formulación estocástica (España)

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Estructurado por Edades III en su formulación estocástica (para los valores máximos y mínimos de un intervalo de confianza del 99%), con los índices IDH, IDG, IPG e IPH-2 como variables de calidad de vida, para el caso de España son las siguientes:

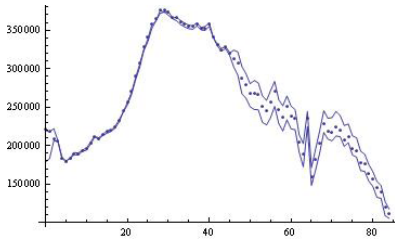
- Población Mujeres



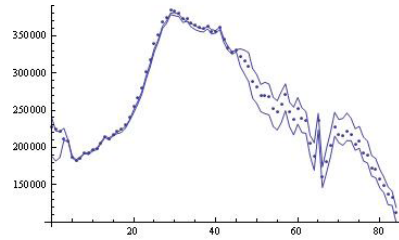
**Figura 359:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Femenina de España año 2003.



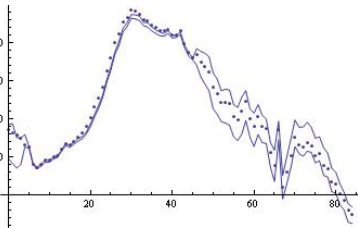
**Figura 360:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Femenina de España año 2004.



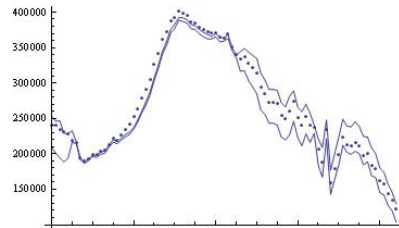
**Figura 361:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Femenina de España año 2005.



**Figura 362:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Femenina de España año 2006.

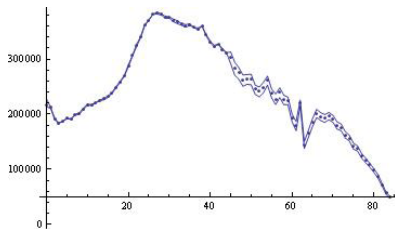


**Figura 363:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Femenina de España año 2007.

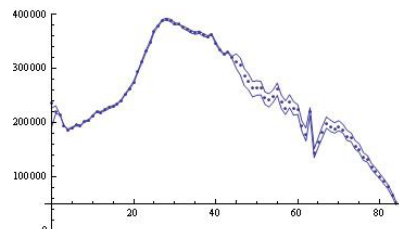


**Figura 364:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Femenina de España año 2008.

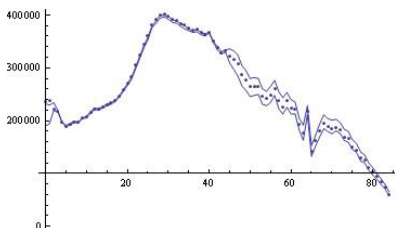
• Población Varones



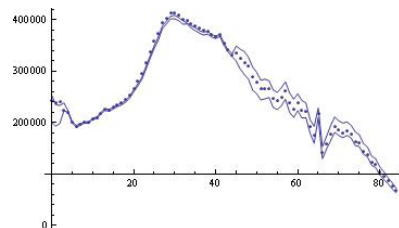
**Figura 365:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Masculina de España año 2003.



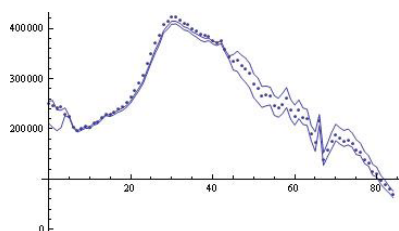
**Figura 366:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Masculina de España año 2004.



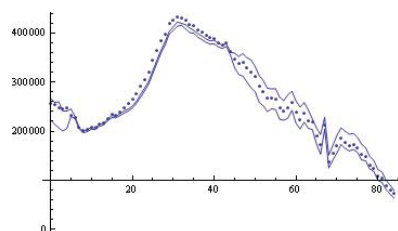
**Figura 367:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Masculina de España año 2005.



**Figura 368:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Masculina de España año 2006.



**Figura 369:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Masculina de España año 2007.



**Figura 370:** Máximos y mínimos (líneas), datos reales (puntos), para la Población Masculina de España año 2008.

Nuevamente se observan resultados similares a los del modelo presentado en el primer apartado de este capítulo.

Se puede resumir de la siguiente manera la información obtenida en este capítulo:

- Tras observar que la población por edades proporcionada desde el Instituto Nacional de Estadística de España tenía errores, se ha conseguido, en este capítulo, construir una población histórica más ajustada a la realidad, que hemos llamado población “real”, a partir de la información sobre nacimientos, defunciones y migraciones, también proporcionada por el mismo instituto.
- Con esta población histórica, más ajustada a la realidad, se han vuelto a validar los Modelos Estructurados por Edades II y III, y se ha conseguido una mejora sustancial, entre los resultados presentados en el Capítulo 4 y los que se pueden observar en éste: coeficientes de determinación más elevados, reducción de los errores relativos, y para el caso de la validación de la formulación estocástica, intervalos con amplitud menor y con los valores reales de la población más en el interior del mismo.

Así pues, pasamos a la última parte de nuestra investigación, la aplicación de nuestro modelo para la resolución de un problema presente en nuestra sociedad: la búsqueda de estrategias para la obtención de una sociedad sostenible demográficamente y para conseguir una elevada calidad de vida.



## **Capítulo 6**

---

Simulaciones. Estrategias y escenarios para el caso de España



## 6.1. Planteamiento de los Objetivos

El principal objetivo de este capítulo es conseguir realizar predicciones a partir del Modelo Estructurado por Edades II, obtenido y validado en capítulos anteriores. Para ello, en primer lugar se deben extrapolar todas las variables de entrada, para definir, a continuación, las estrategias y escenarios pertinentes, tomando como base estas tendencias extrapoladas.

Para realizar esta extrapolación, primeramente las series de valores de las variables de entrada se ajustan con respecto al tiempo (regresión no lineal) a los valores históricos (con el buscador y ajustador *Regint*). Las funciones obtenidas resultan ser todas ellas logísticas o sumas de logísticas. A continuación estas funciones se extrapolan con intervalos de confianza mediante el programa *Extrapol* (disponible en <http://www.uv.es/caselles>). El programa *Extrapol* calcula los valores medios (valores de tendencia) y los límites de un intervalo de confianza, del 95% por ejemplo, para cada año extrapolado.

Se puede observar la evolución de todas las variables de entrada con sus valores extrapolados para el periodo 2009-2030 en las Figuras 371-380 del Apéndice III.1.

Una vez las variables de entrada se han proyectado en el tiempo, siguiendo el método descrito, procede clasificarlas en variables de acción, de control o de estrategia (aquellas cuyos valores futuros pueden ser dirigidos por los gobernantes) y en variables exógenas o de escenario (las no controlables o que se decide no controlar). Con el modelo se pueden simular las consecuencias futuras de distintas estrategias de intervención en distintos escenarios de aquello que no se controla con relación a uno o más objetivos (para más detalle véase Caselles, 2008). Como horizonte temporal se fija el año 2030 a pesar de que, según se ha visto en capítulos anteriores, las predicciones del modelo solo son fiables los cinco o seis primeros años. La razón de esto es la pura curiosidad. No obstante, solo se tendrán en cuenta los seis primeros años de predicción, es decir, el periodo 2009-2014.

En este trabajo nos marcamos dos objetivos.

**Objetivo 1:** se pretende conseguir una sociedad sostenible, es decir, una sociedad estable demográficamente. Es por ello que el objetivo marcado para poder evaluar con él las distintas estrategias es que la diferencia entre nacimientos y

defunciones sea mínima.

A la variable correspondiente a este objetivo la llamamos  $SOS1_{ij}$ . Esta variable representa la diferencia entre nacimientos y defunciones, en cada año del periodo simulado. El índice  $i$  describe las posibles estrategias propuestas para lograrlo, y el índice  $j$  describe los escenarios estimados para las variables no controladas.

Debemos incluir en el modelo la variable  $zopt1_i$  (véase la Ecuación 83), que sirve para evaluar cada estrategia independientemente del escenario en que se aplique. El índice  $i$  identifica la estrategia considerada, el índice  $j$  indica el escenario considerado y  $p_j$  son las probabilidades que los expertos en la materia deben asignar a cada uno de los 11 escenarios (elegidos a modo de ejemplo) posibles. El valor máximo de esta variable nos indica qué estrategia es la que más conviene seguir.

$$zopt1_i = \sum_j SOS1_{ij} \cdot p_j \quad (83)$$

**Objetivo 2:** se pretende mejorar el nivel de calidad de vida del país. Es por ello que el objetivo marcado para poder evaluar con él las distintas estrategias es la maximización del Índice de Desarrollo Humano (que, en síntesis, recoge el nivel educativo, el nivel de salud y el nivel de ingresos de un país), para el año 2014.

A la variable correspondiente a este objetivo la llamamos  $SOS2_{ij}$ , y coincide, en este caso, con el Índice de Desarrollo Humano, para cada año del periodo simulado. Al igual que con  $SOS1_{ij}$  el índice  $i$  describe las posibles estrategias, y el índice  $j$  describe los escenarios posibles considerados.

Debemos incluir en el modelo la variable  $zopt2_i$  (véase la Ecuación 84), que sirve para evaluar cada estrategia con relación a este objetivo independientemente del escenario en que se aplique. Se trata de la misma ecuación (83), pero en este caso aplicada a la variable calidad de vida: el Índice de Potenciación de Género.

$$zopt2_i = \sum_j SOS2_{ij} \cdot p_j \quad (84)$$

## 6.2. Planteamiento de Estrategias y Escenarios

Por un lado, en el contexto del modelo, las variables económicas producto interior bruto ( $PIBR$ ) e ingresos de hombres y mujeres ( $YVAR$ ,  $YMUJ$ ) se suponen variables de escenario. Por otra parte, las variables relacionadas con la educación por sexos ( $AAHO$ ,  $AAMU$ ,  $BMHO$ ,  $BMMU$ ) y situación laboral para el sexo fe-



---

menino (*PMUJ*, *EPIM*, *AEMU*) se supone que son variables de control, ya que las autoridades pertinentes pueden ser capaces de poner en marcha los mecanismos que impulsen al sistema hacia el objetivo fijado.

Las estrategias y escenarios que presentamos a continuación, lo son a título de ejemplo, es decir, son ilustrativos. Sería un organismo experto en el tema, el que debería decidir sobre los mismos:

- **Estrategia 1:** potenciar a la mujer dentro del ámbito familiar. Esto se podría lograr aumentando la inversión en educación por encima de la tendencia, para ambos sexos y disminuyendo el porcentaje de participación de la mujer dentro del ámbito laboral por debajo de la tendencia. Para ello, los valores medios extrapolados de *AAHO*, *AAMU*, *BMHO*, *BMMU*, se incrementan un 8%, 2%, 8%, y 8%, respectivamente, y los valores de *EPIM*, *AEMU*, *PMUJ* se disminuyen un 10%, 8% y 4% respectivamente.
- **Estrategia 2:** potenciar a la mujer dentro del ámbito laboral. Esto se podría lograr aumentando la inversión en educación por encima de la tendencia para ambos sexos, y aumentando el porcentaje de participación de la mujer dentro del ámbito laboral por encima de la tendencia. Para ello, los valores medios extrapolados de *AAHO*, *AAMU*, *BMHO*, *BMMU* (Figuras 371, 372, 374, 375) se incrementan un 8%, 2%, 8%, y 8%, respectivamente, y los valores de *EPIM*, *AEMU*, *PMUJ* (Figuras 376, 373, 378) se incrementan un 10%, 8% y 4% respectivamente.
- **Estrategia 3:** mantener la tendencia actual. Para este caso, los valores de todas las variables de control mantienen los valores medios extrapolado.
- **Escenario 1:** la economía evoluciona de manera óptima, tanto el PIB como los ingresos de hombres y mujeres. Elegimos los valores máximos extrapolados de los intervalos de confianza de *PIBR*, *YMUJ*, *YVAR*.
- **Escenario 2:** evolución óptima del *PIB* y de los ingresos de los hombres, mientras que los ingresos de las mujeres evolucionan por debajo de su tendencia. Elegimos los valores máximos extrapolados de los intervalos de confianza de *PIBR* y *YVAR* y los valores mínimos extrapolados de los intervalos de confianza de *YMUJ*.
- **Escenario 3:** evolución óptima del *PIB* y de los ingresos de los hom-

bres, mientras que los ingresos de las mujeres evolucionan según su tendencia. Elegimos los valores máximos extrapolados de los intervalos de confianza de *PIBR* y *YVAR* y los valores medios de los intervalos de confianza de la *YMUJ* extrapolada.

- **Escenario 4:** elegimos los valores máximos extrapolados de los intervalos de confianza de *PIBR* y *YMUJ* y los valores mínimos extrapolados de los intervalos de confianza de *YVAR*.
- **Escenario 5:** elegimos los valores máximos extrapolados de los intervalos de confianza de *PIBR*, *YMUJ* y los valores medios de los intervalos de confianza de la *YVAR* extrapolada.
- **Escenario 6:** elegimos los valores mínimos extrapolados de los intervalos de confianza de *PIBR*, *YVAR*, *YMUJ*.
- **Escenario 7:** elegimos los valores mínimos extrapolados de los intervalos de confianza de *PIBR*, *YVAR* y los valores medios de los intervalos de confianza de la *YMUJ* extrapolada.
- **Escenario 8:** elegimos los valores mínimos extrapolados de los intervalos de confianza de *PIBR* y los valores medios de los intervalos de confianza de la *YVAR*, *YMUJ*.
- **Escenario 9:** elegimos los valores medios extrapolados de los intervalos de confianza de *PIBR* y los valores mínimos extrapolados de los intervalos de confianza de *YVAR*, *YMUJ*.
- **Escenario 10:** elegimos los valores medios extrapolados de los intervalos de confianza de *PIBR*, *YMUJ* y los valores mínimos extrapolados de los intervalos de confianza de *YVAR*.
- **Escenario 11:** elegimos los valores medios extrapolados de los intervalos de confianza de *PIBR*, *YVAR*, *YMUJ*.

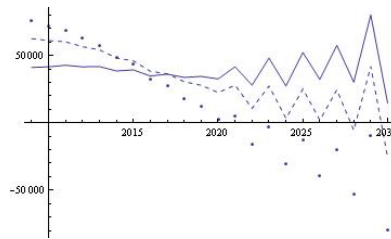
Podríamos seguir diseñando escenarios de esta manera hasta llegar a 27, que son las combinaciones de las evoluciones óptima, tendencial y pésima de las tres variables de escenario consideradas. No obstante nos quedamos con estos 11 por estimar que el resto tienen una probabilidad despreciable. Su diseño se resume en la Tabla 155. La probabilidad hipotética que se asigna a cada escenario es  $p_j = 1/11$  con  $j \in \{1, \dots, 11\}$ .

	PIBR	YVAR	YMUJ
Escenario 1	↑	↑	↑
Escenario 2	↑	↑	↓
Escenario 3	↑	↑	≈
Escenario 4	↑	↓	↑
Escenario 5	↑	≈	↑
Escenario 6	↓	↓	↓
Escenario 7	↓	↓	≈
Escenario 8	↓	≈	≈
Escenario 9	≈	↓	↓
Escenario 10	≈	↓	≈
Escenario 11	≈	≈	≈

**Tabla 155:** Escenarios utilizados para la simulación. Valores por encima de la tendencia ↑. Valores por debajo la tendencia ↓. Valores que siguen la tendencia ≈.

### 6.3. Resultados y Conclusiones

Los cálculos correspondientes a la simulación de las tres estrategias en los once escenarios considerados se llevan a cabo con el simulador generado por *SIGEM* y con *Mathematica 7.0*. La estrategia óptima para alcanzar la meta se elige, en nuestro caso, por dos vías distintas, observando la evolución de  $zopt1_i$  gráficamente (Figura 381), ya que se puede observar con claridad la diferencia entre las tres estrategias. Por otro lado, para el caso de  $zopt2_p$ , observando la Tabla 156, se aprecian diferencias numéricas a partir de la tercera cifra decimal, lo que provoca que gráficamente no se observe ninguna diferencia, y es por ello que no se incluye dicha gráfica en este trabajo.



**Figura 381:** Variable  $ZOPTI_i$ . Estrategia  $i=1$  (puntos), estrategia  $i=2$  (línea), estrategia  $i=3$  (discontinua), para el periodo 2009-2030, en España.

año	Estrat. 1	Estrat. 2	Estrat. 3
2009	0.949609	0.949609	0.949622
2010	0.953904	0.954025	0.953962
2011	0.958258	0.958361	0.958307
2012	0.962689	0.962782	0.962733
2013	0.966226	0.966305	0.966263
2014	0.970155	0.970216	0.970184
2015	0.97245	0.972494	0.97247
2016	0.975738	0.975762	0.97575
2017	0.976881	0.976886	0.976884
2018	0.978926	0.978909	0.978918
2019	0.979594	0.979556	0.979576
2020	0.980784	0.980725	0.980756
2021	0.979285	0.979203	0.979246
2022	0.983144	0.983044	0.983097
2023	0.978143	0.978017	0.978082
2024	0.984274	0.984134	0.984207
2025	0.977566	0.9774	0.977485
2026	0.984221	0.984044	0.984135
2027	0.977397	0.977196	0.977296
2028	0.986168	0.985963	0.986066
2029	0.973046	0.972807	0.972924
2030	0.979019	0.992429	0.99254

**Tabla 156:** Variable  $ZOPT_2$ , para el periodo 2009-2030, en España.

Obsérvese que la gráfica de  $zoptl_i$  (Figura 381) presenta oscilaciones pronunciadas a partir del año 2020. Algo así es lo que esperábamos ver por curiosidad y ello evidencia la poca fiabilidad del modelo en las previsiones a largo plazo. En los dos capítulos anteriores, al tratar sobre la validación del Modelo Estructurado por Edades II, tanto en su formulación determinista como estocástica, concluimos que su horizonte de previsiones fiables es de 5 a 6 años. Por eso utilizaremos únicamente los valores correspondientes al periodo 2009-2014.

Se observa que los dos objetivos que han sido planteados al inicio del capítulo se consiguen con la Estrategia 2. Gráficamente, se observa, en la Figura 381, que la menor diferencia entre nacimientos y defunciones para el año 2014 se produce con la Estrategia 2 (la potenciación de la mujer dentro del mundo laboral), independientemente del escenario. Y respecto al Objetivo 2, mejorar la calidad de vida en España en el año 2014, se aprecia en la Tabla 156 que los valores máximos son los relacionados nuevamente con la Estrategia 2. No obstante, observando las pendientes de las curvas y lo cerca que están una de otra en el año 2014, así como la mínima diferencia entre los valores encontrados en la Tabla 156, no

parece clara la elección, basándonos solo en la observación de datos, de una estrategia que optimice los dos objetivos en 2014. Es por ello que consideramos una variable objetivo conjunta, que llamamos  $Z$ , basada en:

Consideremos una variable objetivo conjunta, que llamamos  $Z_i$ , basada en:

1. normalizar los valores de  $zopt1_{ik}$  y  $zopt2_{ik}$  entre 0 y 1:  $z1_{ik}$  y  $z2_{ik}$  respectivamente;
2. dónde el subíndice  $i$  corresponde a la estrategia y el subíndice  $k$  al año;
3. sustituir  $z1_{ik}$  por  $1 - z1_{ik}$ ;
4. ponderar la importancia de cada variable objetivo:  $p_1$  y  $p_2$  respectivamente;
5. sumar los productos de cada variable objetivo por su peso en cada año;
6. acumular estos valores, es decir:  $Z_i = \sum_{k=2009}^{2014} ((1 - p_1) \cdot z1_{ik} + p_2 \cdot z2_{ik})$ ;
7. seleccionar la estrategia que corresponda al mayor valor de  $Z_i$ .

Los resultados de esta nueva variable objetivo, siendo  $p_1=0.5$  y  $p_2=0.5$  (tomados a modo de ejemplo, lo cual supone dar la misma importancia a la estabilidad demográfica que a la potenciación laboral de la mujer) son:

$$Z_1 = 3.1946; Z_2 = 3.37398; Z_3 = 3.32598.$$

Así pues, concluimos que la estrategia que maximiza nuestra nueva variable objetivo, en el periodo de 2009 a 2014, es la Estrategia 2, es decir la potenciación de la mujer en el ámbito laboral.



## **Capítulo 7**

---

Nuevas Variables Calidad de Vida: UNDP 2010





---

En el último Informe sobre el Desarrollo Humano publicado en Octubre del año 2010 y coincidiendo con el vigésimo aniversario de la aparición de los Índices Calidad de Vida, éstos fueron redefinidos. Así, tres nuevos índices han ocupado el papel de los anteriores, a saber, el Índice de Desarrollo Humano ajustado por la Desigualdad, el Índice de Desigualdad de Género y el Índice de Pobreza Multidimensional.

La justificación de este cambio viene dada por la evolución de los países. El mundo progresa en un contexto de amplia variabilidad entre los distintos países. Esto sugiere que las fuerzas mundiales han permitido a los países avanzar en todos los niveles del desarrollo, pero los países difieren en la forma de aprovechar las oportunidades.

Uno de los resultados menos esperados en la investigación sobre desarrollo humano, y que se plasma en este nuevo informe (*UNDP*, 2010), es la ausencia de una correlación significativa entre crecimiento económico y avances en salud y educación. Sus estudios indican que esta relación es especialmente baja en los niveles de IDH medio y bajo, es decir, en aquellos países en los que el IDH no resulta elevado. A lo largo del tiempo se observan patrones históricos: los países que han logrado ser ricos, es decir, que han aumentado su IDH, son aquellos que invirtieron enormes recursos en salud y educación, cosa que se demuestra en nuestras estrategias y escenarios planteados en el capítulo anterior.

En la actualidad, la tecnología y los cambios en las estructuras sociales permiten que, incluso los países más pobres puedan lograr beneficios significativos. Los resultados obtenidos en el Informe sobre Desarrollo Humano del 2010 confirman que, a partir de nuevos datos y análisis, el desarrollo humano es distinto del crecimiento económico y que es posible lograr una mayor calidad de vida, incluso en condiciones de crecimiento lento. Es por ello que se plantea esta nueva definición de los índices calidad de vida.

Aquí mostraremos los cambios, las nuevas definiciones, y cómo en el contexto de nuestros modelos socio-demográficos hemos podido introducirlos.

En primer lugar reseñar que, en el Apéndice IV están listadas todas las variables utilizadas para la reconstrucción del Modelo Temporal I, obtenido en el Capítulo 1, al cambiar los antiguos índices por los nuevos. En la Figura 404 se muestra el

Diagrama de Forrester correspondiente.

Al igual que en el Capítulo 2, se explica cada uno de los nuevos índices calidad de vida en un apartado de este capítulo y se muestra la correspondiente validación de las formulaciones determinista y estocástica.

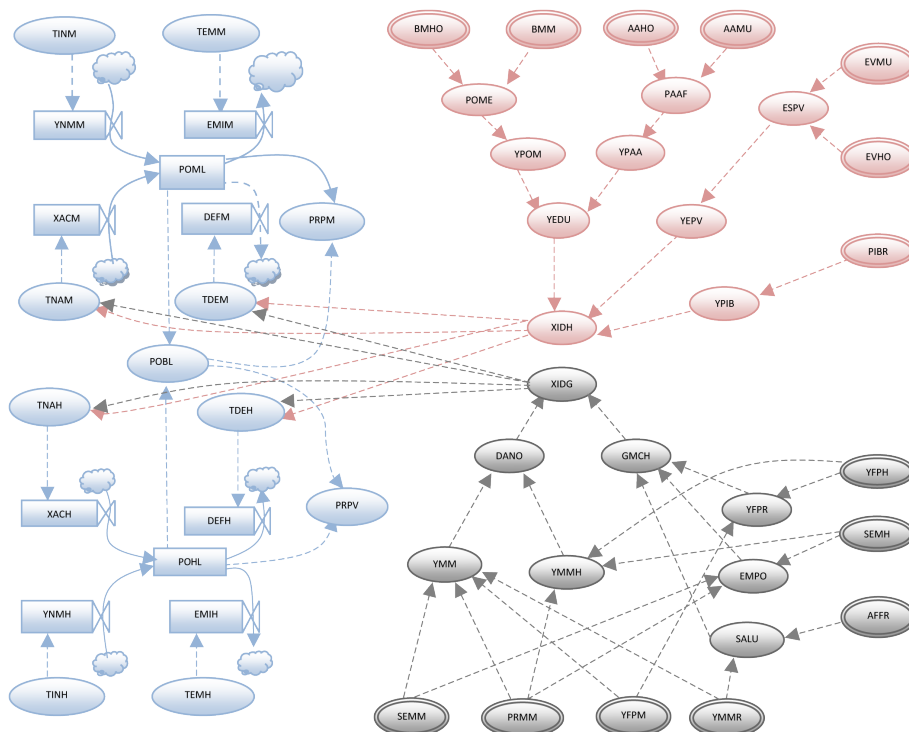
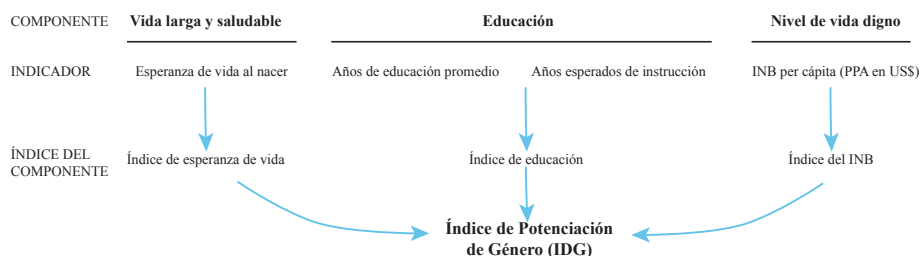


Figura 404: Diagrama de Forrester para el Modelo Temporal I, IDH-Híbrido e IDG-2010

## 7.1. Modelo Temporal I, IDH



**Figura 381:** Esquema de la construcción del nuevo Índice de Desarrollo Humano; extraído fielmente del Informe sobre Desarrollo Humano ( UNDP 2010)

El nuevo Índice de Desarrollo Humano sigue siendo una medida agregada del avance en tres dimensiones básicas: salud, educación e ingresos. Pero se modifican los indicadores utilizados para medir el progreso en dos de esas dimensiones: educación e ingresos. También se reajusta el método de agregación de los indicadores.

Examinemos la definición de este nuevo IDH con detalle.

En el ámbito de los conocimientos, los años promedio de instrucción sustituyen a la alfabetización, y la matriculación bruta se replantea como los años esperados de instrucción, es decir, los años de educación que un niño puede esperar recibir dada la tasa de matriculación vigente. Cada vez más países calculan los años promedio de instrucción, aunque por el momento no se han conseguido datos suficientes para poder validar nuestros modelos en muchos países usando este índice. También se han investigado medidas alternativas sobre la capacidad de disfrutar de una vida saludable en el IDH, pero no ha sido encontrada ninguna opción mejor o más viable que la esperanza de vida al nacer.

Además, para medir el nivel de vida, el ingreso nacional bruto (INB) per cápita reemplaza en la nueva definición del IDH al producto interno bruto (PIB) per cápita. En un mundo globalizado, suele haber grandes diferencias entre los ingresos de los residentes de un país y su producto interno. Téngase en cuenta que parte de lo que ganan los habitantes se envía al extranjero, algunas personas reciben remesas del exterior y algunos países reciben considerables flujos de ayuda. Se mantiene la práctica de usar el logaritmo de los ingresos: el ingreso es fundamental para el desarrollo humano, pero a medida que aumenta, disminuye su aporte

al desarrollo. Además, se cambian los valores máximos de cada componente por el máximo observado, en lugar de usar un punto de corte predefinido más allá del cual los logros eran ignorados.

Por otro lado, siguiendo el Informe sobre Desarrollo Humano, presentado en Octubre del año 2010, en el que se trata el problema de la ausencia de datos históricos para muchos países, la *UNDP* propone la alternativa de permitir el uso de las variables usadas por el IDH antiguo, y a este índice lo llama IDH-Híbrido, del cual sólo se modifica el cálculo del índice. En vez de usar la media aritmética de los tres indicadores que lo definen, propone la media geométrica de estos tres indicadores, es decir:

$$xidh = \sqrt[3]{yepv \cdot ypib \cdot yedu} \quad (85)$$

En este apartado hacemos uso de esta nueva definición. Tal y como se ha procedido a lo largo de todo el trabajo, en primer lugar, se realiza el ajuste de las tasas de mortalidad y fertilidad, con variable independiente dada por este nuevo índice.

Se han usado las mismas estructuras definidas en el Modelo Temporal I. Todos los ajustes de las mismas, tanto para el caso de España como para el caso de Bélgica, se pueden observar en el Apéndice IV.3.

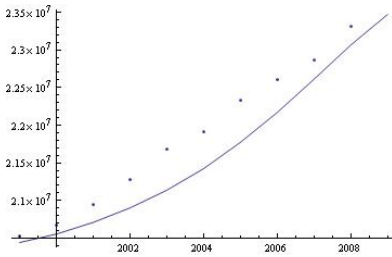
Así, se ha conseguido validar el Modelo Temporal I respecto del IDH-Híbrido, para el caso de estos dos países, nuevamente en el periodo 1999-2009. No se ha podido recoger el último dato, correspondiente al IDH presente en el Informe sobre Desarrollo Humano del 2010 ya que como se ha comentado su obtención es distinta a la de años anteriores.

A continuación presentamos las validaciones de las formulaciones determinista y estocástica del Modelo Temporal I, y en el Apéndice IV.5 se refuerza la validación positiva, por un lado mostrando los errores relativos, todos inferiores al 5% (lo que refuerza la validación de la formulación determinista) y por otro, los valores de la chi-cuadrado (que refuerzan, en este caso, la validación de la formulación estocástica).

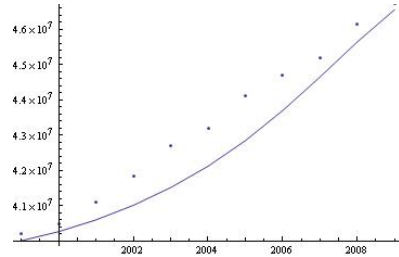
### 7.1.1. Validación de la formulación determinista (España y Bélgica)

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal I en su formulación determinista, con el índice IDH-Híbrido como variable de calidad de vida, para el caso de España son las siguientes:

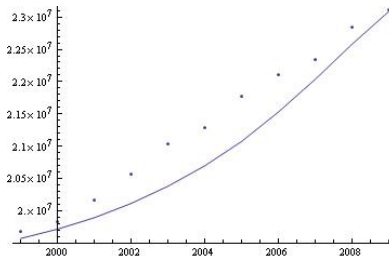
• **ESPAÑA**



**Figura 382:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.97447$ , con 2.51296 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 168).



**Figura 383:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.960501$ , con 3.25758 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 168).

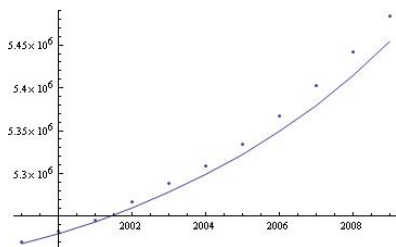


**Figura 384:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Total de España, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.967615$ , con 2.8657 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 168).

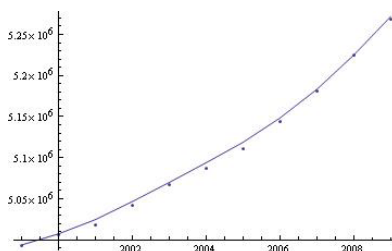
Se obtiene un coeficiente de determinación por encima del 0.96, así como errores relativos por debajo del 3.3%. Gráficamente se observa que los datos históricos son cercanos a los simulados, aunque se aprecia un ligero cambio de tendencia en los años 2003, 2004 y 2005. Se puede apreciar que la tendencia es similar a la observada en las Gráficas 87 a 89 del Capítulo II donde se muestra la validación determinista del Modelo Temporal I para el índice IDH.

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal I en su formulación determinista, con el índice IDH-Híbrido como variable de calidad de vida, para el caso de Bélgica son las siguientes:

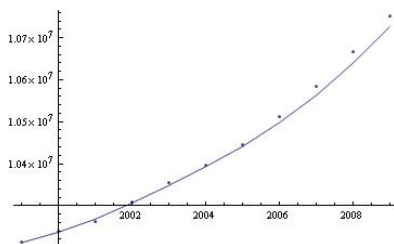
• **BÉLGICA**



**Figura 385:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de Bélgica, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.999663$ , con 0.552017 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 170).



**Figura 386:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de Bélgica, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.999227$ , con 0.147222 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 170).



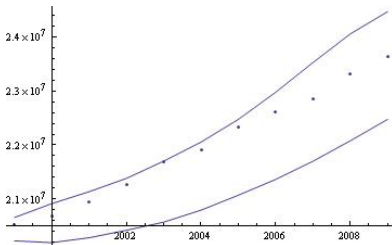
**Figura 387:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Total de Bélgica, en el periodo 1999-2009,  $R^2 = 0.999508$ , con 0.258333 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 170).

Se puede observar un coeficiente de determinación por encima del 0.99, así como errores relativos por debajo del 0.5%. Gráficamente se observa que los datos históricos están muy cercanos a los simulados.

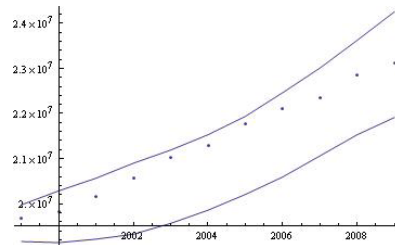
### 7.1.2. Validación de la formulación estocástica (España y Bélgica)

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal I en su formulación estocástica (con un intervalo de confianza del 99%), con el índice IDH-Híbrido como variable de calidad de vida, para el caso de España son las siguientes:

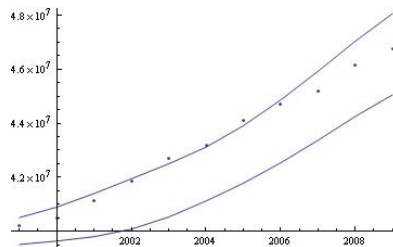
- **ESPAÑA**



**Figura 388:** Población Femenina de España para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas) y datos reales (puntos).



**Figura 389:** Población Masculina de España para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas) y datos reales (puntos).

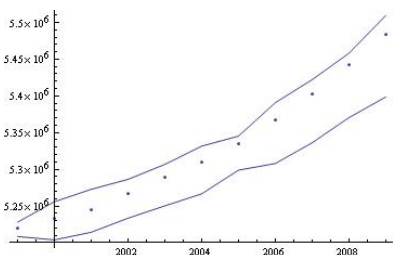


**Figura 390:** Población Total de España para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas) y datos reales (puntos).

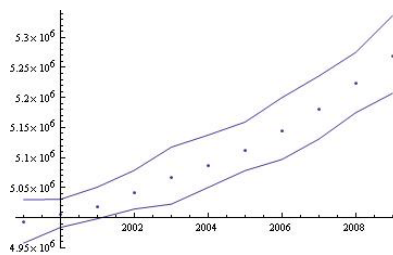
Para el caso de la validación estocástica observamos que los datos simulados están en el interior del intervalo generado por el simulador exceptuando en la Figura 390 los años 2003, 2004 y 2005, que corresponde justo al cambio de tendencia observado para el caso determinista en el mismo periodo.

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal I en su formulación estocástica (con un intervalo de confianza del 99%), con el índice IDH-Híbrido como variable de calidad de vida, para el caso de Bélgica son las siguientes:

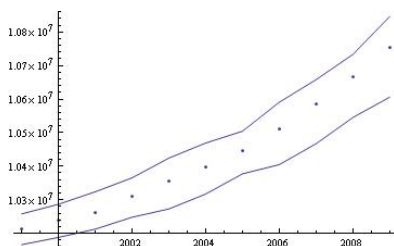
• **BÉLGICA**



**Figura 391:** Población Femenina de Bélgica para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas) y datos reales (puntos).



**Figura 392:** Población Masculina de Bélgica para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas) y datos reales (puntos).



**Figura 393:** Población Total de Bélgica para el periodo 1999-2009. Máximos y mínimos (líneas) y datos reales (puntos).

Para el caso de la validación estocástica en Bélgica se observa que los datos simulados están en el interior del intervalo generado por el simulador durante todo el periodo de validación. Lo que ratifica la validación que se había obtenido en el modelo formulado de forma determinista.

En resumen, podemos observar que tanto para España como para Bélgica, se obtiene una buena validación, siendo mejor para el caso de Bélgica. Esto se debe relacionar con la obtención de datos históricos, lo que ya ha quedado explicado con detalle en el Capítulo 4.

Además, estos resultados se pueden comparar con lo obtenido en el Capítulo 2, en la validación, tanto determinista como estocástica, del Modelo Temporal I con el índice IDH, y se observa una mejora. Respecto a la validación determinista se tiene que: han disminuido los errores relativos, y los coeficientes de determinación son más elevados. En cuanto a la validación estocástica se observa que todos los valores históricos se encuentran en el interior del intervalo generado por el



---

simulador.

## **7.2. Modelo Temporal I, IDG-2010**

Para iniciar este apartado debemos orientar al lector y que distinga entre los dos índices nombrados como IDG en los Informes Anuales emitidos por la ONU. Debemos entender que uno es de Diferenciación (los informes de 1998-2009) y el otro es de Desigualdad (informes 2010 en adelante). Desde la ONU da la misma nomenclatura, no nos debe llevar a confusión siempre que nos encontremos en un texto dónde especifique que el índice sea el correspondiente a un informe o a otro. En este caso introducimos el definido en el UNDP (2010).

El Índice de Desigualdad de Género (IDG) es el único en su tipo que incluye datos relativos a niveles educacionales, participación económica y política, y temas de salud que sólo atañen a las mujeres y que considera las desigualdades de género en los ámbitos de cada país. De esta forma, constituye un avance importante para las medidas globales disponibles sobre igualdad de género.

Los primeros índices globales de género, el Índice de Diferenciación de Género (IDG) y el Índice de Potenciación de Género (IPG), que han sido estudiados en todos los capítulos anteriores, fueron presentados en el Informe sobre Desarrollo Humano 1995 justo antes de que se realizara la IV Conferencia Mundial sobre la Mujer en Beijing.

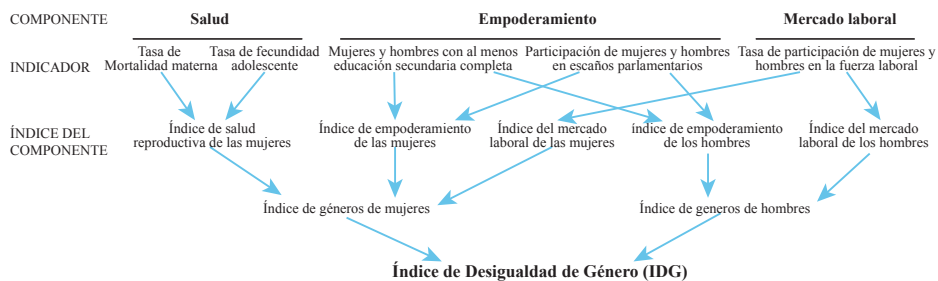
El IDG examina las desigualdades de género en las dimensiones del IDH pero por sexos (ha sido explicada su formación en el Capítulo 2).

El IPG analiza la participación política (medida por la proporción de mujeres que ocupan escaños parlamentarios), la participación económica (proporción de mujeres en cargos profesionales y de alto nivel) y la propiedad de los recursos económicos (relación de ingresos entre mujeres y hombres). Explicado con detalle también en el Capítulo 2.

En su momento, respaldados por los informes anuales de la ONU, tanto el IDG como el IPG destacaron la importancia de la recopilación y análisis de datos desagregados por género, a la vez que suscitaban debates sobre la mejor forma de construir un índice de género válido y confiable. Es en el Informe sobre Desarrollo Humano publicado en el año 2010, (*UNDP*, 2010) dónde se presenta la

unificación de ambos.

La Figura 394 resume las dimensiones e indicadores del IDG actual y sugiere que las restricciones de datos son enormes e impiden medir la situación de niñas y mujeres en el planeta. Analizamos brevemente cada una de ellas.



**Figura 394:** Esquema de la construcción del Índice de Desigualdad de Género, extraído fielmente del Informe sobre Desarrollo Humano (UNDP 2010). NOTA: Empoderamiento es un término que a lo largo de todo el trabajo ha sido llamado Potenciación.

### Salud reproductiva.

La salud reproductiva de la mujer puede medirse a través de dos indicadores: coeficiente de mortalidad materna y tasas de fecundidad entre adolescentes. El bienestar de la mujer durante el parto es una clara señal del lugar que ocupa la mujer en la sociedad.

### Potenciación (Empoderamiento según la Figura 394).

Se usa la relación de representantes hombre-mujer en el parlamento. La representación en los parlamentos nacionales, que indica la posición de la mujer en el liderazgo político y en la sociedad de manera más general, ha ido aumentando con el tiempo, si bien el promedio mundial todavía es sólo del 16%. La libertad de la mujer aumenta si ésta cuenta con mayor nivel de educación, ya que mejora su capacidad de crítica, reflexión y acción para cambiar su condición y aumenta su acceso a información. Una mujer con más educación tiene mayores posibilidades de disfrutar de un trabajo satisfactorio, participar en el debate público, cuidar su salud y la de su familia y tomar otras iniciativas. En este sentido, centramos nuestra atención en las diferencias en los niveles de educación en enseñanza se-

---

cundaria y superior.

*Mercado laboral.*

La participación de la mujer en la fuerza de trabajo, que incluye tanto a las empleadas como a las desempleadas (que buscan activamente un trabajo), así como a las que buscan un empleo en horario parcial.

*Dimensiones no evaluadas.*

Otros asuntos importantes inciden en el bienestar de la mujer, como uso del tiempo, acceso a activos, violencia doméstica y potenciación local, pero no existe información fiable al respecto. Estas inquietudes deben servir de base para renovar las iniciativas orientadas a recabar más información y así promover mayor sensibilización, discusiones públicas y formulación de políticas. Se podría realizar, en un futuro, un modelo más amplio capaz de considerar todas estas variables.

Gracias a los esfuerzos colectivos realizados por el Estado, la sociedad civil y los organismos internacionales (Organización Internacional del Trabajo, Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos, Banco Mundial y Foro Económico Mundial, entre otras), la cantidad de datos publicados que incorporan una perspectiva de género se ha incrementado considerablemente desde 1990. Por ello en este caso sí que se ha podido calcular el nuevo IDG para el periodo 1993-2010 y ha sido validado el Modelo Temporal I para el caso de España con el uso de este índice como variable de calidad de vida. Para el caso de Bélgica no se han encontrado datos en los años correspondientes al periodo 2001-2004, lo cual ha hecho imposible su validación.

El cálculo de este nuevo índice es distinto al realizado para cualquiera de los anteriores, por tanto detallamos la evaluación del mismo.

El Índice de Desigualdad de Género (IDG) refleja la desventaja de la mujer en tres dimensiones: salud reproductiva, potenciación y mercado laboral, para la mayor cantidad posible de países según lo permita la calidad de los datos. El índice muestra la pérdida en desarrollo humano debido a la desigualdad entre logros de mujeres y hombres en dichas dimensiones. Varía entre el valor cero, valor representativo de la igualdad plena entre mujeres y hombres en todas las dimensiones medidas, y el valor 1, valor representativo de la máxima desigualdad

entre mujeres y hombres en todas las dimensiones medidas. Se calcula usando la medida de desigualdad sensible a las asociaciones sugerida por Seth (2009). El índice se basa en la media general de medias generales de diferentes órdenes: la primera agregación se hace con la media geométrica de las dimensiones; estas medias, calculadas en forma separada para mujeres y hombres, posteriormente se agregan usando una media armónica para ambos géneros.

Las variables de entrada a partir de las cuales calculamos este nuevo índice son las siguientes:

- Tasa de mortalidad materna, la muerte de una mujer durante su embarazo, parto, o dentro de los 42 días después de su terminación, por cualquier causa relacionada o agravada por el embarazo, parto o puerperio o su manejo, pero no por causas accidentales. El dato se extrae del INE en tantos por mil, pero se divide por mil para así obtener una proporción (valor entre 0 y 1) (*YMMR*)
- Tasa de fecundidad de adolescentes dividido entre 100 (*AFFR*)
- Proporción de escaños en el parlamento por género (*PRMM*)
- Logros en educación secundaria y superior (*SEMH, SEMM*)
- Tasa de participación en el mercado laboral, dividido entre 100 (*YFPH, YFPM*)

El IDG se calcula a través de cinco pasos.

**Paso 1.** Tratar ceros y valores extremos.

La tasa de mortalidad materna es truncada simétricamente en 10 (mínimo) y en 1.000 (máximo). El máximo de 1.000 se basa en el supuesto normativo de que los países con una tasa de mortalidad materna superior a 1.000 no difieren en su capacidad de crear condiciones y apoyo a la salud materna.

La representación de la mujer en el parlamento de países que tienen como datos históricos cero se codifica como 0,1%, ya que la media geométrica no puede tener valores de cero y porque en estos países las mujeres ejercen algún tipo de influencia política.

**Paso 2.** Agregar las dimensiones dentro de cada grupo de género, usando medias geométricas.

En el caso de mujeres y niñas, la fórmula de agregación es la siguiente:

$$YMMM(t) = \sqrt[3]{\left(\frac{PRMM(t) \cdot SEMM(t)}{YMMR(t) \cdot AFFR(t)}\right)^{1/2} \cdot YFPM(t)} \quad (86)$$

y en el caso de hombres y niños:

$$YMMH(t) = \sqrt[3]{((1 - PRMM(t)) \cdot SEMH(t))^{1/2} \cdot YFPH(t)} \quad (87)$$

**Paso 3.** Agregar a través de grupos de género, usando una media armónica.

Los índices de mujeres y hombres se agregan según la media armónica para crear el índice de género igualmente distribuido *DANO*.

$$DANO(t) = \left(\frac{YMMM(t)^{-1} + YMMH(t)^{-1}}{2}\right)^{-1} \quad (88)$$

La media armónica de las medias geométricas dentro de los grupos permite apreciar la desigualdad entre mujeres y hombres, a la vez que ajusta las asociaciones entre dimensiones.

**Paso 4.** Calcular la media geométrica de las medias aritméticas para cada indicador.

La referencia estándar para calcular la desigualdad se obtiene agregando los índices para mujeres y hombres usando las mismas ponderaciones (es decir, tratando a los géneros por igual) y luego agregando los índices para cada dimensión:

$$GMCH(t) = \sqrt[3]{SALU(t) \cdot EMPO(t) \cdot YFPR(t)} \quad (89)$$

dónde:

$$SALU(t) = \frac{\sqrt{\frac{1}{YMMR(t) \cdot AFFR(t)} + 1}}{2} \quad (90)$$

$$EMPO(t) = \frac{\sqrt{PRMM(t) \cdot SEMM(t)} + \sqrt{(1 - PRMM(t)) \cdot SEMH(t)}}{2} \quad (91)$$

$$YFPR(t) = \frac{YFPM(t) + YFPH(t)}{2} \quad (92)$$

**Paso 5.** Calcular el Índice de Desigualdad de Género.

Al comparar el índice de género igualmente distribuido con el estándar referencial se obtiene el IDG.

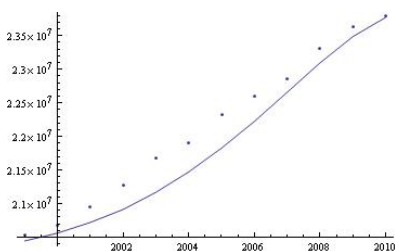
$$XIDG(t) = 1 - \frac{DANO(t)}{GMCH(t)} \quad (93)$$

Procedemos de forma análoga al caso del IDH-Híbrido: el ajuste de tasas y refuerzo de validaciones se encuentra en el Apéndice IV.3 y IV.4.

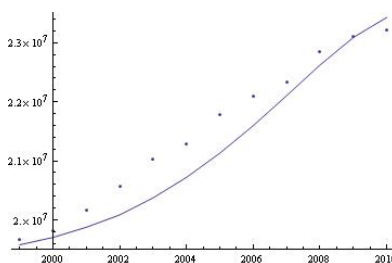
### 7.2.1. Validación de la formulación determinista (España)

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal I en su formulación determinista, con el índice IDG como variable de calidad de vida, para el caso de España son las siguientes:

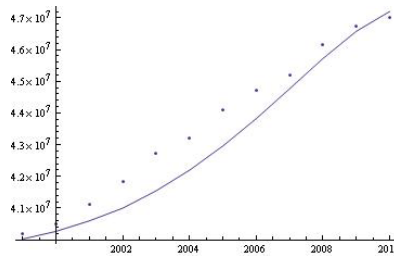
- ESPAÑA



**Figura 396:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Femenina de España, en el periodo 1999-2010,  $R^2 = 0.980125$ , con 2.36132 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 169).



**Figura 397:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Masculina de España, en el periodo 1999-2010,  $R^2 = 0.962605$ , con 3.13395 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 169).



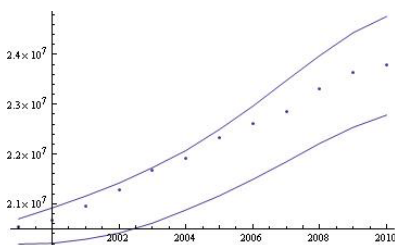
**Figura 398:** Datos obtenidos mediante el modelo (línea) y datos reales (puntos) para la Población Total de España, en el periodo 1999-2010,  $R^2 = 0.97166$ , con 2.74177 % máximo error relativo. El modelo se considera validado ya que el error no supera el 5% (Tabla 169).

Se observa que la validación determinista es positiva, con unos coeficientes de determinación superiores al 0.96 y errores relativos inferiores al 3.2%, se observa nuevamente que la tendencia gráfica es similar a la presentada en el Modelo Temporal I para el IDG e IPG en el Capítulo 2.

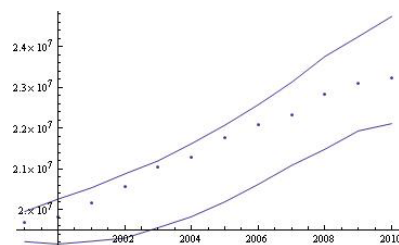
### 7.2.2. Validación de la formulación estocástica (España)

Las gráficas obtenidas de los datos históricos junto a los calculados por el Modelo Temporal I en su formulación estocástica (con un intervalo de confianza del 99%), con el índice IDG como variable de calidad de vida, para el caso de España son las siguientes:

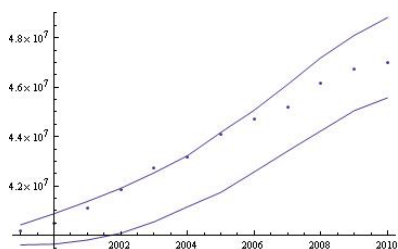
- **ESPAÑA**



**Figura 399:** Población Femenina de España para el periodo 1999-2010. Máximos y mínimos (líneas) y datos reales (puntos).



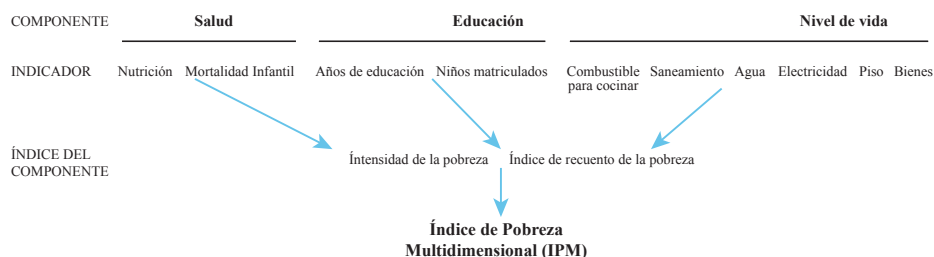
**Figura 400:** Población Masculina de España para el periodo 1999-2010. Máximos y mínimos (líneas) y datos reales (puntos).



**Figura 401:** Población Total de España para el periodo 1999-2010. Máximos y mínimos (líneas) y datos reales (puntos).

Así pues se observa que la validación tanto determinista como estocástica es buena. Para el caso determinista los coeficientes de determinación son superiores al 0.96 y los errores relativos inferiores al 3.1%. Y respecto a la validación estocástica observamos que todos los datos históricos se encuentran en el interior del intervalo obtenido a excepción del año 2003 para el caso de la población total.

### 7.3. El Índice de Pobreza Multidimensional, IPM



**Figura 402:** Esquema de la construcción del Índice de Pobreza Multidimensional, extraído fielmente del Informe de Desarrollo Humano *UNDP- 2010*.

El IPM identifica las privaciones simultáneas que padecen los hogares en las tres dimensiones del IDH y muestra la cantidad promedio de personas pobres y las carencias que deben afrontar estas familias.

Esta nueva medida sustituye al Índice de Pobreza Humana (IPH) que se publicaba desde 1997. El IPH, pionero en su tiempo, usa promedios nacionales para reflejar las privaciones agregadas en salud, educación y nivel de vida. Sin embargo, no permite identificar a individuos y hogares específicos o a grupos más amplios de personas que experimentan las mismas privaciones.

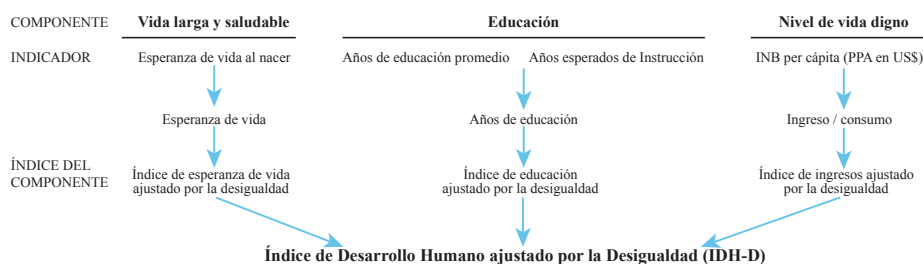


El IPM sí que considera estas deficiencias que se observan en el IPH al medir la cantidad de personas afectadas por privaciones y el número de carencias a las que se enfrentan. Éste puede desglosarse en sus dimensiones para mostrar cómo cambia la composición de la pobreza multidimensional en incidencia e intensidad entre distintas regiones, grupos étnicos, etc., lo cual tiene consecuencias útiles en materia de políticas.

El IPM es el producto de la incidencia de la pobreza multidimensional (la proporción de personas que son pobres en varias dimensiones) y del número promedio de privaciones que experimenta cada hogar pobre (la intensidad de su pobreza). Tiene las mismas tres dimensiones que el IDH (salud, educación y nivel de vida) reflejadas mediante 10 indicadores, cada uno de los cuales tiene igual ponderación dentro de cada dimensión.

Respecto a este índice no existen datos históricos, por ello sólo nombramos su existencia. En futuros trabajos, cuando los organismos correspondientes obtengan mayor cantidad de datos históricos, cambiaremos el uso de los índices IPH-1 e IPH-2 por el IPM.

### 7.4. El Índice de Desarrollo Humano Diferenciado, IDH-D



**Figura 403:** Esquema de la construcción del Índice de Desarrollo Humano ajustado por la Desigualdad, extraído fielmente del *UNDP 2010*.

En el Informe del 2010 se publica por primera vez el IDH ajustado por la Desigualdad (IDH-D), es decir, un indicador del nivel de desarrollo humano de las personas de una sociedad que tiene en cuenta su grado de desigualdad. En una sociedad con perfecta igualdad, el IDH y el IDH-D tienen el mismo valor. Cuando existe desigualdad en la distribución de salud, educación e ingresos, el IDH de una persona promedio de cualquier sociedad será inferior al IDH general; cuanto

menor es el valor del IDH-D (y mayor su diferencia con el IDH), mayor es la desigualdad.

Nuevamente no obtenemos datos reales. Así que el estudio de este índice sobre nuestro modelo demográfico lo plantearemos en futuras investigaciones.

Como conclusión podemos decir que, debido a la escasez de datos históricos sobre los nuevos índices definidos en el Informe sobre Desarrollo Humano publicado en Octubre del 2010 tan solo se ha podido validar, el Modelo Temporal I explicado en el Capítulo 1, para el caso de los índices IDH-Híbrido y nuevo IDG. La validación ha sido positiva. De hecho, por un lado, han mejorado las validaciones obtenidas para el IDH-Híbrido respecto a las validaciones del IDH antiguo en el Capítulo 2, y por otro lado, también han mejorado las validaciones obtenidas para el nuevo IDG respecto a las validaciones de los antiguos IDG e IPG en el Capítulo 2.

Así pues en futuras investigaciones, cuando se obtengan datos de todos los índices definidos en este capítulo, se podrán realizar de nuevo validaciones, no sólo del Modelo Temporal I, sino del Modelo Temporal III y del Modelo Estructurado por Edades III, donde interactúan todos ellos.





## **Conclusiones**

---



En este trabajo se ha presentado un modelo socio-demográfico dinámico abstracto universal para el estudio de la sostenibilidad demográfica en relación con factores de calidad de vida y con distinción de sexos y cohortes de edad.

Las variables principales son las referentes a la población, las tasas de fertilidad, defunción, emigración e inmigración. La novedad de los modelos presentados en este trabajo respecto a los encontrados en la literatura existente, ha sido la introducción de las variables calidad de vida definidas por las Naciones Unidas en sus Informes sobre Desarrollo Humano, a saber, el Índice de Desarrollo Humano (IDH), el Índice de Potenciación de Género (IPG), el Índice de Diferenciación de Género (IDG) y los Índices de Pobreza Humana (IPH-1 e IPH-2), que se definen en los Informes de Desarrollo Humano de forma análoga para cualquier país.

Para obtener dicho modelo se construyen tres modelos temporales, los Modelos Temporales I, II y III, a partir de los cuáles se obtienen los definidos por cohortes de edad, es decir, los Modelos Estructurados por Edades II y III.

Así pues, los Modelos Temporales I, II y III son la primera aproximación. La principal característica de éstos es que las tasas de fertilidad y de defunción, han sido ajustadas a partir de los índices calidad de vida reseñados anteriormente. Respecto a las tasas migratorias, se han considerado como funciones del tiempo, ya que no dependen únicamente de las variables calidad de vida del país de estudio, sino también del país emisor o receptor de inmigrantes o emigrantes respectivamente.

El primer modelo construido es el Modelo Temporal I, que considera cada uno de los índices de calidad de vida por separado. Para su creación la mayor dificultad es la de encontrar unas estructuras matemáticas genéricas para las tasas demográficas dependiendo de cada uno de estos índices. Debemos notar que estas estructuras se mantendrán en los Modelos Temporales II y III.

Así tras estudiar gráficamente la relación existente entre tasas de fertilidad y defunción respecto a los índices calidad de vida, se observa una relación cíclica. Con esta información se ajustan las tasas demográficas mediante una función coseno, ya que no se obtienen suficientes datos históricos para hacerlo a través de una suma de funciones logísticas, que es la estructura matemática más adecuada para estos casos, según la literatura científica encontrada sobre el tema.

Tras el Modelo Temporal I, que nos permite obtener estas estructuras genéricas, se construye el Modelo Temporal II, que considera como variable independiente, en las tasas demográficas, la interacción, como un producto, de los tres índices, el IDH, el IPG y el IDG. El Modelo Temporal II se considera, al igual que el Modelo Temporal I, un modelo universal, es decir, un modelo transferible a cualquier país. Como se ha mencionado anteriormente las estructuras matemáticas obtenidas en el Modelo Temporal I se conservan para este caso.

Por último se incluye el Índice de Pobreza Humana. Se genera así el Modelo Temporal III. Este nuevo índice se introduce dividiendo al producto de los tres primeros. Existen dos índices de pobreza humana, el IPH-2, definido para los países pertenecientes a la OCDE y el IPH-1, definido para los países no pertenecientes a la OCDE. Como existe escasez de datos históricos respecto al IPH-1, tan sólo se incluye el IPH-2 en nuestro estudio, así se obtiene un modelo más desagregado y del que se puede extraer más información, aunque a la vez, su uso queda restringido a aquellos países pertenecientes a la OCDE.

Todos los modelos son presentados en sus formulaciones determinista y estocástica. La formulación determinista no contempla incertidumbre en las variables y la formulación estocástica nos permite determinar la fiabilidad de los resultados obteniendo cada resultado con un intervalo de confianza o con sus respectivos valores promedio y desviación estándar.

El ajuste de las tasas de fertilidad, defunción y migratorias se realiza mediante dos programas informáticos, *Mathematica 7.0* y *Regint*. El primero nos permite obtener un ajuste de las tasas tanto numérico como gráfico, así como el coeficiente de determinación y el test de Kolmogorov-Smirnov para justificar la normalidad de los residuos, pero no nos proporciona los datos suficientes para poder escribir los modelos en su formulación estocástica, es por ello que lo complementamos con el uso del *Regint*, el cual nos aporta la información adicional necesaria para poder considerar la aleatoriedad en las funciones estocásticas. En todos y cada uno de los casos de ajuste se obtiene un coeficiente de determinación elevado y se acepta la normalidad en los residuos contrastada con el test de Kolmogorov-Smirnov.

Todas y cada una de las validaciones, tanto deterministas como estocásticas, de los tres modelos temporales, se han realizado para los casos de España y de Bélgica en el periodo 1999-2009, exceptuando el caso del Modelo Temporal I para



el IPH-2 ya que para Bélgica los datos de este índice son constantes, con lo que se ha elegido Canadá en su lugar. Debemos remarcar que la validación de este modelo con el índice IDG para España, se presenta en un artículo de Sanz et al. (*in press*), para el periodo 1999-2006. La validación de la formulación determinista de estos modelos ha resultado positiva, obteniéndose unos coeficientes de determinación superiores al 0.96 y con errores relativos inferiores al 3.5%. En cuanto a la validación de la formulación estocástica también ha resultado correcta ya que los datos históricos se encuentran en el interior del intervalo generado por el simulador correspondiente. Debemos destacar, que para el caso de España, existen algunos datos que no se encuentran en el interior del intervalo obtenido; esto se debe a incoherencias en datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) según se explica en su lugar.

Tras estos modelos temporales se introduce la población estructurada por cohortes de edad, creándose así los Modelos Estructurados por Edades II y III, modelos definitivos de este trabajo. Esto provoca que la variable esperanza de vida al nacer por sexos ya no sea una variable de entrada, sino que pase a ser una variable calculada en cada modelo, con lo cual estos modelos adquieren mayor poder predictivo. En el Modelo Estructurado por Edades II se considera como variable independiente, en las funciones que calculan las tasas demográficas, el cociente entre la cohorte de edad y el producto entre los índices calidad de vida (el IDH, el IPG y el IDG). En el Modelo Estructurado por Edades III, se añade el IPH-2, el cual entra dividiendo a los tres índices anteriores.

Nuevamente la parte más compleja es la de encontrar una estructura matemática genérica que relacione las tasas de fertilidad y defunción definidas por edades con los índices de calidad de vida. Las funciones ajustadas han sido sumas de funciones Gaussianas. Se resalta en este caso la obtención de las tasas de defunción. Para ellas, la forma que toman los datos históricos en función de la edad ha obligado a utilizar funciones definidas por partes. Dichas funciones nuevamente han sido obtenidas gracias a los programas *Mathematica 7.0* y *Regint*, del mismo modo que para el caso temporal, aunque esta vez con coeficientes de determinación superiores al 0.99.

Los Modelos Estructurados por Edades II y III también han sido escritos con sus formulaciones determinista y estocástica y validados para los casos de España

y de Bélgica. Para el caso de España, en las primeras cohortes de edad (de 0 a 10 años) y en las cohortes de edad centrales (de 20 a 45 años de edad), ambos modelos en su formulación determinista no resultan validados, ya que los errores relativos en dichas cohortes son superiores al 5%, aunque nunca exceden el 12%.

Pero en el intento de perfeccionar dichas validaciones nos ponemos en contacto con el INE, de dónde se ha extraído toda la información referente a España, y nos comunica que los datos no son 100% fiables dado que las personas no siempre hacen lo que de ellas se espera. Por un lado, el empadronamiento de los niños al nacer no siempre se realiza en el mismo año en el que nacen, lo que provoca una incoherencia entre los nacimientos y la población de la cohorte de edad 0. Por otro lado, se suele dar el doble empadronamiento, lo que produce más gente censada y por tanto la sobrepoblación de las cohortes de edad centrales, es decir, en el tramo de edad 20 a 45 años (es en esas edades cuando existe más movimiento de personas entre ciudades). Por último, la inmigración no se contabiliza de forma exacta; se pueden tener inmigrantes en el censo que no se hayan contabilizado como inmigrantes, ya que los inmigrantes registrados como tales son aquellos que están de forma legal en nuestro país.

Así pues, para el caso de España, se recalcula la población “real” por sexos y cohortes de edad para el periodo 2001-2008 tratando de eliminar las incoherencias anteriormente mencionadas. Con esta población se vuelve a realizar la validación de la formulación determinista de los Modelos Estructurados por Edades II y III. Se observa que todos los errores relativos están por debajo del 5%. Por tanto, se pasa a la realización de la validación de la formulación estocástica para los dos modelos estructurados por edades, y se obtiene nuevamente una validación positiva, ya que los datos históricos se encuentran en el interior del intervalo generado por el simulador.

Para el caso de Bélgica, tan solo se observan, en el caso de la formulación determinista, errores relativos por encima del 5%, pero no superiores al 10% en las primeras cohortes de edad, con lo que se pasa a la formulación estocástica y su correspondiente validación, siendo ésta también positiva, nuevamente con datos históricos en el interior del intervalo calculado.

La problemática encontrada en ambos países, en mayor medida para el caso de España, es la inexactitud en los datos históricos obtenidos en los institutos estadísticos. Esto puede producirse también en cualquier otro país al que se le pretenda aplicar el modelo. Así pues, si como en el caso de España, se observa que esos errores son muy elevados, se sugiere aplicar una transformación a los datos como la que se ha realizado en este trabajo, así como informar al organismo correspondiente, para que pueden aplicar mejoras en la elaboración de los censos demográficos, que intenten paliar este tipo de errores en los datos.

Por otro lado, es importante reseñar que, en los dos países mencionados, se observa que las validaciones tanto deterministas como estocásticas son positivas en los 5 ó 6 primeros años simulados.

Por último, y para completar el estudio, se ha aplicado el Modelo Estructurado por Edades II para simular posibles situaciones futuras. Así han sido abordadas dos de las cuestiones que más preocupan hoy en día a la sociedad. Por un lado, la obtención de una sociedad sostenible demográficamente y por otro, incrementar la calidad de vida del país. Es decir, lo que se pretende es simular estrategias y escenarios para tratar de obtener una sociedad demográficamente estable, dónde la diferencia entre nacimientos y defunciones sea mínima, y en la que el Índice de Desarrollo Humano sea máximo, este índice recoge el nivel educativo, el nivel de salud y el nivel de ingresos de un país.

Para ayudar en el diseño de tales estrategias (valores para las variables de control) y escenarios (hipótesis para las variables de entrada no controladas), se deben obtener funciones del tiempo que se ajusten a la evolución pasada de todas las variables de entrada del modelo. Este ajuste se realiza mediante la herramienta informática *Regint* y, posteriormente, se extrapolan estas funciones con la herramienta *Extrapol*. Esta última herramienta permite obtener valores medios extrapolados (valores de tendencia) y los límites de un intervalo de confianza del 95% para cada año extrapolado de cada una de las variables de entrada al modelo.

Se consideran a título de ejemplo tres estrategias y once escenarios posibles. Las estrategias son: aumentar la participación de la mujer en el ámbito familiar, (Estrategia 1), potenciar la posición de la mujer dentro del ámbito laboral, (Estrategia 2) y, mantener la tendencia que se tiene hasta el momento (Estra-

tegia 3). Los escenarios planteados son todas las combinaciones posibles y lógicas entre aumentar, disminuir o mantener los valores tendenciales de los ingresos femeninos, masculinos y el producto interior bruto.

Para abordar ambos objetivos se plantea una variable objetivo conjunta. Esta consiste en normalizar los resultados obtenidos de las dos variables anteriores y ponderar la importancia de cada una de ellas. En nuestro caso, a modo de ejemplo, consideramos un peso del 50% para cada una de ellas. La mejor Estrategia ha resultado ser la 2.

Para finalizar, se han presentado los nuevos índices definidos por la ONU, encontrados en el Informe sobre Desarrollo Humano presentado en Octubre del 2010, (*UNDP*, 2010). Estos índices son: IDH-D, IDH-Híbrido, IDG-2010, IPM (Índice de Pobreza Multidimensional). De estos cuatro, tan sólo hemos podido realizar validaciones para nuestro Modelo Temporal I, para el caso del IDH-Híbrido y para el caso del IDG-2010, ya que es de estos de los únicos que se obtienen datos históricos suficientes. Las tasas de fertilidad y defunción han sido ajustadas nuevamente para cada uno de ellos, obteniendo un buen ajuste de las mismas, así como una validación, tanto determinista cómo estocástica, con unos coeficientes de determinación por encima del 0.96, unos errores relativos por debajo del 3% y los datos históricos en el interior de los intervalos obtenidos. Todo esto, tanto para España como para Bélgica.

Además, se aprecia una mejora sustancial, para la formulación determinista (mayores coeficientes de determinación y menores errores relativos), y para la formulación estocástica (todos los valores históricos se encuentran en el interior del intervalo de confianza correspondiente), si se comparan estas validaciones con las correspondientes realizadas para el IDH antiguo (comparable con el IDH-Híbrido) y para el IDG y el IPG antiguos (comparables con el IDG-2010).

Se debe reseñar que el caso de Bélgica sólo ha sido validado, tanto determinista como estocásticamente, para el IDH-Híbrido, ya que del IDG-2010 no existen datos históricos para el periodo 2001-2004.

De la construcción de los modelos, tanto temporales como estructurados por edades, tal y como se ha mencionado anteriormente, la etapa más complicada

ha sido la obtención de las estructuras matemáticas de las tasas demográficas. En la literatura existente, sobre modelos matemáticos demográficos que estudian poblaciones humanas no existen o, al menos, no se han encontrado modelos que relacionen las tasas demográficas con los índices calidad de vida. Así pues, la obtención de las referidas estructuras ha constituido un trabajo de ensayo y error hasta dar con las fórmulas que han sido presentadas en este estudio. El paso más importante que se dió en esta dirección fue la observación gráfica de las posibles relaciones entre las tasas de fertilidad y mortalidad respecto de cada índice por separado, de una muestra de países de los que se tenían suficientes datos históricos, los países pertenecientes a la OCDE. Tras observar un patrón de evolución cíclico, se intenta el ajuste de las funciones respecto a estos índices mediante logísticas, pero la escasez de datos hace imposible continuar por ese camino. De ahí que la mejor opción a considerar resulte la elección de la función coseno para representar dicho patrón.

Estas mismas estructuras matemáticas, obtenidas para cada índice, se mantienen para la interacción entre los mismos. Otro punto a considerar es cómo interactúan, pero esto no nos plantea ningún problema, ya que por su definición sabemos que el IDH, el IDG y el IPG, mantienen una relación directa con las tasas, con lo que los multiplicamos los tres y, por el contrario, con el IPH-2 la relación es inversa, con lo que lo introducimos dividiendo a los anteriores. Así se crean el Modelo Temporal II con la interacción del IDH, el IDG y el IPG y el Modelo Temporal III con la interacción del IDH, el IDG, el IPG y el IPH-2, y se observa que nuevamente son unas estructuras que ajustan muy bien a los datos superando los grados de ajuste ( $R^2$ ) obtenidos con cada índice individualmente, lo que confirma que la interacción existe.

De forma análoga se trabaja para el caso de los Modelos Estructurados por Edades II y III. Pero como la forma en la que interactúan los índices se mantiene como en los modelos anteriores, tan sólo se debe observar el comportamiento de las tasas respecto a las cohortes de edad. Así, se observa que la variable independiente, en este caso, debe ser el cociente entre las cohortes de edad y el producto del IDH, el IPG y el IDG, para el caso del Modelo Estructurado por Edades II, con la introducción del IPH-2 de manera inversa a los otros tres en el caso del Modelo Estructurado por Edades III. Se debe reseñar también que para el caso de las defunciones, el mejor ajuste se obtuvo con la

omisión del IPG.

Con todo esto podemos afirmar que las estructuras matemáticas obtenidas, que relacionan las tasas de defunción y fertilidad con los índices de calidad de vida definidos por la ONU, tanto en los Modelos Temporales I, II y III, como en los Modelos Estructurados por Edades II y III, son estructuras extrapolables a cualquier país. Así, se dispone de una herramienta para que la demografía y la calidad de vida de los países pueda ser estudiada desde diferentes ámbitos: económicos, laborales, educacionales y de salud.

Se debe destacar que por la forma en que se ha creado el modelo y las variables que lo contienen se trata de un Modelo Global o modelo “del Mundo” en construcción por subsistemas. En este trabajo se han considerado, aunque algunos de manera muy sucinta, el subsistema demográfico, el económico, el educacional y el de sanidad, pero todos ellos son ampliables. Además, en futuras investigaciones se puede plantear la mejora de la sostenibilidad y de la calidad de vida desde otros puntos de vista distintos, por ejemplo, ambiental, laboral o cultural. Para ello habrá que ampliar estos modelos presentados introduciendo nuevas variables y relacionarlas con las tasas de fertilidad, con las tasas de defunción o con las variables que sean necesarias.

Por último y en esta línea, un próximo trabajo posible, sería ampliar nuestro Modelo profundizando en el aspecto macroeconómico y laboral y así tratar de enfocar de manera actualizada el problema del desempleo. Un paso más sería que se pudieran considerar varios países o regiones, para así poder ajustar las tasas de migración en función de las variables de bienestar de los países implicados. Pero para poder realizar con garantías un proyecto de esas características habría antes que resolver un problema al que nos hemos tenido que enfrentar: la obtención de datos históricos de distintos países, desarrollados o no. Hay países como Méjico o Marruecos, e incluso Bélgica, de los cuáles no se puede extraer la información suficiente para validar los modelos que presentamos. Por ello, desde aquí, se pide a los organismos responsables que potencien la elaboración de estadísticas fidedignas del propio país, ya que con ellas se podrían realizar estudios más adecuados para dar solución a problemas bien patentes. Hemos constatado que son los países que más ayuda necesitan, aquellos de los que no se puede extraer información suficiente para

realizar un estudio apropiado a tal fin.

En conclusión podemos decir que la principal aportación de este trabajo ha sido:

La construcción de un modelo socio-demográfico dinámico abstracto universal para el estudio de la sostenibilidad demográfica en relación con factores de calidad de vida y con distinción de sexos y cohortes de edad.

Para ello ha sido necesaria la construcción previa de modelos temporales definidos por sexos:

Modelo Temporal I con IDH (Caselles et al., 2008).

Modelo Temporal I con IDG (Sanz et al., in press).

Modelo Temporal I con IPG.

Modelo Temporal I con IPH-2.

Modelo Temporal II con IDH, IDG, IPG (Sanz et al., 2011).

Modelo Temporal III con IDH, IDG, IPG, IPH-2.

De todos ellos se han mostrado las validaciones de las formulaciones determinista y estocástica, las cuáles han sido exitosas. Además pueden ser extrapolables a cualquier país.

Se ha utilizado este modelo para hacer predicciones en un futuro, aportación muy útil en cualquier ámbito.

El modelo presentado se trata de un modelo único, nunca antes estudiado. Es una parte del Modelo Mundo que será ampliable en futuras investigaciones.





## **Bibliografia**

---



- 
- Alho, J. M., Spencer, B. D. (2005). *Statistical Demography and Forecasting*. Springer, 166-193.
- Almeder, C. (2004). *Solution methods for age-structured optimal control models with feedback*. Springer, 197-203.
- Anand, S., K. Sen, A. (1994). *Human Development Index: Methodology and Measurement*. Human Development Report Office Occasional Paper, 12.
- Andrea, G., Jolly, R., Stewart, F. (1987). *Ajuste con rostro humano*. Siglo XXI de España, 1, 8.
- Anita, S., Iannelli, M., Kim, M. Y., Park, E. J. (1998). *Optimal harvesting for periodic age-dependent population-dynamics*. SIAM Journal on Applied Mathematics, 58:5, 1648-1666.
- Bacaër, N., Abdurahman, X., Ye, J. (2006). *Modeling the HIV=AIDS epidemic among injecting drug users and sex workers in Kunming, China*. Bulletin of Mathematical Biology, 68, 525-550.
- Barbu, V., Iannelli, M., Martcheva, M. (2001). *On the controllability of the Lotka-McKendrick model of population dynamics*. Journal of Mathematical Analysis and Applications, 253:1, 142-165.
- Bennet, F. (1992). *Inverse Methods in Physical Oceanography*. Cambridge Monographs on Mechanical and Applied Mathematics, Cambridge University Press.
- Bongaarts, J., Potter, R.G. (1983). *Fertility, Biology, and Behavior: An Analysis of the Proximate Determinants*. New York Academic Press.
- Boumans, R., Costanza, R., Farley, J., Wilson, M., Portel, R., Rotmans, J., Villa, F., Grasso, M. (2002). *Modeling the dynamics of the integrated earth system and the value of global ecosystem services using the GUMBO model*. Ecological Economics, 529-560.
- Bréchet, T., Lambrecht, S. (2009). *Family Altruism with Renewable Resource and Population Growth*. Mathematical Population Studies, 16: 1, 60-78.
- Brown, L. R., Mitchell, J. (1998). *Building a New Economy*, in: L.R. Brown, C. Flavin H. French (Eds.) *The State of the World* (New York, W.W. Norton).
- Canh, N.T. (2003). *El Desafío de la Población (The population challenge)*. Ses-

ión Pública del Sudeste Asiático. Vietnam. <http://www.eurosur.org/futuro/03.htm>.

Caselles, A. (1992a). *Simulation of Large Scale Stochastic Systems*. In *Cybernetics and Systems'92*. R. Trappl (ed.). World Scientific, 221-228.

Caselles, A. (1992b). *Structure and Behavior in General Systems Theory*. *Cybernetics and Systems: An International Journal*. 23, 549-560.

Caselles, A. (1993). *System Decomposition and coupling*. *Cybernetics and Systems: An International Journal*. 24, 305-323.

Caselles, A. (1994). *Improvements in the Systems Based Program Generator SIGEM*. *Cybernetics and Systems: An International Journal*. 25, 81-103.

Caselles, A. (1998). *A tool for discovery by complex function fitting*. In *Cybernetics and Systems Research'98*. R. Trappl (ed.). Austrian Society for Cybernetic Studies, 787-792.

Caselles, A. (2008) *Modelización y simulación de sistemas complejos (Modeling and simulation of complex systems)*. Universitat de València. Valencia. (Available in <http://www.uv.es/caselles> as well as SIGEM).

Caselles, A., Micó, J.C., Soler, D., Sanz, M.T. (2008). *Population Growth and Social Well-being: A Dynamic Model Approach*. Proceedings of the 7th Congress of the UES (Systems Science European Union).

Caswell, H., Weeks, D. E. (1986). *Two-sex models: Chaos, extinction, and other dynamic consequences of sex*. *The American Naturalist*, 128:5, 707-735.

Chowdhury, M., Allen, E. J. (2001). *A Stochastic Continuous-Time Age-Structured Population-Model*. *Nonlinear Analysis-Theory Methods & Applications*, 47: 3, 1477-1488.

Clemons, C. B., Hariharan, S. I., Quinn, D. D. (2001). *Amplitude equations for time solutions of the McKendrick equations*. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 62:2, 684-705.

COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO (1988). *Nuestro Futuro Común*. Madrid: Alianza.

- Croix, D., Sommacal, A. (2009). *A Theory of Medical Effectiveness, Differential Mortality, Income Inequality and Growth for Pre-Industrial England*. Mathematical Population Studies. 16:1, 2-3.
- Cummings, W. (1975). *Two-Worlds Dynamics*. MIT.
- Delors, J. (1996). *La educación encierra un tesoro*. Ediciones Unesco.
- Diamond, J. (2006). *Colapso*. Debate
- Djidjeli, A., Price, A., Temarel, E. H., Twizell, B. (1998). *Partially implicit schemes for the numerical solutions of some non-linear differential equations*. Applied Mathematics and Computation 96, 177-207.
- Dubey, B. (2010). *A model for the effect of pollutant on human population dependent on a resource with environmental and health policy*. Journal of Biological Systems, 18, 571-592.
- Ehrlich, P.R., Ehrlich, A.H. (1994). *La explosión demográfica. El principal problema ecológico*. Salvat.
- Farkas, J. Z. (2004). *Stability conditions for the non-linear McKendrick equations*. Applied Mathematics and Computation, 156, 771-777.
- Feichtinger, G., Tragler, G., Veliov. (2003). *Optimality conditions for age structured control systems*. Journal of Mathematical Analysis and Applications, 288, 47-68.
- Folch, R. (1998). *Ambiente, emoción y ética*. Ed. Ariel.
- Forrester, J. W. (1961). *Industrial Dynamics*. Pegasus Communications.
- Forrester, J. W. (1969). *Urban Dynamics*. Pegasus Communications.
- Forrester, J. W. (1971). *World Dynamics*. Wright-Allen Press.
- Gil Pérez, D., Vilches, A., Toscano, J.C., Macías, O. (2006). *Década de la Educación para un futuro sostenible (2005-2014). Un necesario punto de inflexión en la atención a la situación del planeta*. Revista Iberoamericana de Educación, 40, 125-178.
- Guo, B.-Z., Sun, B. (2005). *Numerical solution to the optimal birth feedback*

*control of a population dynamics: viscosity solution approach*. Optimal Control Applications and Methods, 26, 229-254.

Ham, G. et al. (1990). *Sensitivity analysis by metamodels and experimental designs, applied to the greenhouse simulation model IMAGE*. Kwantitatieve Methoden, Heiloo.

Holland, H. D. (1984). *The Chemical Evolution of the Atmosphere and Oceans*. Princeton University Press.

Hopcroft, R.L., Whitmeyer, J.M. (2010). *A Choice Model of Occupational Status and Fertility*. The Journal of Mathematical Sociology, 34: 4, 283-300.

Hritonenko, N., Yatsenko, Y. (2008). *Can Technological Change Sustain Retirement in an Aging Population?* Mathematical Population Studies. 15: 2, 96-113.

Hughes, B.B. (1980). *World Modeling: The Mesarovic-Pestel. World Model in the context of Its Contemporaries*. Lexington Books.

Inaba, H. (2001). *Kermack and McKendrick revisited: The variable susceptibility model for infectious diseases*. Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics, 18:2, 273-292.

Keifitz, N. (1977). *Discontinuous Galerkin methods for the Lotka-McKendrick equation with definite life-span*. Mathematical Models and Methods in Applied Sciences, 16, 161-176.

Kickert, R.N., Tonella, G., Simonov, A., Krupa, S. V. (1999). *Predictive modeling of effects under global change. Environmental Pollution*. Elsevier.

Kim, M.-Y. (2006). *Discontinuous Galerkin methods for the Lotka-McKendrick equation with definite life-span*. Mathematical Models and Methods in Applied Sciences, 16, 161-176.

Krugman, P. (1997). *Development, Geography and Economic Theory*. MIT Press.

Land, K. C., Yang, Y., Yi, Z. (2005). *Handbook of Population*. Mathematical Demography, Springer.

Leguina, J. (1971). *La población estable límite: Lotka versus Keyfitz*. Revista Estadística Española, 53, 45-60.

- Letellier C., Elaydi S., Aguirre L.A., Alaoui A. (2004). *Difference equations versus differential equations, a possible equivalence for the Rossler system?* Physica D: Nonlinear Phenomena, 195, 29-49.
- Lewis, J. S., Prinn, R.G. (1984). *The Planets and Their Atmospheres*. Academic Press.
- Marchetti, C., Meyer, P. S., Ausubel, J. H. (1996). *Human Population Dynamics Revisited with the Logistic Model: How Much Can Be Modeled and Predicted?* Technological Forecasting and Social Change, 52, 1-30.
- Mason, K. (1995). *Gender and Demographic change: What do we know?*. International Union for the Scientific Study of Population. ISBN 2-87108-052-14.
- Max, M. (1997). *Human scale development*. CEPAAUR. Medellín.
- Meadows, Donella H. (1972). *The Limits to Growth*. Potomac Associates.
- Meadows, Donella H, Forrester, J.W (1992). *Beyond the Limits*. Doubleday Press.
- Michael, R. H., Kenneth C. L. (2007). *Constructing Summary Indices of Quality of Life: A Model for the Effect of Heterogeneous Importance Weights*. Sociological Methods and Research, 35, 455-496.
- Micó, J.C., Caselles, A. (1998). *Space-Time Simulation for Social Systems*. Cybernetics and Systems'98, R. Trappl, ed., Austrian Society for Cybernetics Studies, 486-491.
- Micó, J.C., Caselles, A., Soler, D. (2006). *Age-Structured Human Population Dynamics*. Journal of Mathematical Sociology, 30, 1-31.
- Micó, J.C., Caselles, A., Soler, D., Sanz T., Martínez, E. (2008). *A Side-by-Side Single Age-Structured Human Population Dynamic Model: Exact Solution and Model Validation*. Journal of Mathematical Sociology, 32, 285-321.
- Mischler, S., Perthame, B., Ryzhik, L. (2002). *Stability in a nonlinear population maturation model*. Mathematical Models and Methods in Applied Sciences, 12, 1751-1772.
- Mosley, W.H. Chen, L.C. (1984). *An analytical framework for the study of child survival in developing countries*. The Population Council, 25-45. (Supplement to

volume 10 of Population and Development Review).

Mukandavire, Z., Garira, W., Tchuente, J.M., (2009). *Modelling effects of public health educational campaigns on HIV/AIDS transmission dynamics*. Applied Mathematical Modelling, 33, 2084-2095.

Murphy, L. F., Smith, S. J. (1991). *Maximum sustainable-yield of a nonlinear 890 population model with continuous age structure*. Mathematical Biosciences, 104(2), 259-270.

Norhayati, H., Wake, G.C. (2003) *The solution and the stability of a non-linear age-structured population model*. ANZIAM Journal of Applied Mathematics, 45, 153-165.

Noymer, A. (2001). *The transmission and persistence of urban legends: sociological 895 application of age-structured epidemic models*. Journal of Mathematical Sociology, 25:3, 299-323.

OMS. (1996). *WHOQOL-BREF. Introduction, Administration, Scoring and Generic version of the assessment*. Programme on mental Health.

Onishi, A. (2002). *FUGI global modeling system (FGMS200) Integrated global model for sustainable development*. Journal of Policy Modeling, 24, 561-590.

Patten, S. B. (1999). *Epidemics of violence*. Medical Hypotheses, 53:3, 217-220.

Pla-López R., Castellar V. (1994). *Model of Geographical-Social Evolution*. R. Trappl ed., Cybernetics and Systems'94, World Scientific, 1, 1049-1056

Pollak, R. A. (1986). *A reformulation of the two-sex problem*. Demography, 23:2, 247-259.

Pollak, R. A. (1990). *Two-Sex Demographic Models*. Journal of Political Economy, University of Chicago Press, 98:2, 399-420.

Sachs, J. (2008). *Economía para un planeta abarrotado*. Debate.

Sanz, M.T. (2008) *Equivalencia de los Modelos para el Estudio de la Dinámica de Poblaciones*. Tesis Máster en Investigación Matemática. Universidad Politécnica de Valencia

Sanz, M.T., Micó, J.C., Caselles, A., Soler, D. (2011). *Demography and Well-*



- 
- being*. 8th Congress of the European Union of Systemics EUS. PUBLICACIÓN: Actas del congreso.
- Sanz, M.T., Micó, J.C., Caselles, A., Soler, D. (in press). *A stochastic model for population and well-being dynamics*. Journal of Mathematical Sociology.
- Sartori, G. y Mazzoleni, G. (2003). *La Tierra explota. Superpoblación y Desarrollo*. Taurus.
- Schoen, R. (1988). *Modeling Multigroup Populations*. Plenum Press, 119-208.
- Segarra, J., Jeger, M. J., Vandenbosch, F. (2001). *Epidemic dynamics and patterns of plant diseases*. Phytopathology, 91:10, 1001-1010.
- Sen, A. (2000). *Desarrollo y libertad*. Ed. Planeta.
- Swart, R. J. et al. (1988). *State of affairs and perspectives of the greenhouse problem: presentation of IMAGE for the Dutch parliament*. Report No. 758471005, RIVM.
- Takada, T., Caswell H. (1997). *Optimal size at maturity in size-structured populations*. 910 Journal of Theoretical Biology, 187:1, 81-93.
- Turner, G. M., Hoffman, R., McInnis, B. C., Poldy, F., Foran, B. (2011). *A tool for strategic biophysical assessment of a national economy – The Australian stocks and flows framework*. Environmental Modelling & Software. 26:9, 1134-1149.
- UNDP. (1990-2011). *Human Development Report 1990*. Oxford University Press. New York, Oxford. <http://hdr.undp.org/en/>
- UNDP (2010). *Objetivos de Desarrollo del Milenio Informe 2010 (MDG Report 2010)*. Naciones Unidas. New York.
- Webb, G. F. (1985). *Theory of Nonlinear Age-Dependent Population Dynamics*. Marcel Dekker, Inc., 217-289.
- Wolfram, S. Mathematica. (1992). *A System for Doing Mathematics by Computer*. Addison-Wesley Publishing Company Inc.
- Zajacova, A., Goldman, N. Rodriguez, G. (2009). *Unobserved Heterogeneity Can Confound the Effect of Education on Mortality*. Mathematical Population Studies. 16: 2, 153-173.



## **Apéndice I**

---

Datos Auxiliares Modelos Temporales I, II y III



## I.1. Listado de Variables por Subsistemas

### Demografía

- DEFH** Defunciones de hombres totales [población] (variable de nivel)
- DEFM** Defunciones de mujeres totales [población] (variable de nivel)
- POBB** Población a principio de año [población] (variable auxiliar)
- POBL** Población a final de año por cohortes [población] (variable auxiliar)
- POHH** Población de hombres a principio de año [población] (variable auxiliar)
- POHI** Población de hombres a principio de año por cohortes [población] (constante)
- POHL** Población de hombres a final de año por cohortes [población] (variable auxiliar)
- POMI** Población de mujeres a principio de año por cohortes [población] (constante)
- POML** Población de mujeres a final de año por cohortes [población] (variable auxiliar)
- POMM** Población de mujeres a principio de año [población] (variable auxiliar)
- PRPV** Proporción de hombres [población hombres/población total] (variable auxiliar)
- PRPM** Proporción de mujeres [población mujeres/población total] (variable auxiliar)
- TDEH** Tasa de defunción de hombres por cohortes [defunciones hombres/población hombres] (variable auxiliar)
- TDEM** Tasa de defunción de mujeres por cohortes [defunciones mujeres/población mujeres] (variable auxiliar)
- TEMH** Tasa de emigración de hombres [emigrantes hombres/población hombres] (variable auxiliar)
- TEMI** Tiempo inicial [años] (constante)
- TEMM** Tasa de emigración de mujeres [emigrantes mujeres/población mujeres] (variable auxiliar)
- TEMS** Tiempo [años] (variable de nivel)
- TINH** Tasa de inmigración de hombres [inmigrantes hombres/población hombres] (variable auxiliar)
- TINM** Tasa de inmigración de mujeres [inmigrantes mujeres/población mujeres] (variable auxiliar)
- TNAH** Tasa de natalidad de hombres por cohortes [nacimientos hombres/población mujeres] (variable auxiliar)
- TNAM** Tasa de natalidad de mujeres por cohortes [nacimientos mujeres/población mujeres] (variable auxiliar)
- XACH** Nacimientos de hombres totales [población] (variable de nivel)
- XACM** Nacimientos de mujeres totales [población] (variable de nivel)

### Índice de Desarrollo Humano

- ESPV** Esperanza de vida al nacer [años] (variable auxiliar)
- PAAF** Tasa de población adulta alfabetizada [%] (variable auxiliar)
- PIBR** Producto interior bruto [PPP US\$] (variable de entrada)
- POME** Tasa de población matriculada escolarmente [%] (variable auxiliar)

**YEDU** Índice educacional [%] (variable auxiliar)  
**YEPV** Índice de esperanza de vida al nacer [%] (variable auxiliar)  
**YPAA** Índice de población adulta alfabetizada [%] (variable auxiliar)  
**YPIB** Índice del producto interior bruto [%] (variable auxiliar)  
**YPOM** Índice de población matriculada escolarmente [%] (variable auxiliar)  
**XIDH** Índice de Desarrollo Humano [%] (variable auxiliar)  
**XIDI** Índice de Desarrollo Humano a principio de año [%] (variable auxiliar)

### **Índice de Diferenciación Género**

**AAHO** Porcentaje de población de hombres adultos alfabetizados [%](variable de entrada)  
**AAMU** Porcentaje de población de mujeres adultas alfabetizadas [%] (variable de entrada)  
**BMHO** Porcentaje de población de hombres matriculados escolarmente [%](variable de entrada)  
**BMMU** Porcentaje de población de mujeres matriculadas escolarmente [%](variable de entrada)  
**EVMU** Esperanza de vida al nacer de las mujeres [años] (variable de entrada)  
**EVHO** Esperanza de vida al nacer de los hombres [años] (variable de entrada)  
**XIDG** Índice de Diferenciación de Género [%](variable auxiliar)  
**XIGI** Índice de Diferenciación de Género a principio de año [%](variable auxiliar)  
**YAAH** Índice de población de hombres adultos alfabetizadas [%](variable auxiliar)  
**YAAM** Índice de población de mujeres adultas alfabetizadas [%](variable auxiliar)  
**YBMH** Índice población de mujeres matriculada escolarmente [%](variable auxiliar)  
**YBMM** Índice población de mujeres matriculada escolarmente [%](variable auxiliar)  
**YEID** Índice de Educación Igualmente Distribuido [%](variable auxiliar)  
**YEMU** Índice de educación de mujeres [%](variable auxiliar)  
**YEVA** Índice de educación de hombres [%](variable auxiliar)  
**YEVD** Índice de Esperanza de Vida Igualmente Distribuido [%](variable auxiliar)  
**YEVH** Índice esperanza de vida hombres [%](variable auxiliar)  
**YEVH** Índice esperanza de vida mujeres [%](variable auxiliar)  
**YIHD** Índice de Ingresos Igualmente Distribuidos [%](variable auxiliar)  
**YIMU** Índice de ingresos de mujeres [%](variable auxiliar)  
**YIVA** Índice de ingresos de hombres [%](variable auxiliar)  
**YMUJ** Ingresos de mujeres [PPP US\$] (variable de entrada)  
**YVAR** Ingresos de hombres [PPP US\$] (variable de entrada)

### **Índice de Potenciación de Género**

**AEMU** Porcentaje de participación de altos cargos femeninos [%](variable de entrada)  
**AEVA** Porcentaje de participación de altos cargos masculinos [%](variable auxiliar)  
**EPID** Porcentaje de participación parlamentaria [%](variable auxiliar)  
**EPIH** Porcentaje de participación parlamentaria de hombres [%](variable auxiliar)  
**EPIM** Porcentaje de participación parlamentaria de mujeres [%](variable de entrada)

---

**PEID** PEID Medio [%](variable auxiliar)  
**PMUJ** Participación de profesionales hembras [%](variable de entrada)  
**PPTE** PEID sin indexar [%](variable auxiliar)  
**PPTI** PEID Indexado de profesionales [%](variable auxiliar)  
**PVAR** Participación de profesionales Hombres [%](variable auxiliar)  
**XAAE** PEID sin indexar [%](variable auxiliar)  
**XAEI** PEID Indexado de altos cargos [%](variable auxiliar)  
**YIIC** Ingresos totales [%] (variable auxiliar)  
**XIPG** Índice de Potenciación de Genero [%] (variable auxiliar)  
**XIPI** Índice de Potenciación de Genero a principio de año [%] (variable auxiliar)  
**YMUI** Índice de ingresos mujeres [PPP US\$] (variable auxiliar)  
**YVAI** Índice de ingresos hombres [PPP US\$] (variable auxiliar)

### **Índice de Pobreza Humana Países OCDE**

**PDES** Tasa de desempleo de larga duración [%](variable de entrada)  
**PPUP** Porcentaje de población por debajo del umbral de pobreza de ingresos [%](variable de entrada)  
**XIHI** Índice de Pobreza Humana a principio de año [%] (variable auxiliar)  
**XIPH** Índice de Pobreza Humana [%] (variable auxiliar)  
**YACA** Porcentaje de adultos que carecen de aptitudes funcionales [%](variable de entrada)  
**YPNN** Porcentaje de gente que no sobrevive a los 60 años [%](variable de entrada)





1.2. 1.2 Diagrama de Forrester

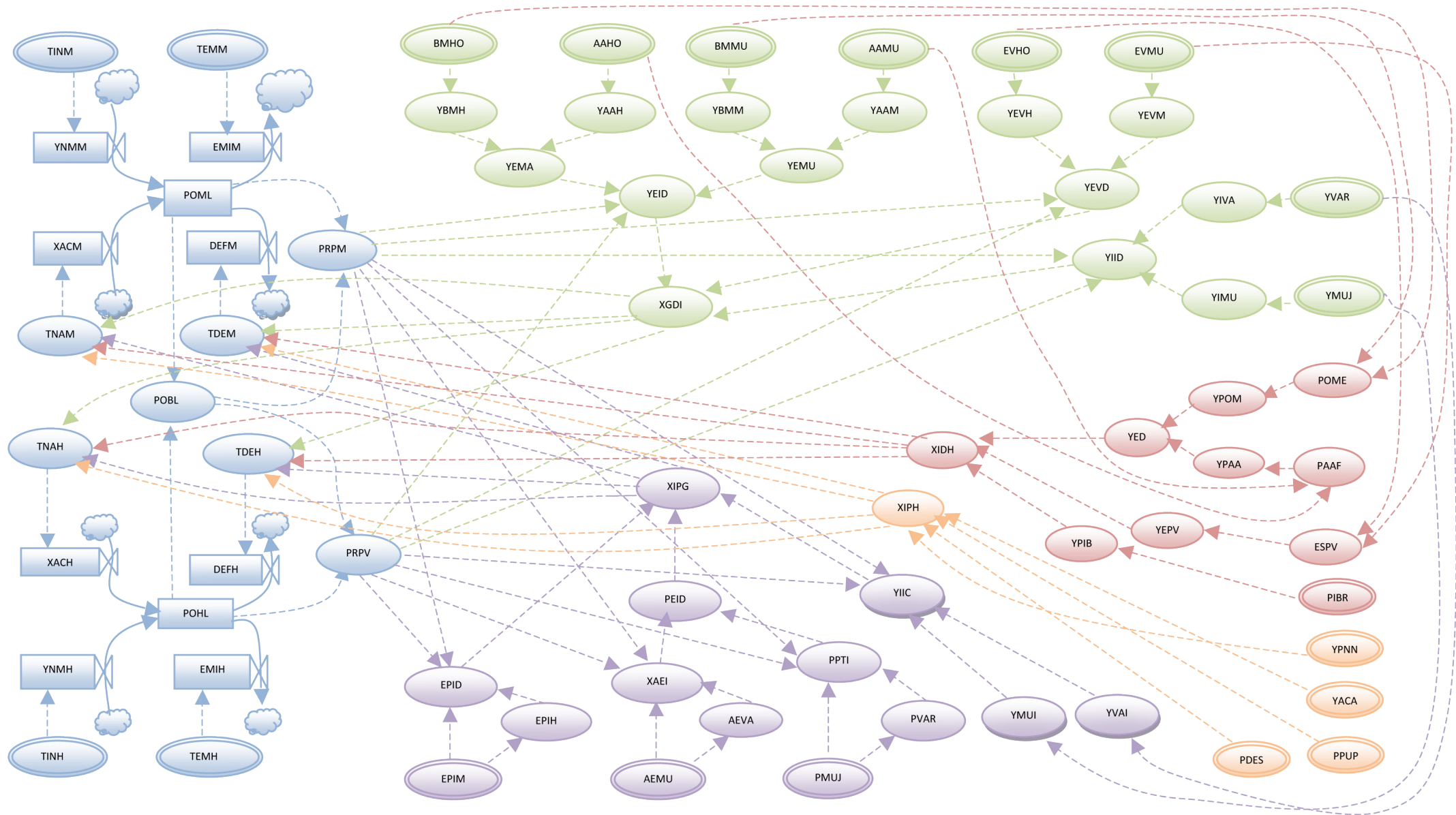


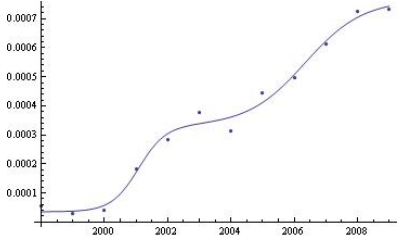
Figura 1: Diagrama de Forrester correspondiente al Modelo Temporal III. Contiene los índices de la ONU: IDH, IDG, IPG, IPH-2.



### I.3. Tasas Demográficas por países.

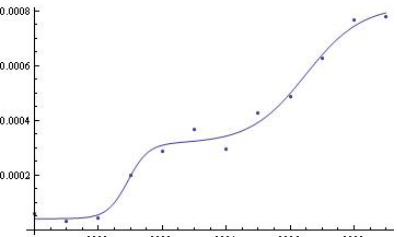
#### I.3.1. ESPAÑA

#### Tasas Migratorias para los Modelos Temporales I, II y III

<b>TEMM(t)</b>			
$\eta_i$	0.0000349889		
$\alpha_i$	2.3527		
$\beta_i$	0.000296282		
$\gamma_i$	1317.96		
$\mu_i$	1998		
$\delta_i$	0.000434014		
$\rho_i$	4.40147		
$\sigma_i$	1.10158		
$\tau_i$	2005		
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>	<b>Desviación típica del error</b>
$\begin{pmatrix} 0.681398906956 & -0.441847716373 \\ -0.441847716373 & 0.973286296012 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.701929$ $T_2 = 0.265087$	s=0.000028

**Figura 26:** Función ajustada (línea) datos reales (puntos) para la Tasa de Emigración de Mujeres en España, en el periodo 1998-2009.  $R^2 = 0.989979$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 12) > 0.223816$ , con un nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

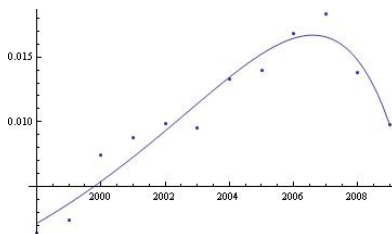
**Tabla 1.** Valores de los parámetros para la tasa de emigración de mujeres, *TEMM(t)*. España.

<b>TEMH(t)</b>			
$\eta_i$	0.0000414601		
$\alpha_i$	3.11671		
$\beta_i$	0.000275036		
$\gamma_i$	398.877		
$\mu_i$	1999		
$\delta_i$	0.000504391		
$\rho_i$	5.5242		
$\sigma_i$	1.1478		
$\tau_i$	2005		
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>	<b>Desviación típica del error</b>
$\begin{pmatrix} 0.630075239574 & -0.382347771554 \\ -0.382347771554 & 0.935081165806 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.715161$ $T_2 = 0.253051$	s=0.000029

**Figura 27:** Función ajustada (línea) datos reales (puntos) para Tasa de Emigración Masculina en España, en el periodo 1998-2009.  $R^2 = 0.990007$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 12) > 0.237642$ , con un nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 2.** Valores de los parámetros para la tasa de emigración de hombres, *TEMH(t)*. España.

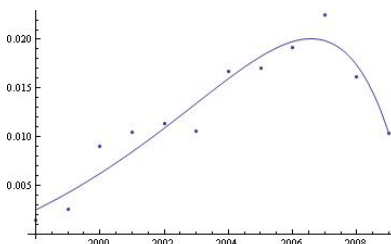
<b>TINM(t)</b>	
$\eta_i$	-0.00717147
$\alpha_i$	0.208055
$\beta_i$	11623
$\gamma_i$	5098.68
$\mu_i$	1998
$\delta_i$	-40062.3
$\rho_i$	5059.09
$\sigma_i$	0.208247
$\tau_i$	2004
<b>Matriz C</b>	
$\begin{pmatrix} 808414206414 & -2787800501894 \\ -2787800501894 & 9613678673925 \end{pmatrix}$	
<b>Medias de las transformadas</b>	
$T_1 = 0.000786$ $T_2 = 0.000228$	
<b>Desviación típica del error</b>	
s=0.001410	



**Figura 28:** Función ajustada (línea) datos reales (puntos) para Tasa de Inmigración de Mujeres en España, en el periodo 1998-2009.  $R^2 = 0.93919$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 12) > 0.137063$ , con un nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 3.** Valores de los parámetros para la tasa de inmigración de mujeres,  $TINM(t)$ . España.

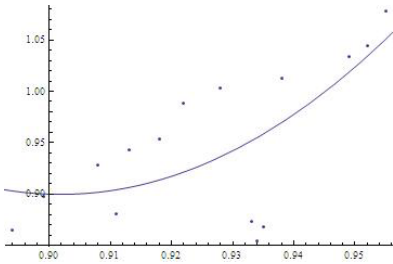
<b>TINH(t)</b>	
$\eta_i$	-0.00721042
$\alpha_i$	0.223063
$\beta_i$	-101817
$\gamma_i$	27975.4
$\mu_i$	1998
$\delta_i$	31852.7
$\rho_i$	2290.84
$\sigma_i$	0.222935
$\tau_i$	2004
<b>Matriz C</b>	
$\begin{pmatrix} 808414206414 & -2787800501894 \\ -2787800501894 & 9613678673925 \end{pmatrix}$	
<b>Medias de las transformadas</b>	
$T_1 = 0.000161$ $T_2 = 0.000516$	
<b>Desviación típica del error</b>	
s=0.001948	



**Figura 29:** Función ajustada (línea) datos reales (puntos) para Tasa de Inmigración Masculina en España, en el periodo 1998-2009.  $R^2 = 0.922708$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 12) > 0.141403$ , con un nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

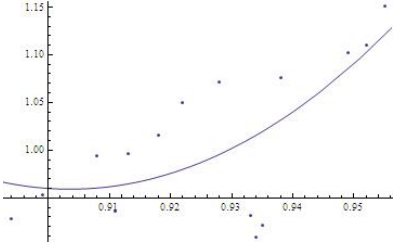
**Tabla 4.** Valores de los parámetros para la tasa de inmigración de hombres,  $TINH(t)$ . España.

**Tasas Demográficas para el Modelo Temporal I, IDH.**

<b><i>TNAM(idh)</i></b>		
$\alpha_i$	6.59135043486376e4	
$\beta_i$	-9.650920149736339e1	
$\gamma_i$	-6.907675795378830e4	
$\mu_i$	0.040310	
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>
$\begin{pmatrix} 2132131 & 943525535997 \\ 943525535997 & 1418284068 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.926000$ $T_2 = 0.999400$
		<b>Desviación típica del error</b>
		s=0.059133

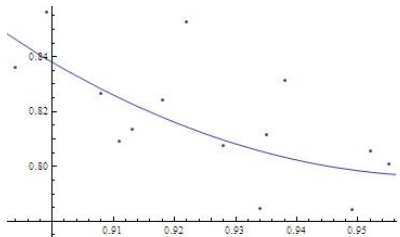
**Figura 30:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Mujeres (por cien) en España, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.458563$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.122841$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 5.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de mujeres, *TNAM(idh)*. España.

<b><i>TNAH(idh)</i></b>		
$\alpha_i$	8.697664168561685e4	
$\beta_i$	-1.1069091453409e2	
$\gamma_i$	-8.6925674968788e4	
$\mu_i$	0.037543	
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>
$\begin{pmatrix} 2134944 & 1255525609218 \\ 1255525609218 & 1637138920 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.925933$ $T_2 = 0.999396$
		<b>Desviación típica del error</b>
		s=0.062944

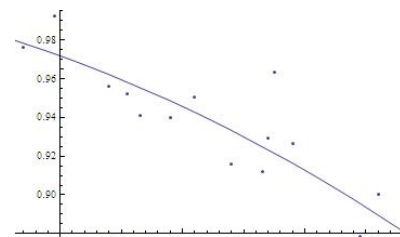
**Figura 31:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Hombres (por cien) en España, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.461886$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.115263$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 6.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de hombres *TNAH(idh)*. España.

<b>TDEM(idh)</b>		
$\alpha_i$	7.091072595720485e3	
$\beta_i$	-1.941721275298328e1	
$\gamma_i$	-7.08091627173392e3	
$\mu_i$	0.053338	
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>
$\begin{pmatrix} 2127848 & 307260289673 \\ 307260289673 & 808542672 \end{pmatrix}$		$T_1=0.925933$ $T_2=0.998780$
		<b>Desviación típica del error</b>
		$s=0.020325$

**Figura 32:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Mujeres (por cien) en España, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.392265$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.136721$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

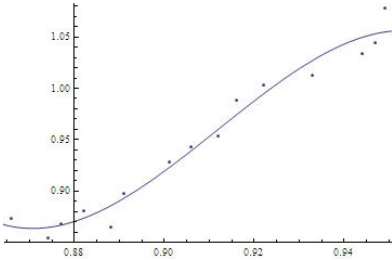
**Tabla 7.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres, *TDEM(idh)*. España.

<b>TDEH(idh)</b>		
$\alpha_i$	-1.091692831300456e4	
$\beta_i$	1.413993719687700e1	
$\gamma_i$	1.091204987083929e4	
$\mu_i$	0.039446	
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>
$\begin{pmatrix} 2122862 & 1024431732721 \\ 1024431732721 & 1474625522 \end{pmatrix}$		$T_1=0.925933$ $T_2=0.999333$
		<b>Desviación típica del error</b>
		$s=0.017554$

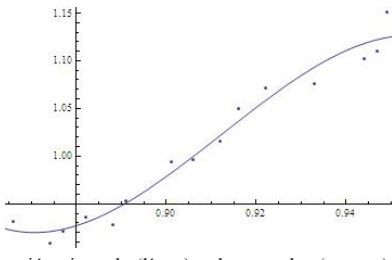
**Figura 33:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Hombres (por cien) en España, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.768147$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.184118$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 8.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres, *TDEH(idh)*. España.

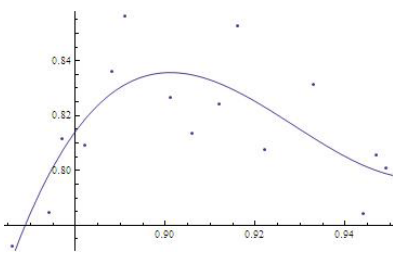
**Tasas Demográficas para el Modelo Temporal I, IDG.**

<b><i>TNAM(idg)</i></b>			
$\alpha_i$	1.261010498027089e3		
$\beta_i$	-1.38170759884378e3	<p><b>Figura 34:</b> Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Mujeres (por cien) en España, en el periodo 1994-2008. <math>R^2 = 0.972567</math>. Contraste de Kolmogorov-Smirnov <math>D(\alpha, 15) &gt; 0.11839</math>, con nivel de significación del <math>\alpha &gt; 0.01</math>. Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.</p>	
$\gamma_i$	-8.0420297970383e2		
$\mu_i$	1.722456		
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>	<b>Desviación típica del error</b>
$\begin{pmatrix} 1371448580 & 796714686 \\ 796714686 & 462834949 \end{pmatrix}$		$T_1=0.907200$ $T_2=0.008178$	$s=0.013312$

**Tabla 9.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de mujeres, *TNAM(idg)*. España.

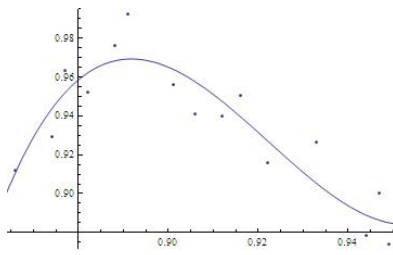
<b><i>TNAH(idg)</i></b>			
$\alpha_i$	1.307960851183706e3		
$\beta_i$	-1.43238466766673e3	<p><b>Figura 35:</b> Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Hombres (por cien) en España, en el periodo 1994-2008. <math>R^2 = 0.971763</math>. Contraste de Kolmogorov-Smirnov <math>D(\alpha, 15) &gt; 0.142024</math>, con nivel de significación del <math>\alpha &gt; 0.01</math>. Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.</p>	
$\gamma_i$	-8.34177553733678e2		
$\mu_i$	1.721570		
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>	<b>Desviación típica del error</b>
$\begin{pmatrix} 1295326299 & 752882665 \\ 752882665 & 437598116 \end{pmatrix}$		$T_1=0.907200$ $T_2=0.008981$	$s=0.014422$

**Tabla 10.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de hombres *TNAH(idg)*. España.

<b><i>TDEM(idg)</i></b>		
$\alpha_i$	-9.046376829124998e2	
$\beta_i$	9.750933460482232e2	
$\gamma_i$	5.770521964636122e2	
$\mu_i$	1.691608	
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>
$\begin{pmatrix} 190806523 & 112922704 \\ 112922704 & 66829704 \end{pmatrix}$		$T_1=0.907200$ $T_2=0.036128$
		<b>Desviación típica del error</b>
		$s=0.016212$

**Figura 36 :** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Mujeres (por cien) en España, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.613334$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.158167$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 11.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres, *TDEM(idg)*. España.

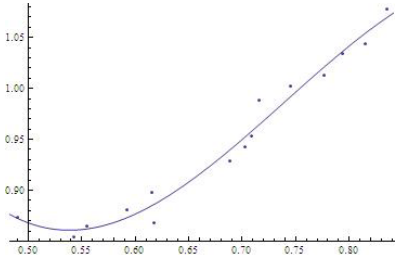
<b><i>TDEH(idg)</i></b>		
$\alpha_i$	-1.426053534426579e3	
$\beta_i$	1.547197292580418e3	
$\gamma_i$	9.096724951623431e2	
$\mu_i$	1.703129	
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>
$\begin{pmatrix} 351622692 & 206631332 \\ 206631332 & 121427085 \end{pmatrix}$		$T_1=0.907200$ $T_2=0.025691$
		<b>Desviación típica del error</b>
		$s=0.014626$

**Figura 37:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Hombres (por cien) en España, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.839055$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.245786$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

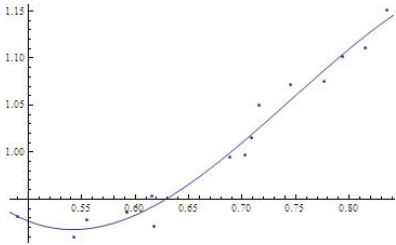
**Tabla 12.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres, *TDEH(idg)*. España.



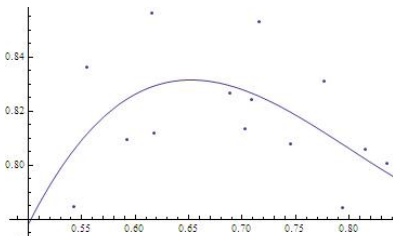
**Tasas Demográficas para el Modelo Temporal I, IPG.**

<b><i>TNAM(ipg)</i></b>			
$\alpha_i$	8.034555725603061	<p><b>Figura 38 :</b> Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Mujeres (por cien) en España, en el periodo 1994-2008. <math>R^2 = 0.97733</math>. Contraste de Kolmogorov-Smirnov <math>D(\alpha, 15) &gt; 0.127218</math>, con nivel de significación del <math>\alpha &gt; 0.01</math>. Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.</p>	
$\beta_i$	-9.533373724143027		
$\gamma_i$	-4.929592625739194		
$\mu_i$	2.124682		
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>	<b>Desviación típica del error</b>
$\begin{pmatrix} 20873 & 10082 \\ 10082 & 4871 \end{pmatrix}$		$T_1=0.679400$ $T_2=0.123586$	$s=0.012101$

**Tabla 13.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de mujeres, *TNAM(ipg)*. España.

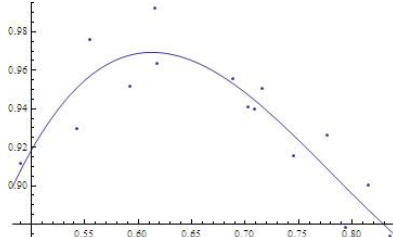
<b><i>TNAH(ipg)</i></b>			
$\alpha_i$	8.655706556616993	<p><b>Figura 39:</b> Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Hombres (por cien) en España, en el periodo 1994-2008. <math>R^2 = 0.973691</math>. Contraste de Kolmogorov-Smirnov <math>D(\alpha, 15) &gt; 0.0927632</math>, con nivel de significación del <math>\alpha &gt; 0.01</math>. Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.</p>	
$\beta_i$	-1.020409613354751e1		
$\gamma_i$	-5.320877903037652		
$\mu_i$	2.108856		
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>	<b>Desviación típica del error</b>
$\begin{pmatrix} 18973 & 9246 \\ 9246 & 4507 \end{pmatrix}$		$T_1=0.679400$ $T_2=0.134049$	$s=0.013921$

**Tabla 14.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de hombres *TNAH(ipg)*. España.

<b>TDEM(ipg)</b>		
$\alpha_i$	-3.948050312293508	
$\beta_i$	5.949462525025141	
$\gamma_i$	3.157624068963790	
$\mu_i$	1.965635	
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>
$\begin{pmatrix} 9486 & 5050 \\ 5050 & 2690 \end{pmatrix}$		$T_1=0.679400$ $T_2=0.228180$
		<b>Desviación típica del error</b>
		$s=0.019090$

**Figura 40 :** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Mujeres (por cien) en España, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.463888$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.15295$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

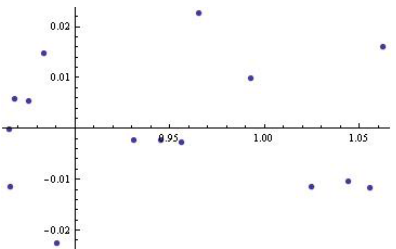
**Tabla 15.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres, *TDEM(ipg)*. España.

<b>TDEH(ipg)</b>		
$\alpha_i$	-6.387331494422179	
$\beta_i$	9.333835047819751	
$\gamma_i$	4.923322961491722	
$\mu_i$	2.010237	
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>
$\begin{pmatrix} 11440 & 5915 \\ 5915 & 3060 \end{pmatrix}$		$T_1=0.679400$ $T_2=0.198999$
		<b>Desviación típica del error</b>
		$s=0.015294$

**Figura 41 :** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Hombres (por cien) en España, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.824001$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.120972$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

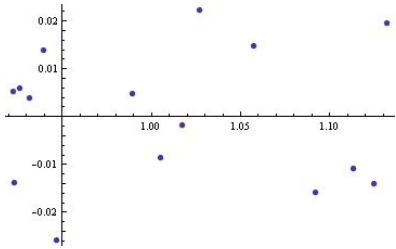
**Tabla 16.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres, *TDEH(ipg)*. España.

**Tasas Demográficas para el Modelo Temporal II.**

<b><i>TNAM(idh,idg,ipg)</i></b>		
$\alpha_i$	5.178275752098199	
$\beta_i$	-6.977228246183072	
$\gamma_i$	-3.006279826689474	
$\mu_i$	2.601157	
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>
$\begin{pmatrix} 29455 & 11632 \\ 11632 & 4594 \end{pmatrix}$		$T_1=0.574292$ $T_2=0.074163$
		<b>Desviación típica del error</b>
		$s=0.013541$

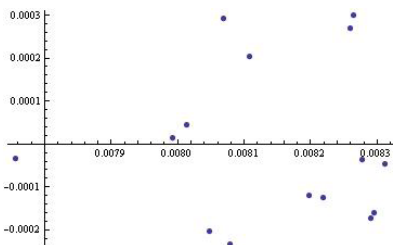
**Figura 42:** Residuos (eje ordenadas) de la Tasa de Fertilidad de Mujeres (por cien) (eje abcisas) en España, para las variables calidad de vida, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.971614$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.131316$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 17.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de mujeres, *TNAM(idh,idg,ipg)*. España.

<b><i>TNAH(idh,idg,ipg)</i></b>		
$\alpha_i$	1.147765123019966	
$\beta_i$	-1.9662459747460e-1	
$\gamma_i$	1.44140207549818e-1	
$\mu_i$	7.773626	
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>
$\begin{pmatrix} 298 & -48 \\ -48 & 8 \end{pmatrix}$		$T_1=0.574292$ $T_2=-0.173841$
		<b>Desviación típica del error</b>
		$s=0.015553$

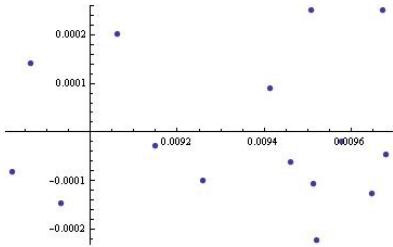
**Figura 43:** Residuos (eje ordenadas) de la Tasa de Fertilidad de Hombres (por cien) (eje abcisas) en España, para las variables calidad de vida, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.967156$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.125856$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 18.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de hombres *TNAH(idh,idg,ipg)*. España.

<b><i>TDEM(idh, idg, ipg)</i></b>		
$\alpha_i$	-2.81506993138482e-2	
$\beta_i$	5.516057061938307e-2	
$\gamma_i$	2.40138349735190e-2	
$\mu_i$	2.386689	
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>
$\begin{pmatrix} 9004 & 3919 \\ 3919 & 1706 \end{pmatrix}$		$T_1=0.574292$ $T_2=0.192290$
		<b>Desviación típica del error</b>
		$s=0.000200$

**Figura 44:** Residuos (eje ordenadas) de la Tasa de Defunción de Mujeres (eje abcisas) en España, para las variables calidad de vida, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.414301$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.170616$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

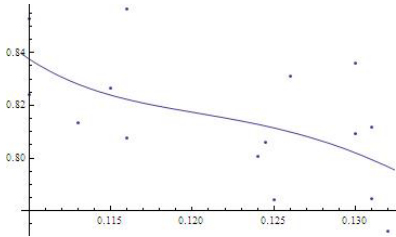
**Tabla 19.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres, *TDEM(idh, idg, ipg)*. España.

<b><i>TDEH(idh, idg, ipg)</i></b>		
$\alpha_i$	-4.46540810828708e-2	
$\beta_i$	8.418955203488313e-2	
$\gamma_i$	3.62873793917851e-2	
$\mu_i$	2.453605	
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>
$\begin{pmatrix} 12445 & 5241 \\ 5241 & 2208 \end{pmatrix}$		$T_1=0.574292$ $T_2=0.155504$
		<b>Desviación típica del error</b>
		$s=0.000163$

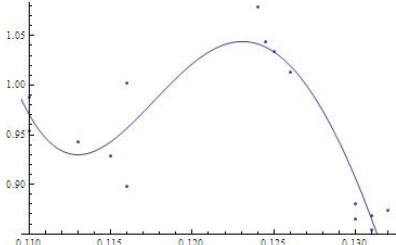
**Figura 45:** Residuos (eje ordenadas) de la Tasa de Defunción de Hombres (eje abcisas) en España, para las variables calidad de vida, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.799847$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.216052$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 20.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres, *TDEH(idh, idg, ipg)*. España.

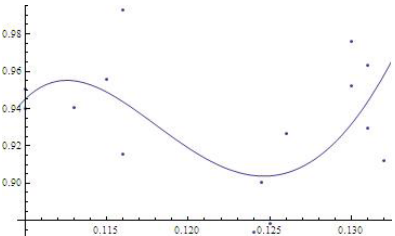
**Tasas Demográficas para el Modelo Temporal I, IPH-2.**

<b><i>TNAM(iph)</i></b>			
$\alpha_i$	-2.66307096244038	<p><b>Figura 46 :</b> Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Mujeres (por cien) en España, en el periodo 1994-2008. <math>R^2 = 0.82796</math>. Contraste de Kolmogorov-Smirnov <math>D(\alpha, 15) &gt; 0.0973566</math>, con nivel de significación del <math>\alpha &gt; 0.01</math>. Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.</p>	
$\beta_i$	4.30020967210914e-1		
$\gamma_i$	2.405771		
$\mu_i$	2.7820813966978e-1		
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>	<b>Desviación típica del error</b>
$\begin{pmatrix} 2.89484 & 1.91162 \\ 1.91162 & 1.37238 \end{pmatrix}$		$T_1=8.215274$ $T_2=0.282825$	$s=0.033336$

**Tabla 21.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de mujeres, *TNAM(iph)*. España.

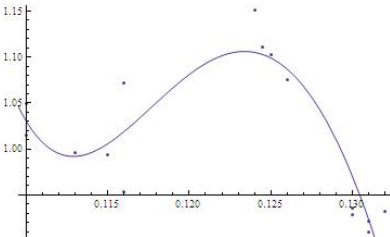
<b><i>TNAH(iph)</i></b>			
$\alpha_i$	-2.895455934451810e1	<p><b>Figura 47 :</b> Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Hombres (por cien) en España, en el periodo 1994-2008. <math>R^2 = 0.802659</math>. Contraste de Kolmogorov-Smirnov <math>D(\alpha, 15) &gt; 0.14638</math>, con nivel de significación del <math>\alpha &gt; 0.01</math>. Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.</p>	
$\beta_i$	3.537266484252505		
$\gamma_i$	0.925941		
$\mu_i$	4.065830224223784		
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>	<b>Desviación típica del error</b>
$\begin{pmatrix} 195 & 226 \\ 226 & 263 \end{pmatrix}$		$T_1=8.215274$ $T_2=0.222521$	$s=0.038126$

**Tabla 22.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de hombres *TNAH(iph)*. España.

<b><i>TDEM(ip<sub>h</sub>)</i></b>		
$\alpha_i$	-4.81578817459059e-1	
$\beta_i$	1.557494272643214e-1	
$\gamma_i$	0.941608	
$\mu_i$	1.49090884996393e-1	
<b><i>Matriz C</i></b>		<b><i>Medias de las transformadas</i></b>
$\begin{pmatrix} 354 & 401 \\ 401 & 455 \end{pmatrix}$		
		$T_1=8.215274$
		$T_2=0.111176$
		$s=0.021565$

**Figura 48 :** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Mujeres (por cien) en España, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.31586$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.31586$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

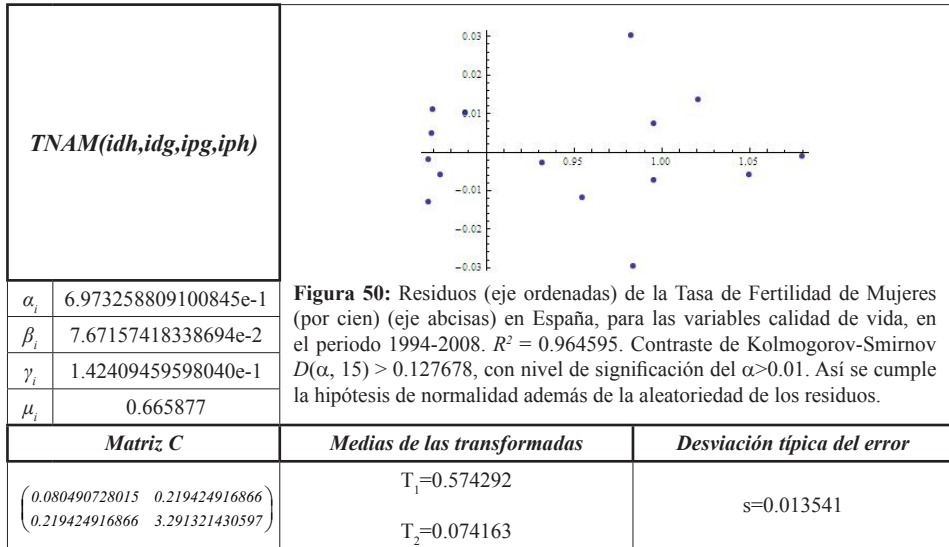
**Tabla 23.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres, *TDEM(ip<sub>h</sub>)*. España.

<b><i>TDEH(ip<sub>h</sub>)</i></b>		
$\alpha_i$	9.766383882445673	
$\beta_i$	-1.045218992705526	
$\gamma_i$	-1.221616054628901	
$\mu_i$	0.928960	
<b><i>Matriz C</i></b>		<b><i>Medias de las transformadas</i></b>
$\begin{pmatrix} 230 & 266 \\ 266 & 308 \end{pmatrix}$		
		$T_1=8.215274$
		$T_2=0.201217$
		$s=0.029685$

**Figura 49:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Hombres (por cien) en España, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.336969$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.095636$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

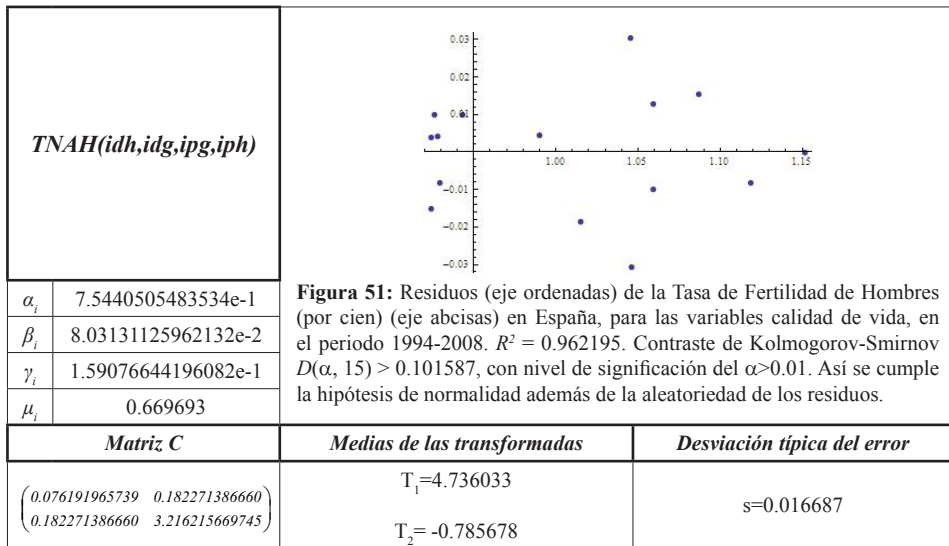
**Tabla 24.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres, *TDEH(ip<sub>h</sub>)*. España.

**Tasas Demográficas para el Modelo Temporal III.**



**Figura 50:** Residuos (eje ordenadas) de la Tasa de Fertilidad de Mujeres (por cien) (eje abcisas) en España, para las variables calidad de vida, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.964595$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.127678$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 25.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de mujeres, *TNAM(idh,idg,ipg,iph)*. España.



**Figura 51:** Residuos (eje ordenadas) de la Tasa de Fertilidad de Hombres (por cien) (eje abcisas) en España, para las variables calidad de vida, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.962195$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.101587$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 26.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de hombres *TNAH(idh,idg,ipg,iph)*. España.

<b><i>TDEM(idh, idg, ipg, iph)</i></b>		
$\alpha_i$	5.87536784247287e-3	
$\beta_i$	3.9208123055992e-4	
$\gamma_i$	-8.8345485958816e-4	
$\mu_i$	0.826793	
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>
$\begin{pmatrix} 0.441179577123 & -0.936098235657 \\ -0.936098235657 & 2.334770209814 \end{pmatrix}$		$T_1=4.736033$ $T_2=-0.467403$
		<b>Desviación típica del error</b>
		$s=0.000196$

**Figura 52 :** Residuos (eje ordenadas) de la Tasa de Defunción de Mujeres (eje abcisas) en España, para las variables calidad de vida, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.436527$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.163061$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 27.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres, *TDEM(idh, idg, ipg, iph)*. España.

<b><i>TDEH(idh, idg, ipg, iph)</i></b>		
$\alpha_i$	7.32926879931805e-3	
$\beta_i$	2.69197407225498e-4	
$\gamma_i$	-1.3533003079028e-3	
$\mu_i$	0.800412	
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>
$\begin{pmatrix} 0.302479625126 & -0.730501731654 \\ -0.730501731654 & 2.25255320981 \end{pmatrix}$		$T_1=4.736033$ $T_2=-0.542332$
		<b>Desviación típica del error</b>
		$s=0.000170$

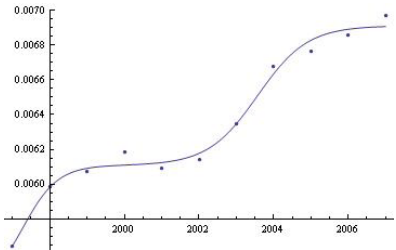
**Figura 53:** Residuos (eje ordenadas) de la Tasa de Defunción de Hombres (eje abcisas) en España, para las variables calidad de vida, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.78155$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.171244$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 28.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres, *TDEH(idh, idg, ipg, iph)*. España.

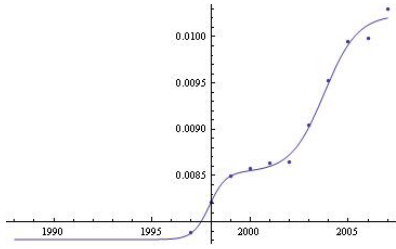


### I.3.2. Bélgica

#### Tasas Migratorias para los Modelos Temporales I, II y III

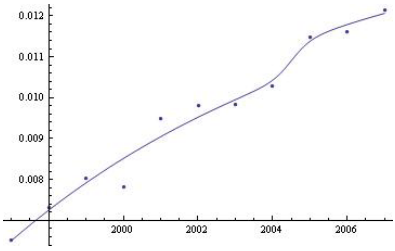
<b>TEMM(t)</b>			
$\eta_i$	0.00538564	<p><b>Figura 54:</b> Función ajustada (línea) datos reales (puntos) para Tasa de Emigración De Mujeres en Bélgica, en el periodo 1997-2007. <math>R^2 = 0.988992</math>. Contraste de Kolmogorov-Smirnov <math>D(\alpha, 11) &gt; 0.211995</math>, con un nivel de significación del <math>\alpha &gt; 0.01</math>. Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.</p>	
$\alpha_i$	2.1239		
$\beta_i$	0.000723221		
$\gamma_i$	1.76775		
$\mu_i$	1997		
$\delta_i$	0.000801337		
$\rho_i$	10.648		
$\sigma_i$	1.50677		
$\tau_i$	2002		
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>	<b>Desviación típica del error</b>
$\begin{pmatrix} 3.065587454980 & -0.494202398858 \\ -0.494202398858 & 0.616021178009 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.923523$ $T_2 = 0.357435$	s=0.000049

**Tabla 29.** Valores de los parámetros para la tasa de emigración de mujeres, *TEMM(t)*. Bélgica.

<b>TEMH(t)</b>			
$\eta_i$	0.0078099	<p><b>Figura 55:</b> Función ajustada (línea) datos reales (puntos) para Tasa de Emigración De Mujeres en Bélgica, en el periodo 1997-2007. <math>R^2 = 0.993854</math>. Contraste de Kolmogorov-Smirnov <math>D(\alpha, 11) &gt; 0.222535</math>, con un nivel de significación del <math>\alpha &gt; 0.01</math>. Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.</p>	
$\alpha_i$	2.41473		
$\beta_i$	0.000729677		
$\gamma_i$	9.33369		
$\mu_i$	1997		
$\delta_i$	0.00169915		
$\rho_i$	8.12132		
$\sigma_i$	1.18132		
$\tau_i$	2002		
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>	<b>Desviación típica del error</b>
$\begin{pmatrix} 1.437920983406 & -0.428761456279 \\ -0.428761456279 & 0.741110356897 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.869567$ $T_2 = 0.339689$	s=0.000070

**Tabla 30.** Valores de los parámetros para la tasa de emigración de hombres, *TEMH(t)*. Bélgica.

<b>TINM(t)</b>	
$\eta_i$	260.777
$\alpha_i$	0.112503
$\beta_i$	- 260.763.
$\gamma_i$	- 0.0000268702
$\mu_i$	1997
$\delta_i$	0.000823699
$\rho_i$	385867
$\sigma_i$	3.64976
$\tau_i$	2001

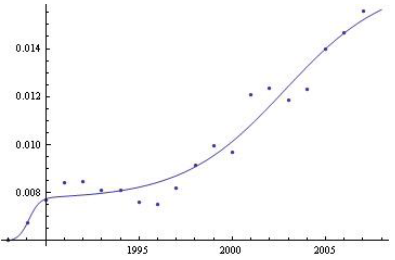


**Figura 56:** Función ajustada (línea) datos reales (puntos) para Tasa de Emigración De Mujeres en Bélgica, en el periodo 1997-2007.  $R^2 = 0.979664$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 11) > 0.108349$ , con un nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

<b>Matriz C</b>	<b>Medias de las transformadas</b>	<b>Desviación típica del error</b>
$\begin{pmatrix} 6021922912 & 59501 \\ 59501 & 1.107636506788 \end{pmatrix}$	$T_1 = 1.000016$ $T_2 = 0.270726$	$s = 0.000330$

**Tabla 31.** Valores de los parámetros para la tasa de inmigración de mujeres,  $TINM(t)$ . Bélgica.

<b>TINH(t)</b>	
$\eta_i$	0.00831431
$\alpha_i$	1.08366
$\beta_i$	0.00394115
$\gamma_i$	19.1101
$\mu_i$	1997
$\delta_i$	0.00317799
$\rho_i$	57.7691
$\sigma_i$	1.96601
$\tau_i$	2003



**Figura 57:** Función ajustada (línea) datos reales (puntos) para Tasa de Emigración De Mujeres en Bélgica, en el periodo 1997-2007.  $R^2 = 0.959371$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 11) > 0.116352$ , con un nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

<b>Matriz C</b>	<b>Medias de las transformadas</b>	<b>Desviación típica del error</b>
$\begin{pmatrix} 0.975925345788 & -0.501623920222 \\ -0.501623920222 & 0.975704947985 \end{pmatrix}$	$T_1 = 0.704665$ $T_2 = 0.221837$	$s = 0.000515$

**Tabla 32.** Valores de los parámetros para la tasa de inmigración de hombres,  $TINH(t)$ . Bélgica.

**Tasas Demográficas para el Modelo Temporal I, IDH.**

<b><i>TNAM(idh)</i></b>			
$\alpha_i$	-1.260127450360994e4		
$\beta_i$	1.359998106401999e4		
$\gamma_i$	3.950446606044951e2		
$\mu_i$	35.301593		
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>	<b>Desviación típica del error</b>
$\begin{pmatrix} 7908924 & 229781 \\ 229781 & 6676 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.936286$ $T_2 = -0.063176$	$s = 1.789136$

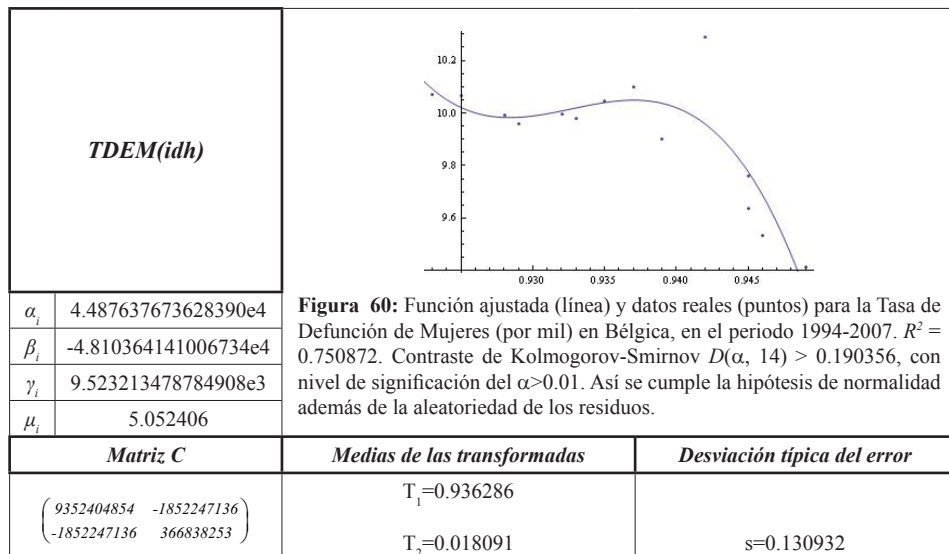
**Figura 58:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Mujeres (por diez mil) en Bélgica, en el periodo 1994-2007.  $R^2 = 0.399173$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 14) > 0.123018$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 33.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de mujeres, *TNAM(idh)*. Bélgica.

<b><i>TNAH(idh)</i></b>			
$\alpha_i$	-6.338384794312373e4		
$\beta_i$	6.785318562865479e4		
$\gamma_i$	-1.3459686946427e4		
$\mu_i$	5.043779		
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>	<b>Desviación típica del error</b>
$\begin{pmatrix} 18409931533 & -3651938304 \\ -3651938304 & 724427147 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.936286$ $T_2 = 0.010021$	$s = 0.181471$

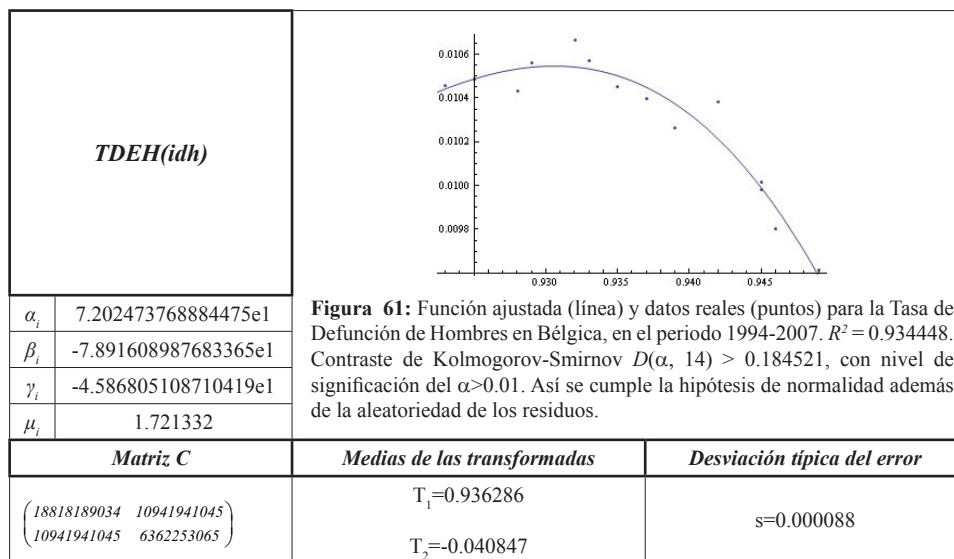
**Figura 59:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Hombres (por mil) en Bélgica, en el periodo 1994-2007.  $R^2 = 0.409321$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 14) > 0.159634$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 34.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de hombres *TNAH(idh)*. Bélgica.



**Figura 60:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Mujeres (por mil) en Bélgica, en el periodo 1994-2007.  $R^2 = 0.750872$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 14) > 0.190356$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

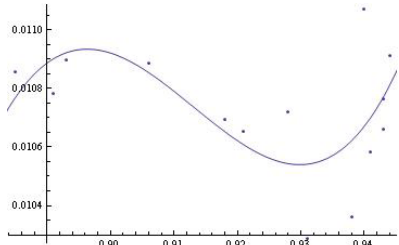
**Tabla 35.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres,  $TDEM(idh)$ . Bélgica.



**Figura 61:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Hombres en Bélgica, en el periodo 1994-2007.  $R^2 = 0.934448$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 14) > 0.184521$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

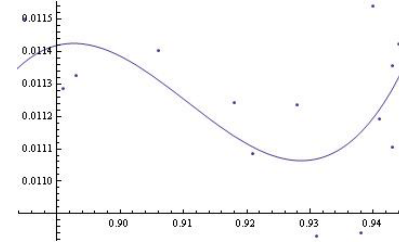
**Tabla 36.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres,  $TDEH(idh)$ . Bélgica.

**Tasas Demográficas para el Modelo Temporal I, IDG.**

<b><i>TNAM(idg)</i></b>		
$\alpha_i$	-4.276721979469550	
$\beta_i$	4.695644258568670	
$\gamma_i$	-9.132428405481e-1	
$\mu_i$	5.161030	
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>
$\begin{pmatrix} 144525773 & -28091448 \\ -28091448 & 5460136 \end{pmatrix}$		$T_1=0.923000$ $T_2=0.051064$
		<b>Desviación típica del error</b>
		$s=0.000187$

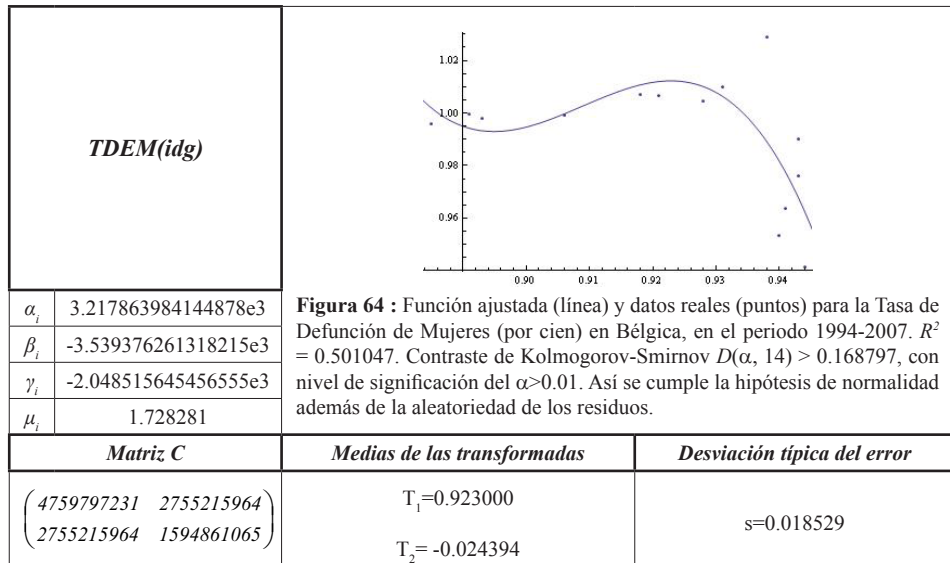
**Figura 62:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Mujeres en Bélgica, en el periodo 1994-2007.  $R^2 = 0.340693$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 14) > 0.136713$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 37.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de mujeres, *TNAM(idg)*. Bélgica.

<b><i>TNAH(idg)</i></b>		
$\alpha_i$	-2.847761079256766e1	
$\beta_i$	3.128559143105157e1	
$\gamma_i$	1.814530143605684e1	
$\mu_i$	1.725001	
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>
$\begin{pmatrix} 6838739815 & 3966004400 \\ 3966004400 & 2300013119 \end{pmatrix}$		$T_1=0.923000$ $T_2=-0.021369$
		<b>Desviación típica del error</b>
		$s=0.000194$

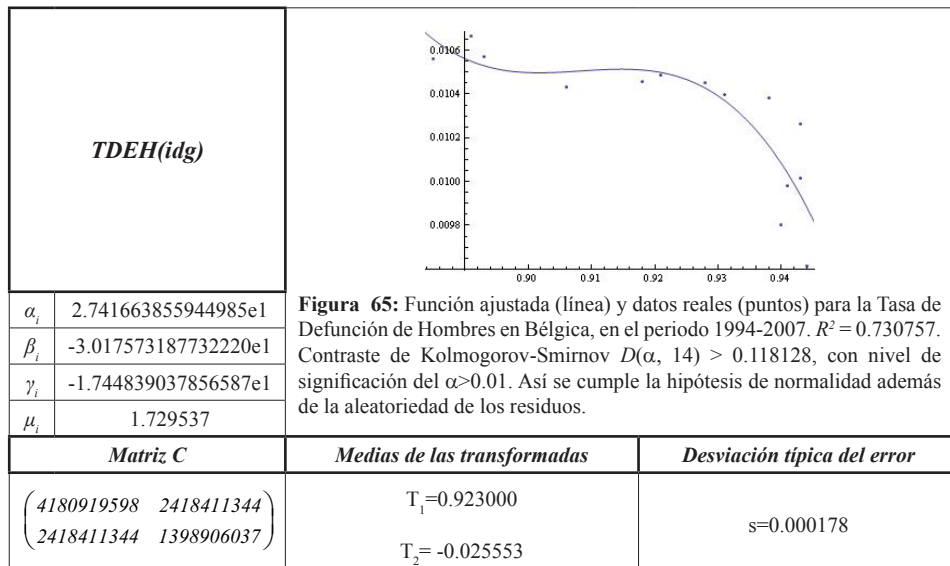
**Figura 63:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Hombres en Bélgica, en el periodo 1994-2007.  $R^2 = 0.323731$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 14) > 0.0985619$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 38.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de hombres *TNAH(idg)*. Bélgica.



**Figura 64 :** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Mujeres (por cien) en Bélgica, en el periodo 1994-2007.  $R^2 = 0.501047$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 14) > 0.168797$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 39.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres, *TDEM(idg)*. Bélgica.



**Figura 65:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Hombres en Bélgica, en el periodo 1994-2007.  $R^2 = 0.730757$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 14) > 0.118128$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 40.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres, *TDEH(idg)*. Bélgica.

**Tasas Demográficas para el Modelo Temporal I, IPG.**

<b><i>TNAM(ipg)</i></b>			
$\alpha_i$	-1.20792110093176e-1		
$\beta_i$	1.922740766042723e-1		
$\gamma_i$	8.52438015650827e-2		
$\mu_i$	2.298131		
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>	<b>Desviación típica del error</b>
$\begin{pmatrix} 120103 & 53207 \\ 53207 & 23573 \end{pmatrix}$		$T_1=0.714786$ $T_2=-0.069437$	$s=0.000158$

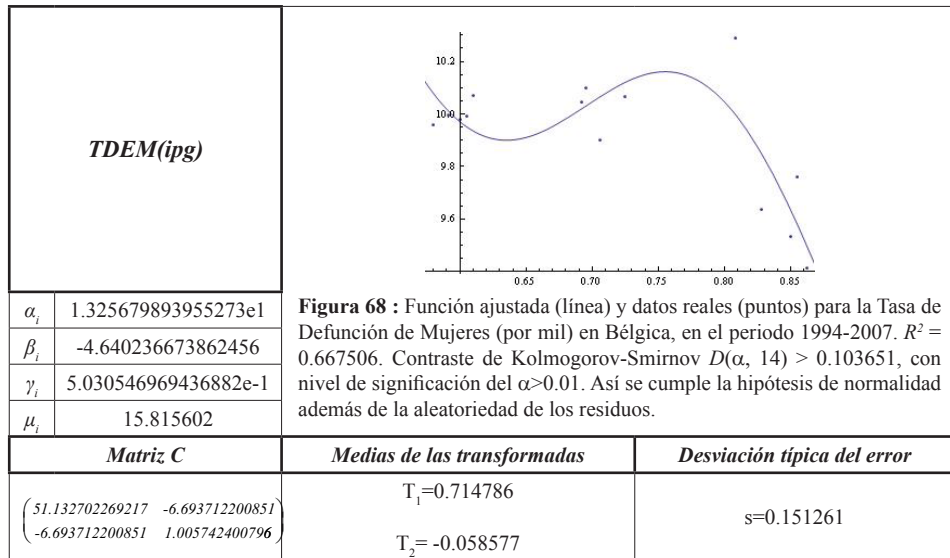
**Figura 66:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Mujeres en Bélgica, en el periodo 1994-2007.  $R^2 = 0.53055$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 14) > 0.106178$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 41.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de mujeres, *TNAM(ipg)*. Bélgica.

<b><i>TNAH(ipg)</i></b>			
$\alpha_i$	-9.06594414859039e-1		
$\beta_i$	1.523850378424241e		
$\gamma_i$	6.636948434489214e-1		
$\mu_i$	2.350981		
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>	<b>Desviación típica del error</b>
$\begin{pmatrix} 58995 & 25670 \\ 25670 & 11170 \end{pmatrix}$		$T_1=0.714786$ $T_2=-0.105819$	$s=0.001403$

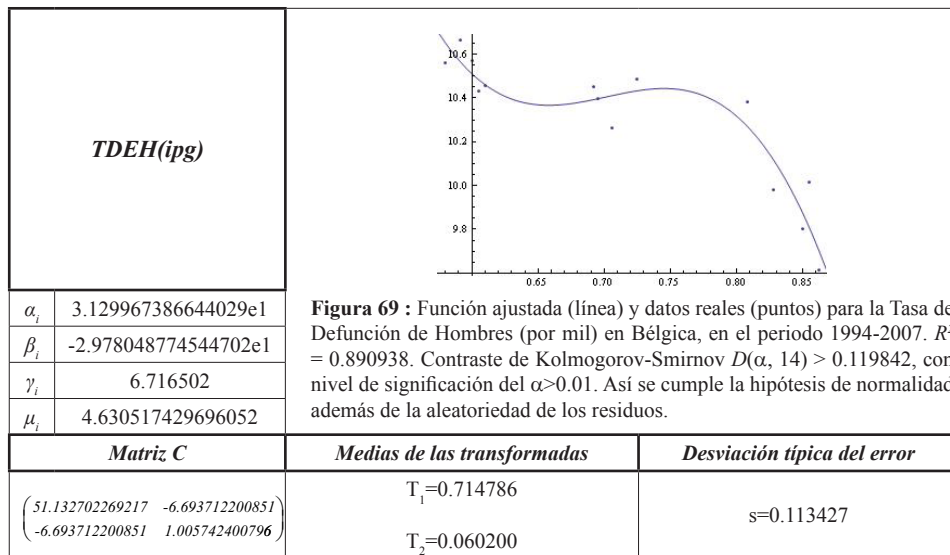
**Figura 67:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Hombres (por diez) en Bélgica, en el periodo 1994-2007.  $R^2 = 0.647069$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 14) > 0.0964762$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 42.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de hombres *TNAH(ipg)*. Bélgica.



**Figura 68 :** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Mujeres (por mil) en Bélgica, en el periodo 1994-2007.  $R^2 = 0.667506$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 14) > 0.103651$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 43.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres, *TDEM(ipg)*. Bélgica.

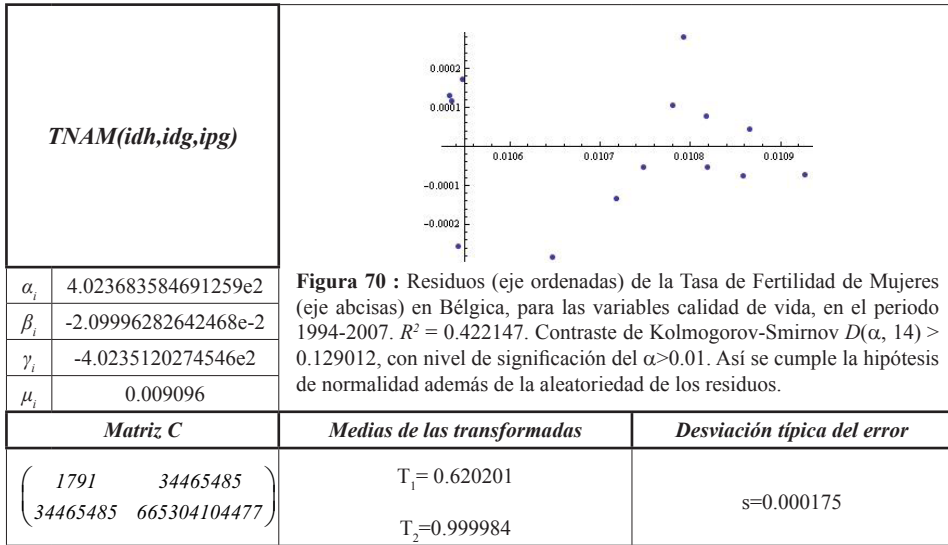


**Figura 69 :** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Hombres (por mil) en Bélgica, en el periodo 1994-2007.  $R^2 = 0.890938$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 14) > 0.119842$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 44.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres, *TDEH(ipg)*. Bélgica.

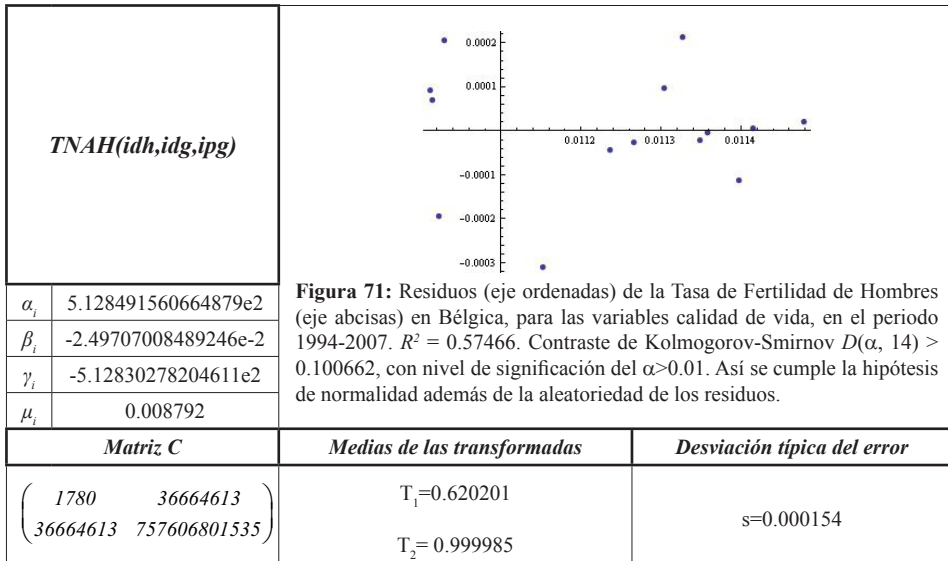


**Tasas Demográficas para el Modelo Temporal II.**



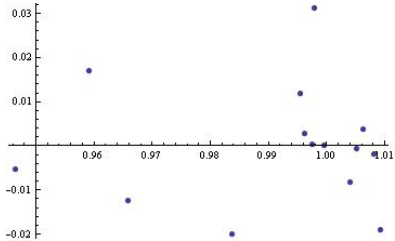
**Figura 70 :** Residuos (eje ordenadas) de la Tasa de Fertilidad de Mujeres (eje abcisas) en Bélgica, para las variables calidad de vida, en el periodo 1994-2007.  $R^2 = 0.422147$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 14) > 0.129012$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 45.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de mujeres,  $TNAM(idh, idg, ipg)$ . Bélgica.



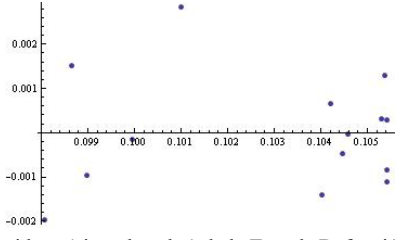
**Figura 71:** Residuos (eje ordenadas) de la Tasa de Fertilidad de Hombres (eje abcisas) en Bélgica, para las variables calidad de vida, en el periodo 1994-2007.  $R^2 = 0.57466$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 14) > 0.100662$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 46.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de hombres  $TNAH(idh, idg, ipg)$ . Bélgica.

<b><i>TDEM(idh, idg, ipg)</i></b>		
$\alpha_i$	8.585428016342723	
$\beta_i$	-1.284284004397799e1	
$\gamma_i$	-4.898407964650334	
$\mu_i$	2.660671	
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>
$\begin{pmatrix} 62528 & 24083 \\ 24083 & 9277 \end{pmatrix}$		$T_1=0.620201$ $T_2=-0.075691$
		<b>Desviación típica del error</b>
		s=0.014887

**Figura 72:** Residuos (eje ordenadas) de la Tasa de Defunción de Mujeres (por cien) (eje abcisas) en Bélgica, para las variables calidad de vida, en el periodo 1994-2007.  $R^2 = 0.677924$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 14) > 0.176274$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

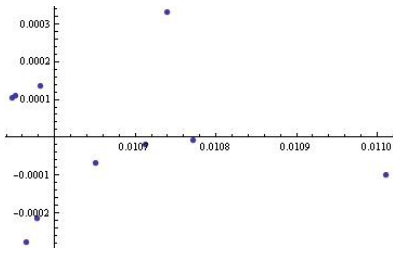
**Tabla 47.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres, *TDEM(idh, idg, ipg)*. Bélgica.

<b><i>TDEH(idh, idg, ipg)</i></b>		
$\alpha_i$	-3.083015533578341e3	
$\beta_i$	1.108319702154836e-1	
$\gamma_i$	3.083092605588076e3	
$\mu_i$	0.008382	
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>
$\begin{pmatrix} 1789 & 40535296 \\ 40535296 & 921463827880 \end{pmatrix}$		$T_1=0.620201$ $T_2=0.999986$
		<b>Desviación típica del error</b>
		s=0.001397

**Figura 73:** Residuos (eje ordenadas) de la Tasa de Defunción de Hombres (por diez) (eje abcisas) en Bélgica, para las variables calidad de vida, en el periodo 1994-2007.  $R^2 = 0.834443$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 14) > 0.118085$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

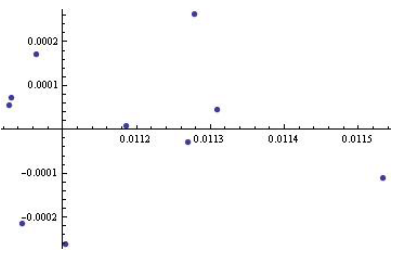
**Tabla 48.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres, *TDEH(idh, idg, ipg)*. Bélgica.

**Tasas Demográficas para el Modelo Temporal III.**

<i>TNAM(idh, idg, ipg, iph)</i>		
$\alpha_i$	7.313747547998255e-3	
$\beta_i$	7.138650652419110e-4	
$\gamma_i$	-9.2896685850894e-4	
$\mu_i$	1.017089	
<i>Matriz C</i>		<i>Medias de las transformadas</i>
$\begin{pmatrix} 3.163049510236 & -4.616599820030 \\ -4.616599820030 & 7.190444054996 \end{pmatrix}$		$T_1=5.417441$ $T_2=0.549092$
		<i>Desviación típica del error</i>
		s=0.000204

**Figura 74:** Residuos (eje ordenadas) de la Tasa de Fertilidad de Mujeres (eje abcisas) en Bélgica, para las variables calidad de vida, en el periodo 1998-2007.  $R^2 = 0.393308$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 10) > 0.127697$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 49.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de mujeres, *TNAM(idh, idg, ipg, iph)*. Bélgica.

<i>TNAH(idh, idg, ipg, iph)</i>		
$\alpha_i$	9.709260639295171e-3	
$\beta_i$	3.538750601522190e-4	
$\gamma_i$	-6.4361669589847e-4	
$\mu_i$	1.098901	
<i>Matriz C</i>		<i>Medias de las transformadas</i>
$\begin{pmatrix} 0.518965018411 & -0.927321111953 \\ -0.927321111953 & 2.687368787743 \end{pmatrix}$		$T_1=5.417441$ $T_2=0.686420$
		<i>Desviación típica del error</i>
		s=0.000184

**Figura 75:** Residuos (eje ordenadas) de la Tasa de Fertilidad de Hombres (eje abcisas) en Bélgica, para las variables calidad de vida, en el periodo 1998-2007.  $R^2 = 0.503936$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 10) > 0.127697$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 50.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de hombres *TNAH(idh, idg, ipg, iph)*. Bélgica.

<b><i>TDEM(idh, idg, ipg, iph)</i></b>		
$\alpha_i$	1.722652155762402e-2	
$\beta_i$	-1.47579497378221e-3	<p><b>Figura 76:</b> Residuos (eje ordenadas) de la Tasa de Defunción de Mujeres (eje abcisas) en Bélgica, para las variables calidad de vida, en el periodo 1998-2007. <math>R^2 = 0.678704</math>. Contraste de Kolmogorov-Smirnov <math>D(\alpha, 10) &gt; 0.220176</math>, con nivel de significación del <math>\alpha &gt; 0.01</math>. Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.</p>
$\gamma_i$	1.6185344736133e-3	
$\mu_i$	0.826793	
<b>Matriz C</b>		
$\begin{pmatrix} 10.592316995005 & -13.895253412383 \\ -13.895253412383 & 18.577096193036 \end{pmatrix}$		<b>Medias de las transformadas</b> $T_1 = 5.417441$ $T_2 = -0.402172$
		<b>Desviación típica del error</b> $s = 0.000183$

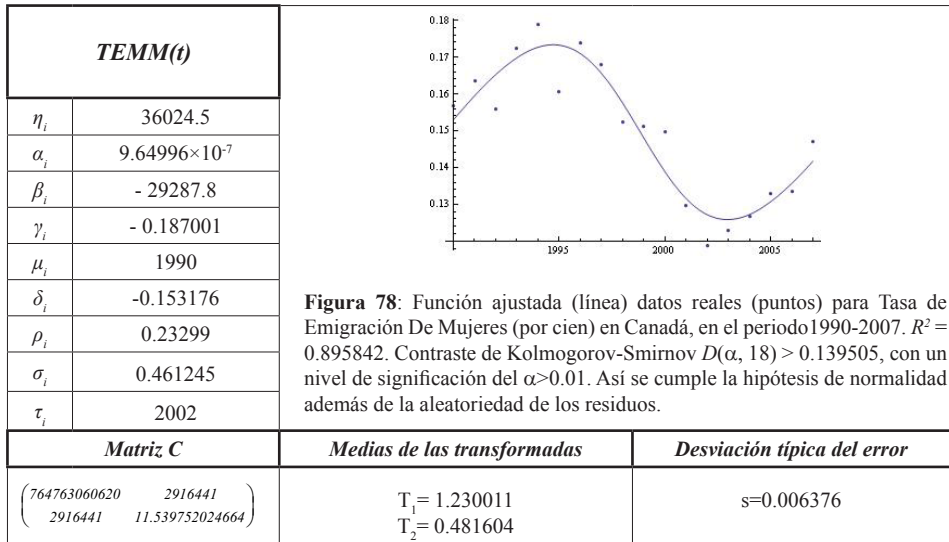
**Tabla 51.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres, *TDEM(idh, idg, ipg, iph)*. Bélgica.

<b><i>TDEH(idh, idg, ipg, iph)</i></b>		
$\alpha_i$	1.594933613553343e-2	
$\beta_i$	-1.16873566032578e-3	<p><b>Figura 77:</b> Residuos (eje ordenadas) de la Tasa de Defunción de Hombres (eje abcisas) en Bélgica, para las variables calidad de vida, en el periodo 1998-2007. <math>R^2 = 0.876138</math>. Contraste de Kolmogorov-Smirnov <math>D(\alpha, 10) &gt; 0.144208</math>, con nivel de significación del <math>\alpha &gt; 0.01</math>. Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.</p>
$\gamma_i$	1.16435595498875e-3	
$\mu_i$	0.994766	
<b>Matriz C</b>		
$\begin{pmatrix} 5.365004532711 & -7.405092148350 \\ -7.405092148350 & 10.614615346801 \end{pmatrix}$		<b>Medias de las transformadas</b> $T_1 = 5.417441$ $T_2 = -0.487593$
		<b>Desviación típica del error</b> $s = 0.000124$

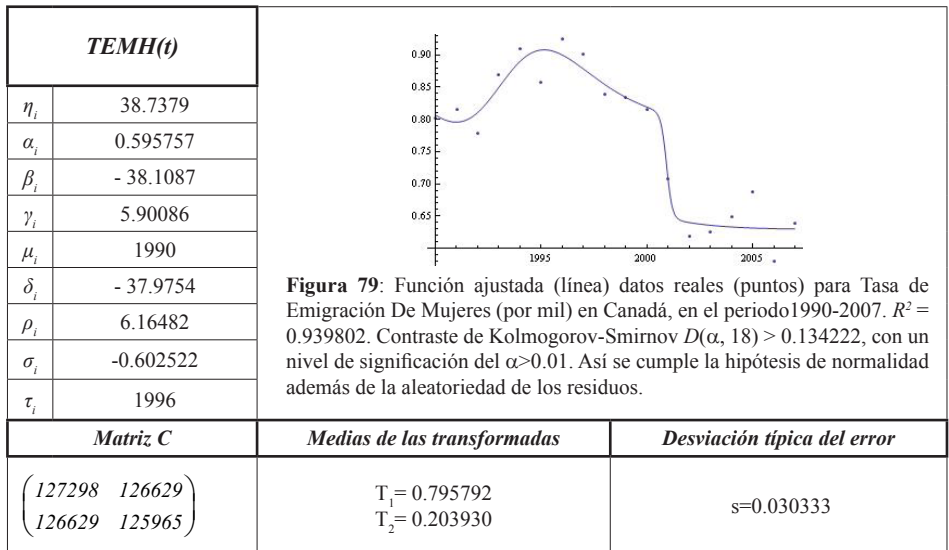
**Tabla 52.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres, *TDEH(idh, idg, ipg, iph)*. Bélgica.

### I.3.3. CANADÁ

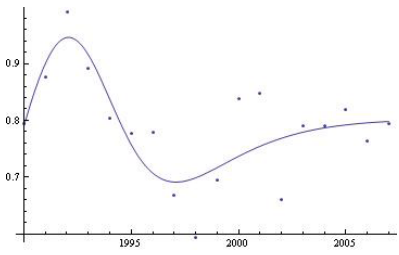
#### Tasas Migratorias para el Modelo Temporal I



**Tabla 53.** Valores de los parámetros para la tasa de emigración de mujeres, *TEMM(t)*. Canadá.

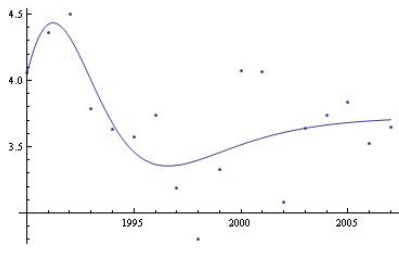


**Tabla 54.** Valores de los parámetros para la tasa de emigración de hombres, *TEMH(t)*. Canadá.

<b>TINM(t)</b>			
$\eta_i$	0.802824		
$\alpha_i$	-0.510026		
$\beta_i$	-2904.34		
$\gamma_i$	0.240842		
$\mu_i$	1990		
$\delta_i$	2903.68		
$\rho_i$	39.5416		
$\sigma_i$	-0.510211		
$\tau_i$	2000		
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>	<b>Desviación típica del error</b>
$\begin{pmatrix} 159700962 & -159655253 \\ -159655253 & 159609557 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.201271$ $T_2 = 0.201312$	s=0.060185

**Figura 80:** Función ajustada (línea) datos reales (puntos) para Tasa de Emigración De Mujeres (por cien) en Canadá, en el periodo 1990-2007.  $R^2 = 0.623565$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 18) > 0.109085$ , con un nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

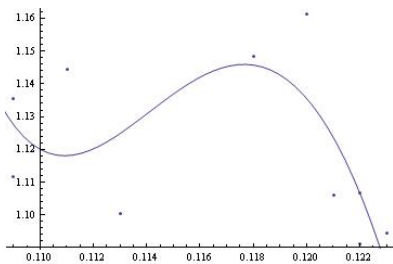
**Tabla 55.** Valores de los parámetros para la tasa de inmigración de mujeres,  $TINM(t)$ . Canadá.

<b>TINH(t)</b>			
$\eta_i$	8967.83		
$\alpha_i$	-0.456825		
$\beta_i$	-8974.01		
$\gamma_i$	0.802595		
$\mu_i$	1990		
$\delta_i$	-8964.1		
$\rho_i$	0.00131375		
$\sigma_i$	0.45716		
$\tau_i$	2005		
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>	<b>Desviación típica del error</b>
$\begin{pmatrix} 132661076 & 132493301 \\ 132493301 & 132325739 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.114283$ $T_2 = 0.885593$	s=0.320548

**Figura 81:** Función ajustada (línea) datos reales (puntos) para Tasa de Emigración De Mujeres (por mil) en Canadá, en el periodo 1990-2007.  $R^2 = 0.512556$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 18) > 0.10869$ , con un nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

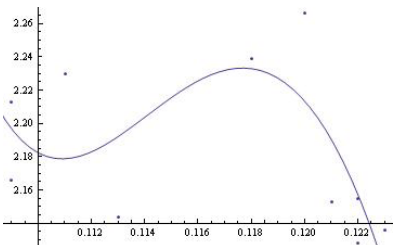
**Tabla 56.** Valores de los parámetros para la tasa de inmigración de hombres,  $TINH(t)$ . Canadá.

**Tasas Demográficas para el Modelo Temporal I, IPH-2.**

<b><i>TNAM(iph)</i></b>		
$\alpha_i$	-2.576845449855578e1	
$\beta_i$	2.957596257794594	
$\gamma_i$	3.388118706181476	
$\mu_i$	0.896853	
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>
$\begin{pmatrix} 3875 & 4465 \\ 4465 & 5145 \end{pmatrix}$		$T_1 = 8.580309$ $T_2 = -0.150932$
		<b>Desviación típica del error</b>
		$s = 0.020572$

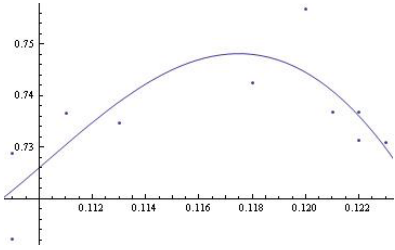
**Figura 82:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Mujeres (por diez) en Canadá, en el periodo 1998-2007.  $R^2 = 0.478744$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 10) > 0.204749$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 57.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de mujeres, *TNAM(iph)*. Canadá.

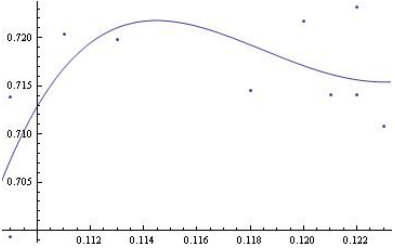
<b><i>TNAH(iph)</i></b>		
$\alpha_i$	-1.403612964522017e2	
$\beta_i$	1.605141309334494e1	
$\gamma_i$	-3.012234775008267e1	
$\mu_i$	0.538109	
<b>Matriz C</b>		<b>Medias de las transformadas</b>
$\begin{pmatrix} 30370 & -57108 \\ -57108 & 107389 \end{pmatrix}$		$T_1 = 8.580309$ $T_2 = -0.093555$
		<b>Desviación típica del error</b>
		$s = 0.041117$

**Figura 83 :** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Hombres (por diez) en Canadá, en el periodo 1998-2007.  $R^2 = 0.46262$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 10) > 0.190993$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 58.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de hombres *TNAH(iph)*. Canadá.

<b><i>TDEM(ip<sub>h</sub>)</i></b>		
$\alpha_i$	-3.679698039355038	
$\beta_i$	4.881028747608046e-1	<p><b>Figura 84:</b> Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Mujeres (por cien) en Canadá, en el periodo 1998-2007. <math>R^2 = 0.629611</math>. Contraste de Kolmogorov-Smirnov <math>D(\alpha, 10) &gt; 0.224079</math>, con nivel de significación del <math>\alpha &gt; 0.01</math>. Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.</p>
$\gamma_i$	6.243368105172246e-1	
$\mu_i$	0.869512	
<b>Matriz C</b>		
$\begin{pmatrix} 560 & 697 \\ 697 & 869 \end{pmatrix}$		$T_1 = 8.580309$ $T_2 = 0.362606$
		<b>Desviación típica del error</b>
		$s = 0.007756$

**Tabla 59.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres, *TDEM(ip<sub>h</sub>)*. Canadá.

<b><i>TDEH(ip<sub>h</sub>)</i></b>		
$\alpha_i$	3.940450601469377	
$\beta_i$	-3.820942903176902e-1	<p><b>Figura 85:</b> Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Hombres (por cien) en Canadá, en el periodo 1998-2007. <math>R^2 = 0.420223</math>. Contraste de Kolmogorov-Smirnov <math>D(\alpha, 10) &gt; 0.193324</math>, con nivel de significación del <math>\alpha &gt; 0.01</math>. Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.</p>
$\gamma_i$	-4.271791819522394e-1	
$\mu_i$	0.931439	
<b>Matriz C</b>		
$\begin{pmatrix} 1051 & 1191 \\ 1191 & 1351 \end{pmatrix}$		$T_1 = 8.580309$ $T_2 = -0.124572$
		<b>Desviación típica del error</b>
		$s = 0.005979$

**Tabla 60.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres, *TDEH(ip<sub>h</sub>)*. Canadá.



## I.4. Validaciones

### I.4.1. Errores Relativos Validaciones España

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	0.43517484	0.44819076	0.44154344
2000	0.59403512	0.52637091	0.56089425
2001	1.14597986	1.38664455	1.26401245
2002	1.74188397	2.26676222	1.99984732
2003	2.51125112	3.22166729	2.86106742
2004	2.22598244	2.88860637	2.55250721
2005	2.48759151	3.35550891	2.91614797
2006	1.94218121	2.70408778	2.31878332
2007	1.08515569	1.53980566	1.30983926
2008	1.038928	1.45466048	1.24466878
2009	0.65123441	0.51415868	0.58342559

**Tabla 63 .** Errores Relativos en %, correspondientes a la población en la Validación del Modelo Temporal I, IDH, para el caso de España.

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	0.35558988	0.49867208	0.42559902
2000	0.49151272	0.53812589	0.51432611
2001	1.00393636	1.35941985	1.17828115
2002	1.56109826	2.19119359	1.87080162
2003	2.28586445	3.08722038	2.68046044
2004	1.91620403	2.67705139	2.29110431
2005	2.06349872	3,06575922	2.55841671
2006	1.4026938	2.3955875	1.89349948
2007	0.43145956	1.20489014	0.81371903
2008	0.30049225	1.11116913	0.70177055
2009	0.16078247	0.14819405	0.00798574

**Tabla 64.** Errores Relativos en %, correspondientes a la población en la Validación del Modelo Temporal I, IPG, para el caso de España.

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	0.45115028	0.4896739	0.46999962
2000	0.61511992	0.56718542	0.59165984
2001	1.17471313	1.41912574	1.29458386
2002	1.75927626	2.27366746	2.01210893
2003	2.51558636	3.19261953	2.84896453
2004	2.2087776	2.81724238	2.50859282
2005	2.44154997	3.23232742	2.83203725
2006	1.88525571	2.57540271	2.22640811
2007	1.03078308	1.40529335	1.21588062
2008	0.99667161	1,34383987	1.16851701
2009	0.61796995	0.4265175	0.52329185

**Tabla 65.** Errores Relativos en %, correspondientes a la población en la Validación del Modelo Temporal I, IDG, para el caso de España.

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	0.39991198	0.41382483	0.40671944
2000	0.52526773	0.44060495	0.48383213
2001	1.07958789	1.28825876	1.18192929
2002	1.64166683	2.08605886	1.86009363
2003	2.39000259	2.96232929	2.6718222
2004	2.1175965	2.60953984	2.35999689
2005	2.35170625	2.99886566	2.67127469
2006	1.81413201	2.32916356	2.06872161
2007	0.98012863	1.14804134	1.06311762
2008	0.96835769	1.06092345	1.01417697
2009	0.61335694	0.10787738	0.36338446

**Tabla 66.** Errores Relativos en %, correspondientes a la población en la Validación del Modelo Temporal I, IPH-2, para el caso de España.

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	0.39991198	0.41382483	0.40671944
2000	0.52526773	0.44060495	0.48383213
2001	1.07958789	1.28825876	1.18192929
2002	1.64166683	2.08605886	1.86009363
2003	2.39000259	2.96232929	2.6718222
2004	2.1175965	2.60953984	2.35999689
2005	2.35170625	2.99886566	2.67127469
2006	1.81413201	2.32916356	2.06872161
2007	0.98012863	1.14804134	1.06311762
2008	0.96835769	1.06092345	1.01417697
2009	0.61335694	0.10787738	0.36338446

**Tabla 67.** Errores Relativos en %, correspondientes a la población en la Validación del Modelo Temporal II, IDH, IDG, IPG, para el caso de España.

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	0.44686418	0.48235335	0.46422879
2000	0.60182102	0.54327185	0.57316592
2001	1.14254333	1.36507306	1.25168173
2002	1.69271553	2.1541387	1.91951344
2003	2.41481496	2.99865087	2.70230182
2004	2.1015782	2.58304261	2.3388152
2005	2.38941732	3.04023223	2.71079086
2006	1.86977481	2.39038399	2.12712153
2007	1.02378419	1.17740576	1.09970994
2008	0.94433375	0.9864303	0.96517119
2009	0.51936155	0.07432629	0.22576784

**Tabla 68.** Errores Relativos en %, correspondientes a la población en la Validación del Modelo Temporal III, IDH, IDG, IPG, IPH-2, para el caso de España.

### I.4.2. Errores Relativos Validaciones Bélgica

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	0.0504786	0.0027034	0.02713988
2000	0.0790167	0.02123446	0.02993432
2001	0.042075	0.13112744	0.04263688
2002	0.15356615	0.08254189	0.03807085
2003	0.20616533	0.057412	0.07719313
2004	0.20588615	0.12790987	0.04252425
2005	0.25029398	0.14131365	0.05870273
2006	0.35720134	0.08448972	0.14100905
2007	0.45938222	0.03609058	0.21686359
2008	0.49114782	0.03937363	0.23133318
2009	0.41772808	0.15062679	0.13921593

**Tabla 69.** Errores Relativos en %, correspondientes a la población en la Validación del Modelo Temporal I, IDH, para el caso de Bélgica.

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	0.0504786	0.0027034	0.02713988
2000	0.0790167	0.02123446	0.02993432
2001	0.042075	0.13112744	0.04263688
2002	0.15356615	0.08254189	0.03807085
2003	0.20616533	0.057412	0.07719313
2004	0.20588615	0.12790987	0.04252425
2005	0.25029398	0.14131365	0.05870273
2006	0.35720134	0.08448972	0.14100905
2007	0.45938222	0.03609058	0.21686359
2008	0.49114782	0.03937363	0.23133318
2009	0.41772808	0.15062679	0.13921593

**Tabla 70.** Errores Relativos en %, correspondientes a la población en la Validación del Modelo Temporal I, IPG, para el caso de Bélgica.

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	0.05561266	0.01473852	0.03565781
2000	0.11186548	0.01262481	0.06333574
2001	0.09715188	0.09027467	0.00549525
2002	0.21089953	0.04301619	0.08666575
2003	0.27430729	0.01764398	0.131462
2004	0.26529196	0.09606509	0.08850161
2005	0.30581905	0.10824982	0.103218
2006	0.40782024	0.05202358	0.1827733
2007	0.52090216	0.01337474	0.27241634
2008	0.62439401	0.08489161	0.36014327
2009	0.68249584	0.10716216	0.4006294

**Tabla 71.** Errores Relativos en %, correspondientes a la población en la Validación del Modelo Temporal I, IDG, para el caso de Bélgica.

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	0.02840978	0.00476599	0.01685962
2000	0.08650752	0.00431481	0.04634203
2001	0.06508566	0.09119136	0.01136074
2002	0.18517545	0.02671406	0.08152497
2003	0.24732655	0.0103614	0.13136544
2004	0.24301007	0.07538564	0.08725118
2005	0.28697952	0.09396781	0.10053751
2006	0.36884537	0.0577003	0.16013118
2007	0.45451466	0.02211754	0.22120955
2008	0.53752308	0.04012014	0.29386326
2009	0.58739023	0.0816338	0.33962362

**Tabla 72.** Errores Relativos en %, correspondientes a la población en la Validación del Modelo Temporal II, IDH, IDG, IPG, para el caso de Bélgica.

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	0.0430457	0.00708891	0.01852404
2000	0.09734246	0.01190568	0.04390041
2001	0.07130064	0.11781542	0.02120152
2002	0.18485271	0.05961579	0.06532667
2003	0.24239174	0.03065	0.1087695
2004	0.24214366	0.10274856	0.07340026
2005	0.29474028	0.10776071	0.09776129
2006	0.39263643	0.06168566	0.17031062
2007	0.49297388	0.01553632	0.2440731
2008	0.58402696	0.03640673	0.3158941
2009	0.6405954	0.04853235	0.35050423

**Tabla 73.** Errores Relativos en %, correspondientes a la población en la Validación del Modelo Temporal III, IDH, IPG, IDG, IPH-2, para el caso de Bélgica.

### I.4.3. Errores Relativos Validaciones Canadá

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	0.507375823	1.07456687	0.788137712
2000	0.802800351	1.707139114	1.250581296
2001	0.599926751	1.342550107	0.967793309
2002	0.583116916	1.512261705	1.043431745
2003	0.750741816	1.836947688	1.288888285
2004	1.122115267	2.593279284	1.851037843
2005	1.62812383	3.492409167	2.55201013
2006	2.075997244	4.439637344	3.247647338
2007	2.34554293	4.909114775	3.616620239
2008	2.543492787	5.403245467	3.961891232

**Tabla 74.** Errores Relativos en %, correspondientes a la población en la Validación del Modelo Temporal I, IPH-2, para el caso de Canadá.

#### I.4.4. $\chi^2$ Validaciones España

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	6.329177	34.40519	13.00963
2000	12.25422	12.79319	7.531377
2001	4.431101	5.120462	8.519835
2002	7.809734	9.930082	4.380584
2003	10.61097	7.938565	7.215358
2004	4.056643	8.79281	3.312779
2005	8.816319	6.923186	7.369747
2006	4.393692	2.378937	7.425522
2007	8.108038	11.40404	14.75574
2008	7.516307	7.456302	13.222
2009	10.14256	4.486767	5.748505

**Tabla 75.** Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados, correspondientes a la población en la validación del Modelo Temporal I, IDH, para el caso de España.  $\chi^2_{10,0.05}=18.31$

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	7.865228	52.32584	9.955244
2000	24.87615	28.46656	13.0424
2001	10.46603	8.651273	10.84567
2002	10.12078	10.34537	4.958144
2003	5.305554	10.93562	11.67278
2004	1.901306	11.91146	10.95132
2005	9.516451	6.836567	6.092415
2006	3.431976	2.315282	3.632079
2007	6.225542	5.643919	8.710732
2008	7.56945	5.897143	9.325901
2009	13.06202	5.459332	10.54763

**Tabla 76.** Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados, correspondientes a la población en la validación del Modelo Temporal I, IPG, para el caso de España.  $\chi^2_{10,0.05}=18.31$

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	54.53605	52.10294	10.36138
2000	5.878822	26.45621	4.440994
2001	10.59912	10.02748	4.117148
2002	9.130044	12.85127	3.048784
2003	3.462085	10.97374	4.124023
2004	17.43684	12.76042	3.057339
2005	9.669827	8.237	9.528646
2006	11.14649	2.40153	5.82042
2007	15.0627	6.133372	15.85039
2008	14.94016	6.984597	14.25269
2009	6.44781	8.630347	4.600777

**Tabla 77.** Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados, correspondientes a la población en la validación del Modelo Temporal I, IDG, para el caso de España.  $\chi^2_{10,0.05}=18.31$

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	34.54765	56.08016	12.39662
2000	10.13278	22.56488	3.913246
2001	6.256598	4.075402	5.229414
2002	6.142795	14.45835	3.63048
2003	5.176751	9.967067	8.444642
2004	14.71044	6.658903	11.78286
2005	7.611448	10.14558	6.495794
2006	6.519926	3.312946	9.385821
2007	13.4673	6.431179	15.40067
2008	20.3465	4.776698	10.95961
2009	7.260707	8.081968	4.109626

**Tabla 78.** Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados, correspondientes a la población en la validación del Modelo Temporal I, IPH-2 para el caso de España.  $\chi^2_{10,0.05}=18.31$



<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	57.2812	48.92116	12.45054
2000	6.842681	32.50988	3.636703
2001	14.00037	8.524806	4.190491
2002	7.042462	10.25961	2.012187
2003	2.746337	12.25519	7.754403
2004	20.31098	12.98593	2.862157
2005	7.023858	8.329366	8.646269
2006	8.182335	2.901972	4.682771
2007	11.27898	6.54021	17.30539
2008	12.83041	8.638955	13.66012
2009	7.230348	6.689422	5.326118

**Tabla 79.** Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados, correspondientes a la población en la validación del Modelo Temporal II, IDH, IDG, IPG, para el caso de España.  $\chi^2_{10,0.05}=18.31$

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	49.62574	51.55976	11.4953
2000	6.158536	33.25309	2.681373
2001	8.014952	9.173573	4.621797
2002	5.019778	11.08299	2.109684
2003	2.200638	11.92757	8.522757
2004	6.275156	14.58811	3.134368
2005	7.032952	8.469414	8.512766
2006	6.629532	2.192414	4.088037
2007	10.36442	7.340592	22.28538
2008	11.53189	7.002941	14.98751
2009	5.034397	5.073479	5.044187

**Tabla 80.** Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados, correspondientes a la población en la validación del Modelo Temporal III, IDH, IDG, IPG, IPH-2, para el caso de España.  $\chi^2_{10,0.05}=18.31$

### I.4.5. $\chi^2$ Validaciones Bélgica

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	0	0	88.69645
2000	15.48848	23.72042	0
2001	10.44745	5.459756	0
2002	2.218663	18.36496	0
2003	5.920518	7.52621	0
2004	4.229124	13.85951	4.080494
2005	5.980856	17.02165	7.403791
2006	7.645238	11.30508	27.68744
2007	13.84119	6.064933	10.49184
2008	22.46432	4.735098	329.0831
2009	18.76429	7.969646	12.32543

**Tabla 81.** Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados, correspondientes a la población en la validación del Modelo Temporal I, IDH, para el caso de Bélgica.  $\chi^2_{10,0.05}=18.31$

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	55.13475	56.1858	71.75259
2000	17.98812	20.46522	7.026395
2001	210.7936	8.78231	0
2002	15.01432	26.56411	7.059358
2003	5.596877	11.38412	2.991458
2004	706.3519	5.627647	27.04389
2005	3.539481	15.26657	9.884955
2006	30.44498	4.506052	68.55951
2007	9.233759	3.979484	10.61736
2008	9.132933	4.033315	13.88554
2009	22.97271	3.081122	17.11691

**Tabla 82.** Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados, correspondientes a la población en la validación del Modelo Temporal I, IPG, para el caso de Bélgica.  $\chi^2_{10,0.05}=18.31$

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	26.94196	22.93561	18.78007
2000	34.28273	42.14948	34.26744
2001	9.728193	16.8075	11.96156
2002	8.390675	6.411026	217.0253
2003	3.536819	6.866977	7.471383
2004	13.51447	9.921555	17.48785
2005	18.54252	10.21472	13.45976
2006	8.543883	8.716567	4.116163
2007	16.17004	6.61701	11.79757
2008	12.54078	3.726011	17.76191
2009	10.81017	5.911241	15.8926

**Tabla 83.** Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados, correspondientes a la población en la validación del Modelo Temporal I, IDG, para el caso de Bélgica.  $\chi^2_{10,0.05} = 18.31$

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	0	37.02198	58.17756
2000	32.58598	25.30599	141.5168
2001	1811.819	19.87708	48.02989
2002	5.405136	15.63569	9.064316
2003	341.7059	5.348843	7.556291
2004	71.86398	6.311413	31.82262
2005	1.269708	11.84067	1880.339
2006	13.59372	8.665094	9.054602
2007	11.72284	3.055691	11.93933
2008	10.06955	4.986001	14.94175
2009	11.56444	5.08648	24.77268

**Tabla 84.** Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados, correspondientes a la población en la validación del Modelo Temporal II, IDH, IDG, IPG, para el caso de Bélgica.  $\chi^2_{10,0.05} = 18.31$

AÑO	Mujeres	Hombres	Total
1999	26.94196	22.93561	18.78007
2000	34.28273	42.14948	34.26744
2001	9.728193	16.8075	11.96156
2002	8.390675	6.411026	217.0253
2003	3.536819	6.866977	7.471383
2004	13.51447	9.921555	17.48785
2005	18.54252	10.21472	13.45976
2006	8.543883	8.716567	4.116163
2007	16.17004	6.61701	11.79757
2008	12.54078	3.726011	17.76191
2009	10.81017	5.911241	15.8926

**Tabla 85.** Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados, correspondientes a la población en la validación del Modelo Temporal III, IDH, IDG, IPG, IPH-2, para el caso de Bélgica.  $\chi^2_{10,0.05}=18.31$

#### I.4.6. $\chi^2$ Validaciones Canadá

AÑO	Mujeres	Hombres	Total
1999	38.47799	47.81948	10.0302
2000	18.96712	36.04615	14.09627
2001	12.03137	6.875593	6.156535
2002	7.717247	8.539736	13.27421
2003	13.10795	3.978729	4.862986
2004	13.88621	1.96775	6.681816
2005	5.986998	6.889482	4.505777
2006	9.365988	6.073396	6.931231
2007	13.35353	9.326941	4.713498
2008	13.74988	3.472488	4.395288
2009	10.68547	4.467082	13.05649

**Tabla 86.** Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados, correspondientes a la población en la validación del Modelo Temporal I, IPH-2, para el caso de Canadá.  $\chi^2_{10,0.05}=18.31$





## **Apéndice II**

---

Datos Auxiliares para los Modelos Estructurados por Edades II y III





## II.1. Listado de Variables por Subsistemas

### Demografía

- DEFH** Defunciones de hombres totales [población] (variable de nivel)
- DEFM** Defunciones de mujeres totales [población] (variable de nivel)
- POBB** Población a principio de año [población] (variable auxiliar)
- POBL** Población a final de año por cohortes [población] (variable auxiliar)
- POHH** Población de hombres a principio de año [población] (variable auxiliar)
- POHI** Población de hombres a principio de año por cohortes [población] (constante)
- POHL** Población de hombres a final de año por cohortes [población] (variable auxiliar)
- POMI** Población de mujeres a principio de año por cohortes [población] (constante)
- POML** Población de mujeres a final de año por cohortes [población] (variable auxiliar)
- POMM** Población de mujeres a principio de año [población] (variable auxiliar)
- PRPM** Proporción de mujeres [población mujeres/población total] (variable auxiliar)
- PRPV** Proporción de hombres [población hombres/población total] (variable auxiliar)
- TDEH** Tasa de defunción de hombres por cohortes [defunciones hombres/población hombres] (variable auxiliar)
- TDEM** Tasa de defunción de mujeres por cohortes [defunciones mujeres/población mujeres] (variable auxiliar)
- TEMH** Tasa de emigración de hombres [emigrantes hombres/población hombres] (variable auxiliar)
- TEMI** Tiempo inicial [años] (constante)
- TEMM** Tasa de emigración de mujeres [emigrantes mujeres/población mujeres] (variable auxiliar)
- TEMS** Tiempo [años] (variable de nivel)
- TINH** Tasa de inmigración de hombres [inmigrantes hombres/población hombres] (variable auxiliar)
- TINM** Tasa de inmigración de mujeres [inmigrantes mujeres/población mujeres] (variable auxiliar)
- TNAH** Tasa de natalidad de hombres por cohortes [nacimientos hombres/población mujeres] (variable auxiliar)
- TNAM** Tasa de natalidad de mujeres por cohortes [nacimientos mujeres/población mujeres] (variable auxiliar)
- XACH** Nacimientos de hombres totales [población] (variable de nivel)
- XACM** Nacimientos de mujeres totales [población] (variable de nivel)

### Índice de Desarrollo Humano

- ESPV** Esperanza de vida al nacer [años] (variable auxiliar)
- PAAF** Tasa de población adulta alfabetizada [%] (variable auxiliar)
- PIBR** Producto interior bruto [PPP US\$] (variable de entrada)
- POME** Tasa de población matriculada escolarmente [%] (variable auxiliar)

**YEDU** Índice educacional [%] (variable auxiliar)  
**YEPV** Índice de esperanza de vida al nacer [%] (variable auxiliar)  
**YPAÁ** Índice de población adulta alfabetizada [%] (variable auxiliar)  
**YPIB** Índice del producto interior bruto [%] (variable auxiliar)  
**YPOM** Índice de población matriculada escolarmente [%] (variable auxiliar)  
**XIDH** Índice de Desarrollo Humano [%] (variable auxiliar)  
**XIDI** Índice de Desarrollo Humano a principio de año [%] (variable auxiliar)

### **Índice de Diferenciación de Género**

**AAHO** Porcentaje de población de hombres adultos alfabetizados [%](variable de entrada)  
**AAMU** Porcentaje de población de mujeres adultas alfabetizadas [%] (variable de entrada)  
**BMHO** Porcentaje de población de hombres matriculados escolarmente [%](variable de entrada)  
**BMMU** Porcentaje de población de mujeres matriculadas escolarmente [%](variable de entrada)  
**EVMU** Esperanza de vida al nacer de las mujeres [años] (variable auxiliar)  
**EVHO** Esperanza de vida al nacer de los hombres [años] (variable auxiliar)  
**XIDG** Índice de Diferenciación de Género [%](variable auxiliar)  
**XIGI** Índice de Diferenciación de Género a principio de año [%](variable auxiliar)  
**YAAH** Índice de población de hombres adultos alfabetizadas [%](variable auxiliar)  
**YAAM** Índice de población de mujeres adultas alfabetizadas [%](variable auxiliar)  
**YBMH** Índice población de mujeres matriculada escolarmente [%](variable auxiliar)  
**YBMM** Índice población de mujeres matriculada escolarmente [%](variable auxiliar)  
**YEID** Índice de Educación Igualmente Distribuido [%](variable auxiliar)  
**YEMU** Índice de educación de mujeres [%](variable auxiliar)  
**YEVA** Índice de educación de hombres [%](variable auxiliar)  
**YEVD** Índice de Esperanza de Vida Igualmente Distribuido [%](variable auxiliar)  
**YEVH** Índice esperanza de vida hombres [%](variable auxiliar)  
**YEVU** Índice esperanza de vida mujeres [%](variable auxiliar)  
**YIID** Índice de Ingresos Igualmente Distribuidos [%](variable auxiliar)  
**YIMU** Índice de ingresos de mujeres [%](variable auxiliar)  
**YIVA** Índice de ingresos de hombres [%](variable auxiliar)  
**YMUJ** Ingresos de mujeres [PPP US\$] (variable de entrada)  
**YVAR** Ingresos de hombres [PPP US\$] (variable de entrada)

### **Índice de Potenciación de Género**

**AEMU** Porcentaje de participación de altos cargos femeninos [%](variable de entrada)  
**AEVA** Porcentaje de participación de altos cargos masculinos [%](variable auxiliar)  
**EPID** Porcentaje de participación parlamentaria [%](variable auxiliar)  
**EPIH** Porcentaje de participación parlamentaria de hombres [%](variable auxiliar)

---

EPIM Porcentaje de participación parlamentaria de mujeres [%](variable de entrada)  
PEID PEID Medio [%](variable auxiliar)  
PMUJ Participación de profesionales hembras [%](variable de entrada)  
PPTE PEID sin indexar [%](variable auxiliar)  
PPTI PEID Indexado de profesionales [%](variable auxiliar)  
PVAR Participación de profesionales hombres [%](variable auxiliar)  
XAAE PEID sin indexar [%](variable auxiliar)  
XAEI PEID Indexado de altos cargos [%](variable auxiliar)  
YIIC Ingresos totales [%] (variable auxiliar)  
XIPG Índice de Potenciación de Genero [%] (variable auxiliar)  
XIPI Índice de Potenciación de Genero a principio de año [%] (variable auxiliar)  
YMUI Índice de ingresos mujeres [PPP US\$] (variable auxiliar)  
YVAI Índice de ingresos hombres [PPP US\$] (variable auxiliar)

### **Índice de Pobreza Humana Países OCDE**

PDES Tasa de desempleo de larga duración [%](variable de entrada)  
PPUP Porcentaje de población por debajo del umbral de pobreza de ingresos [%](variable de entrada)  
XIII Índice de Pobreza Humana a principio de año [%] (variable auxiliar)  
XIPH Índice de Pobreza Humana [%] (variable auxiliar)  
YACA Porcentaje de adultos que carecen de aptitudes funcionales [%](variable de entrada)  
YPNN Porcentaje de gente que no sobrevive a los 60 años [%](variable de entrada)

### **Variables Objetivo en Simulaciones**

SOS1 Índice de Desarrollo Humano [%] (variable auxiliar)  
SOS2 Diferencia entre nacimientos y defunciones [%] (variable auxiliar)



## II.2. Diagrama de Forrester

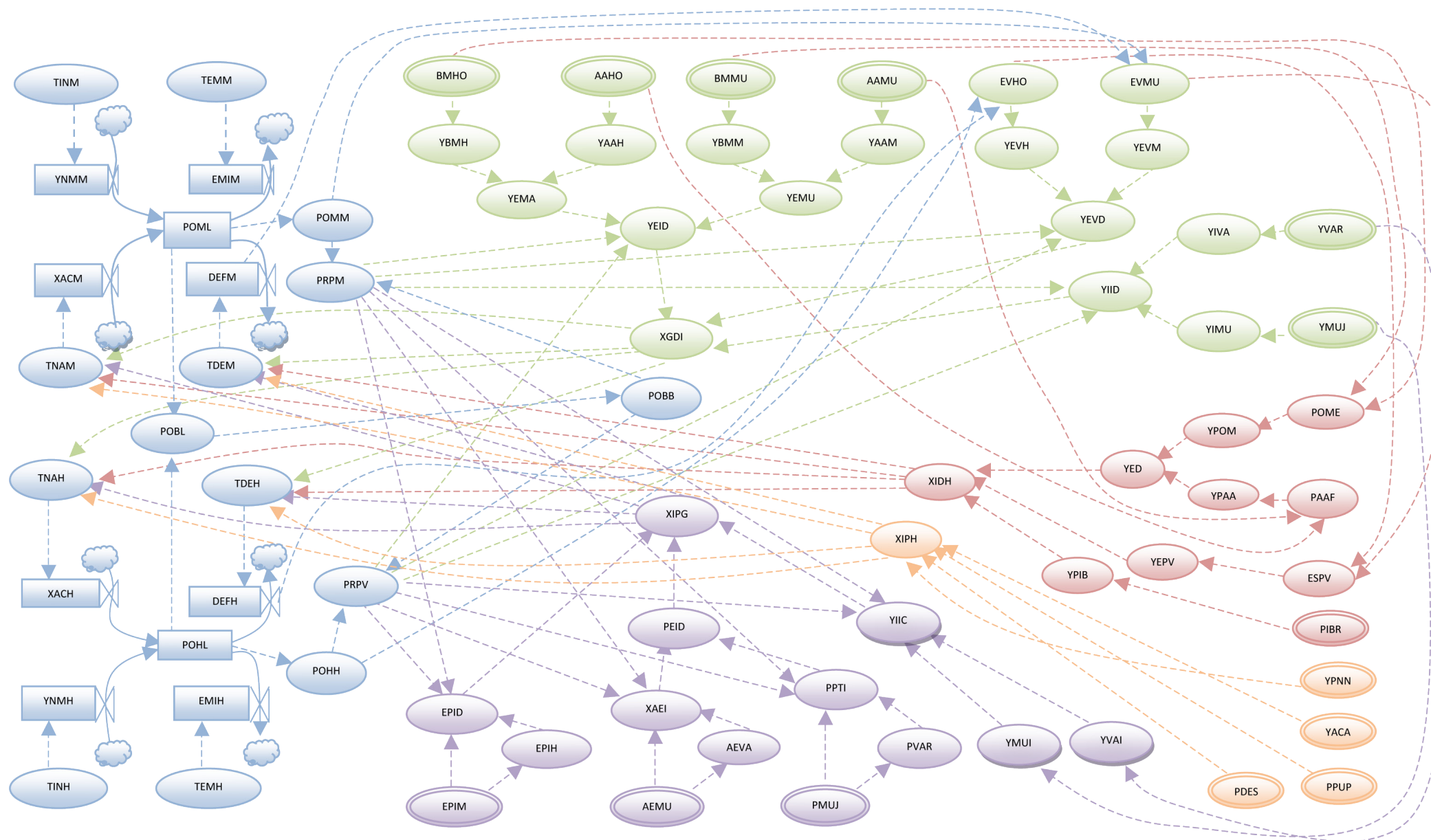


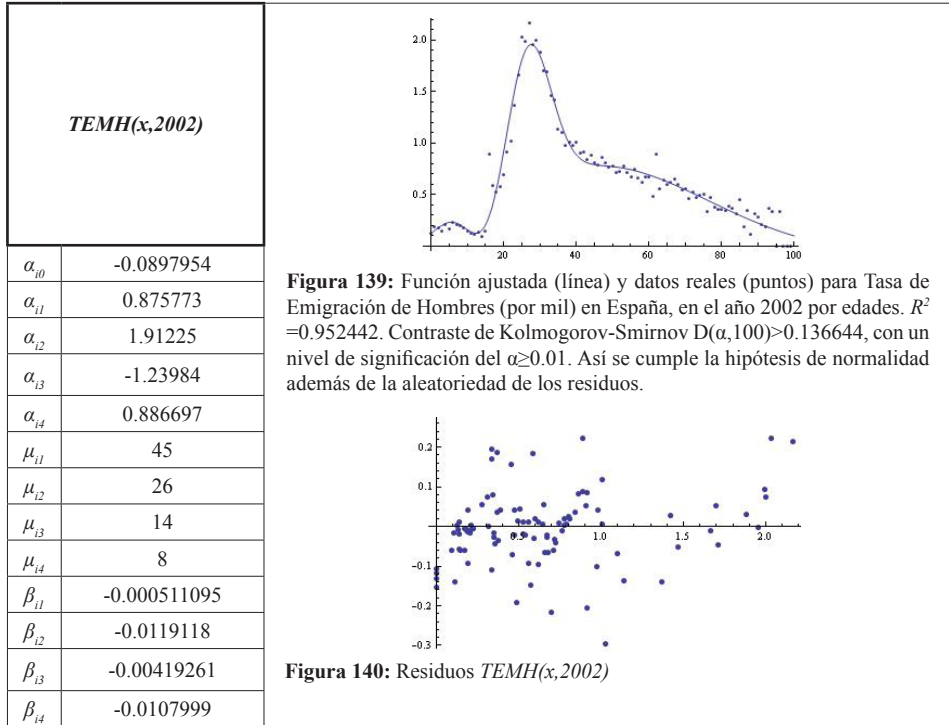
Figura 138: Diagrama de Forrester para Modelo Estructurado por Edades III, IDH, IDG, IPG, IPH-2



### II.3. Tasas por Modelos

#### II.3.1. ESPAÑA para datos obtenidos directamente desde el INE

Tasas Migratorias para los Modelos Estructurados por Edades II y III



**Tabla 87.** Valores de los parámetros para la tasa de emigración de hombres por cohortes de edad,  $TEMH(x, 2002)$ . España.

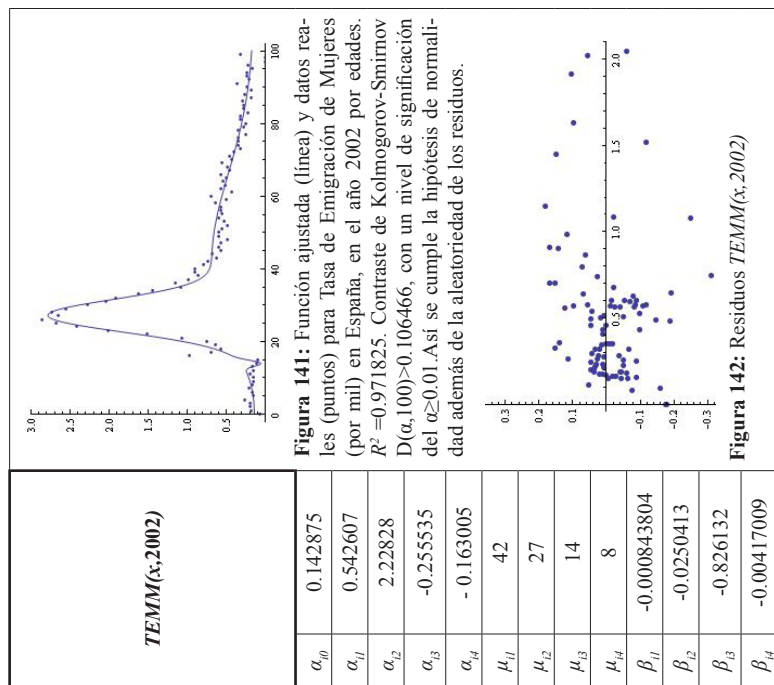


Tabla 88. Valores de los parámetros para la tasa de emigración de mujeres por cohortes de edad,  $TEMM(x,2002)$ . España.

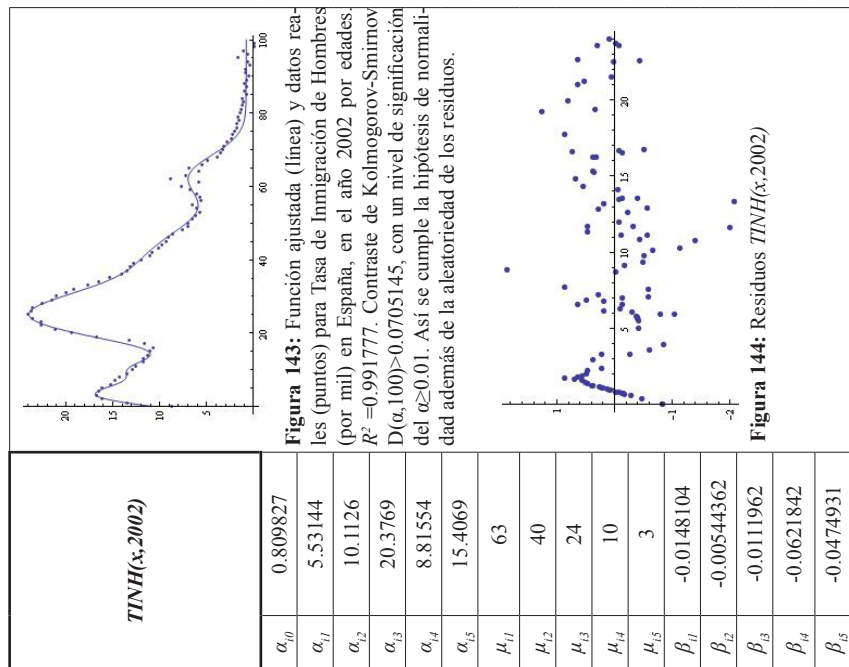
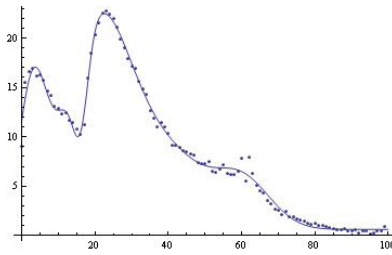


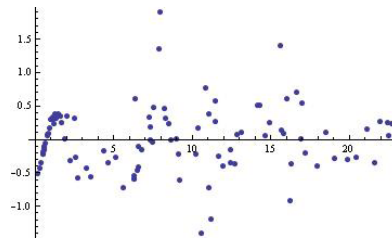
Tabla 89. Valores de los parámetros para la tasa de inmigración de hombres por cohortes de edad,  $TINH(x,2002)$ . España.



$TINM(x,2002)$	
$\alpha_{i0}$	0.641199
$\alpha_{i1}$	5.02529
$\alpha_{i2}$	7.03742
$\alpha_{i3}$	20.845
$\alpha_{i4}$	- 8.46596
$\alpha_{i5}$	13.3188
$\mu_{i1}$	60
$\mu_{i2}$	40
$\mu_{i3}$	21
$\mu_{i4}$	16
$\mu_{i5}$	3
$\beta_{i1}$	-0.00812361
$\beta_{i2}$	-0.00535158
$\beta_{i3}$	-0.00612702
$\beta_{i4}$	-0.106046
$\beta_{i5}$	-0.0362836



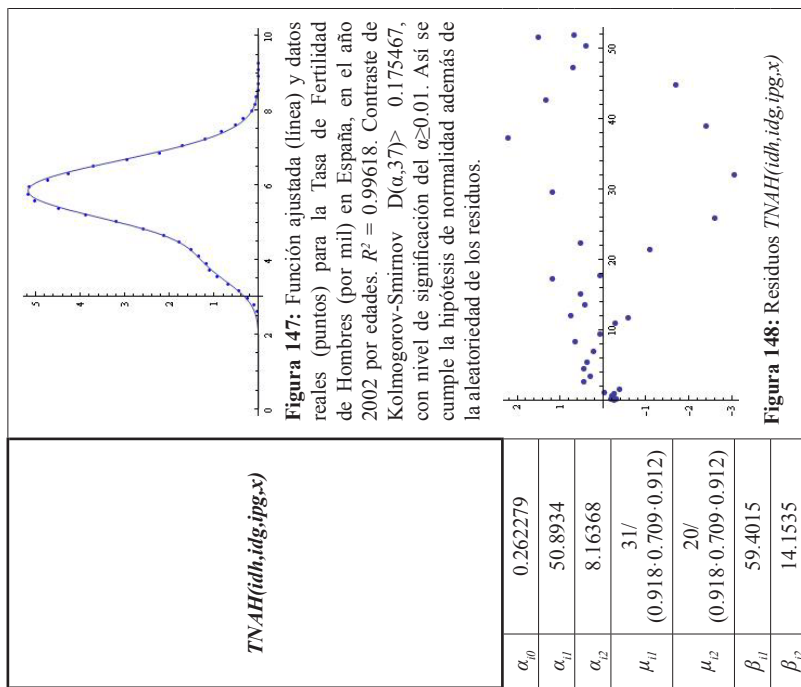
**Figura 145:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para Tasa de Inmigración de Mujeres (por mil) en España, en el año 2002 por edades.  $R^2 = 0.993403$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha,100) > 0.108108$ , con un nivel de significación del  $\alpha \geq 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.



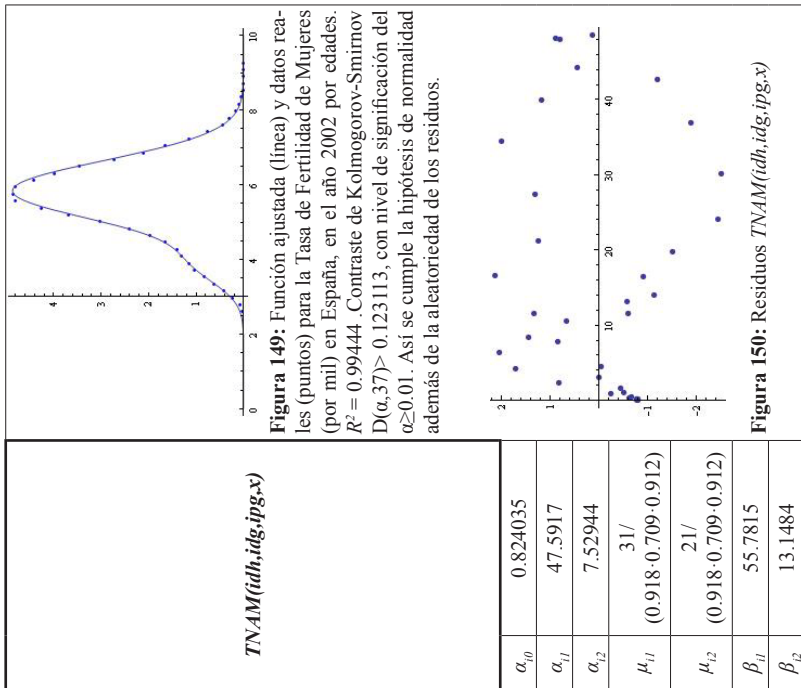
**Figura 146:** Residuos  $TINM(x,2002)$

**Tabla 90.** Valores de los parámetros para la tasa de inmigración de mujeres por cohortes de edad,  $TINM(x,2002)$ . España.

Tasas de Fertilidad, Modelo Estructurado por Edades II

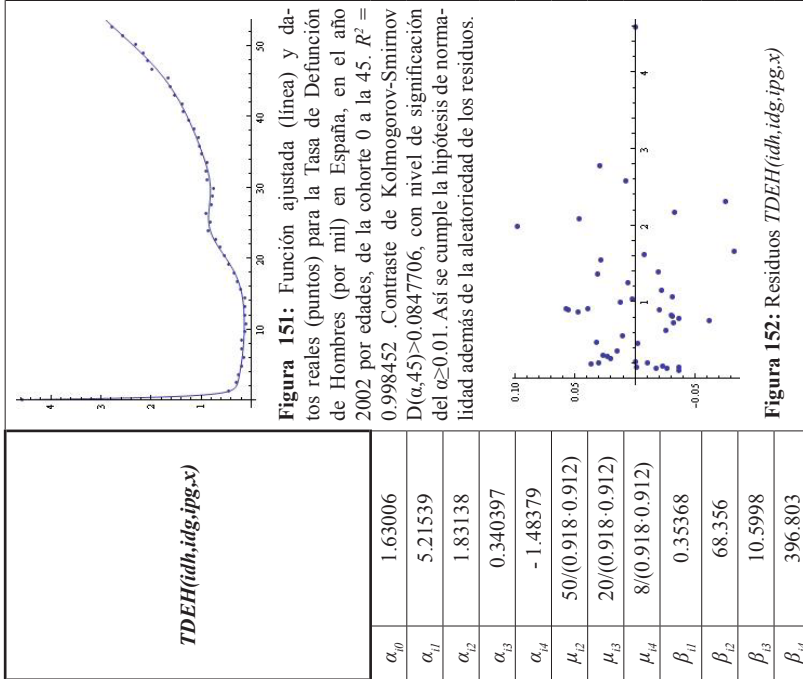


**Tabla 91.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de hombres por cohortes de edad,  $TNAH(tidh, idg, ipg, x)$ . España.

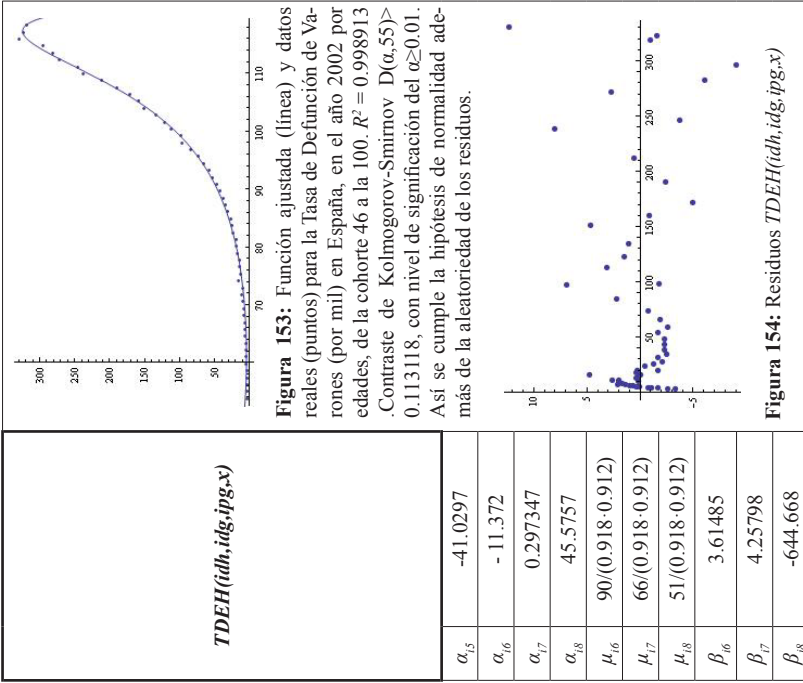


**Tabla 92.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de mujeres por cohortes de edad,  $TNAM(tidh, idg, ipg, x)$ . España.

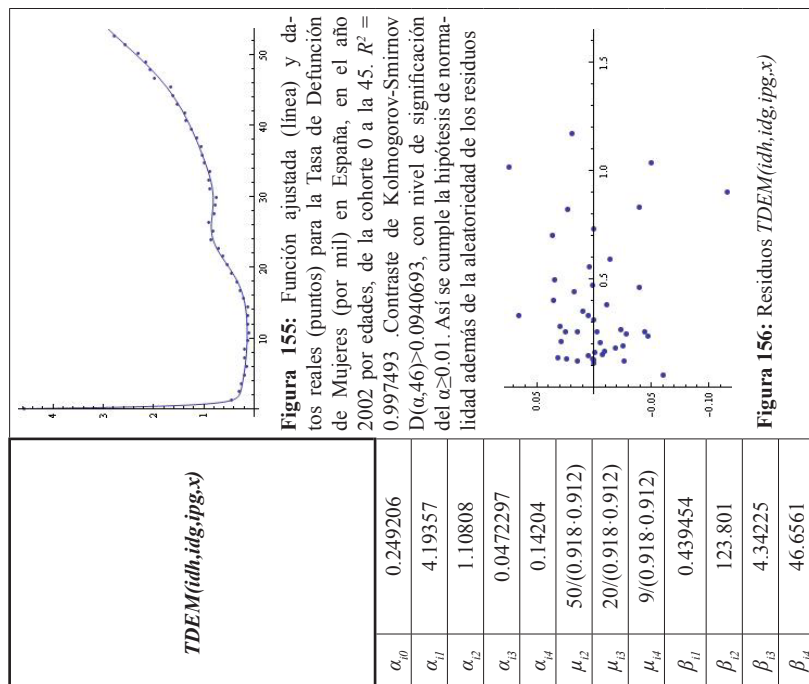
Tasas de Defunción, Modelo Estructurado por Edades II



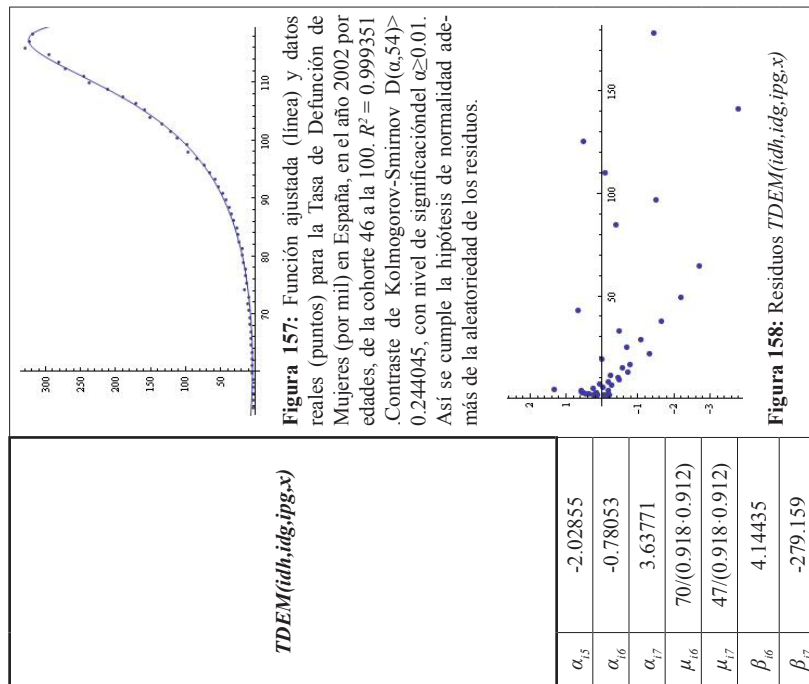
**Tabla 93.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres por cohortes de edad de 0 a 45 años,  $TDEH(i_{t,h},idg,ipg,x)$ . España.



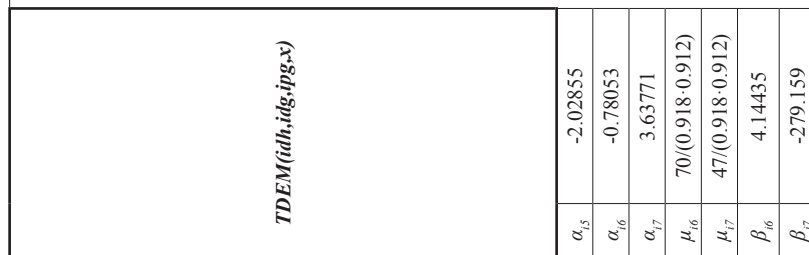
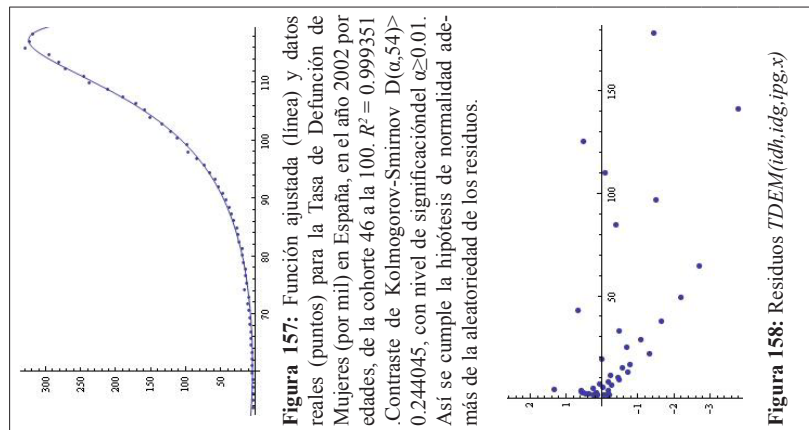
**Tabla 94.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres por cohortes de edad de 46 a 100 años,  $TDEH(i_{t,h},idg,ipg,x)$ . España.



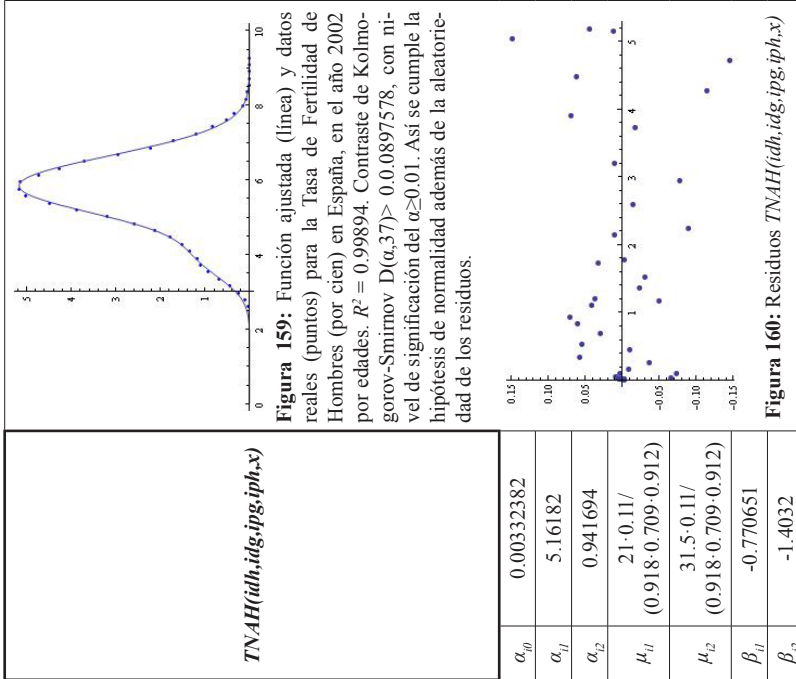
**Tabla 95.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres por cohortes de edad de 0 a 45 años,  $TDEM(idh, idg, ipg, x)$ . España.



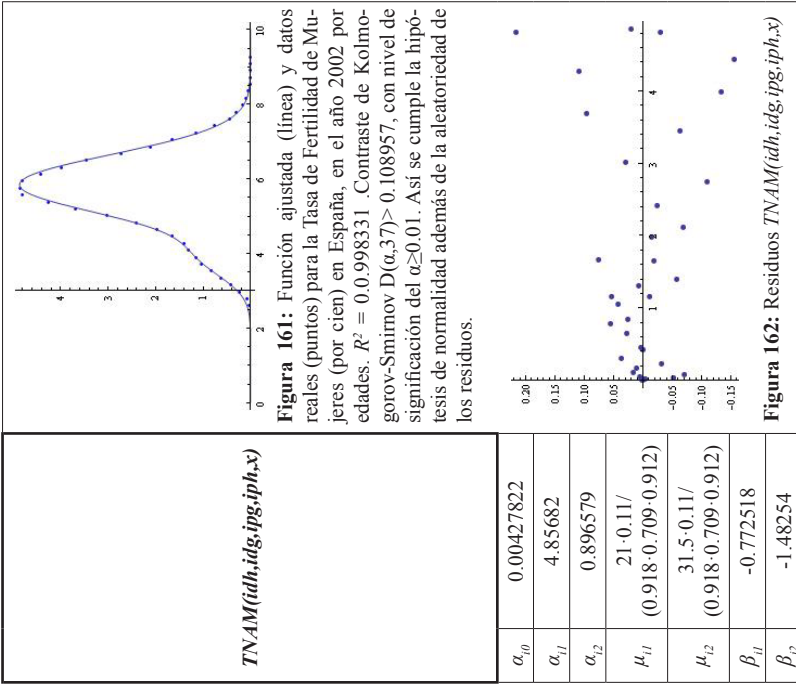
**Tabla 96.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres por cohortes de edad de 46 a 100 años,  $TDEM(idh, idg, ipg, x)$ . España.



Tasas de Fertilidad, Modelo Estructurado por Edades III

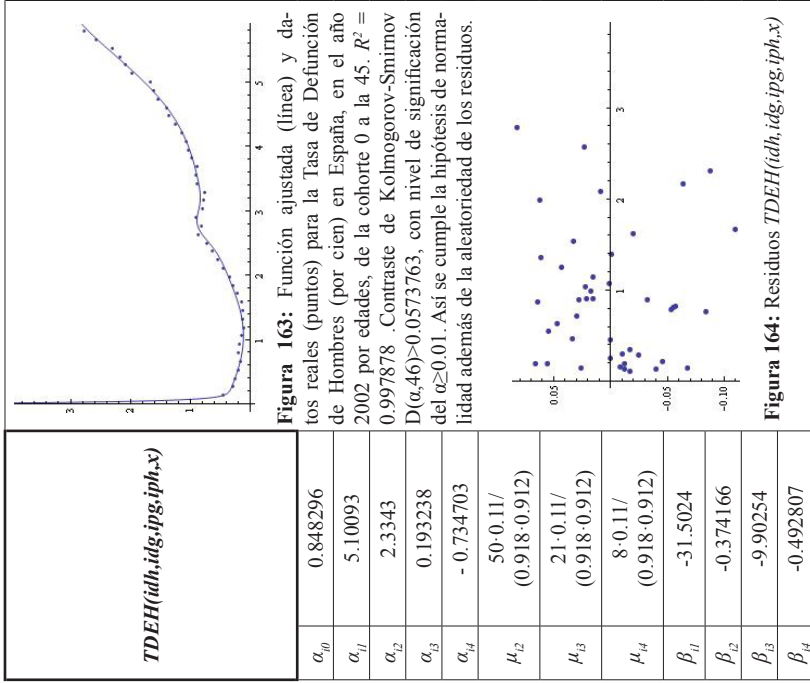


**Tabla 97.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de hombres por cohortes de edad,  $TNAH(idh, idg, ipg, iph, x)$ . España.

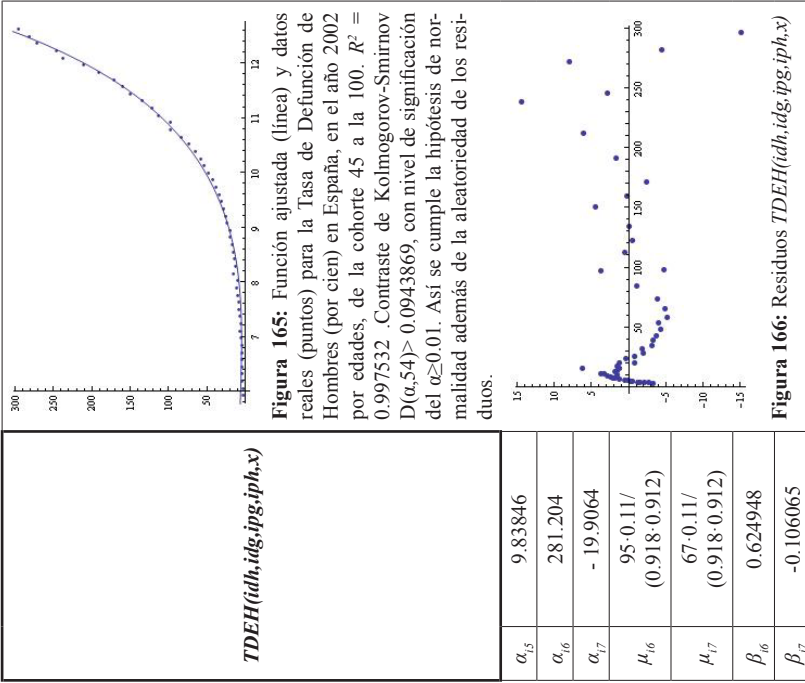


**Tabla 98.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de mujeres por cohortes de edad,  $TNAM(idh, idg, ipg, iph, x)$ . España.

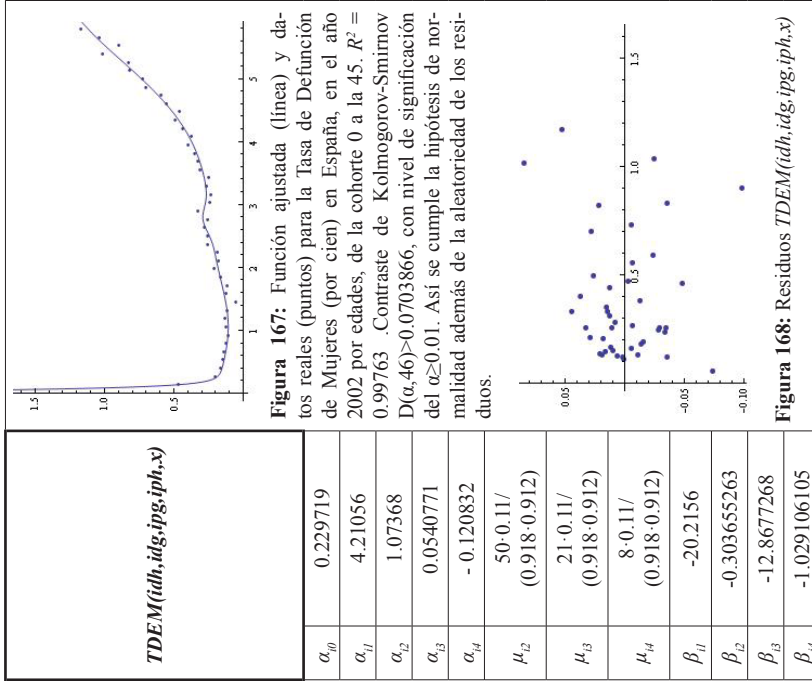
Tasas de Defunción, Modelo Estructurado por Edades III



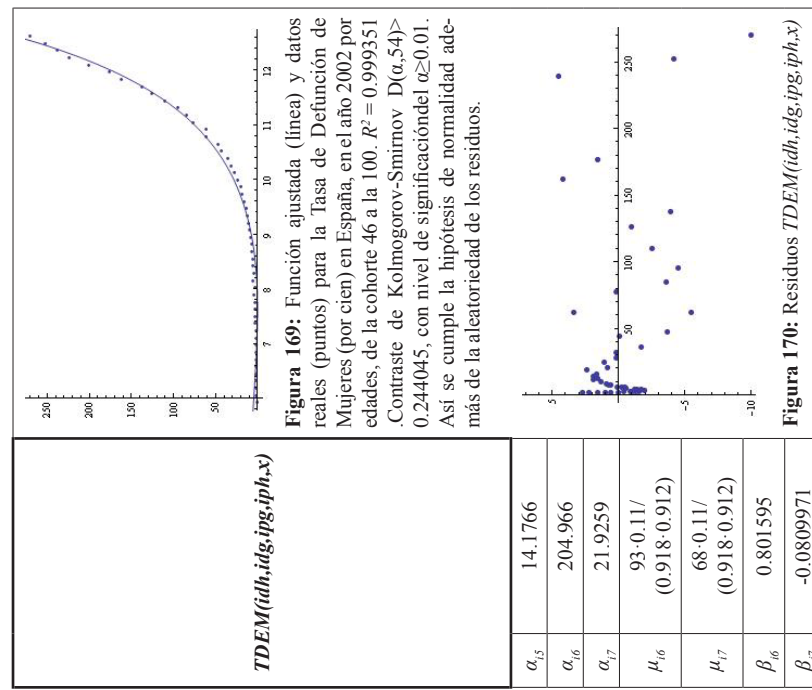
**Tabla 99.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres por cohortes de edad de 0 a 45 años,  $TDEH(idh, idg, ipg, iph, x)$ . España.



**Tabla 100.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres por cohortes de edad de 46 a 100 años,  $TDEH(idh, idg, ipg, iph, x)$ . España.



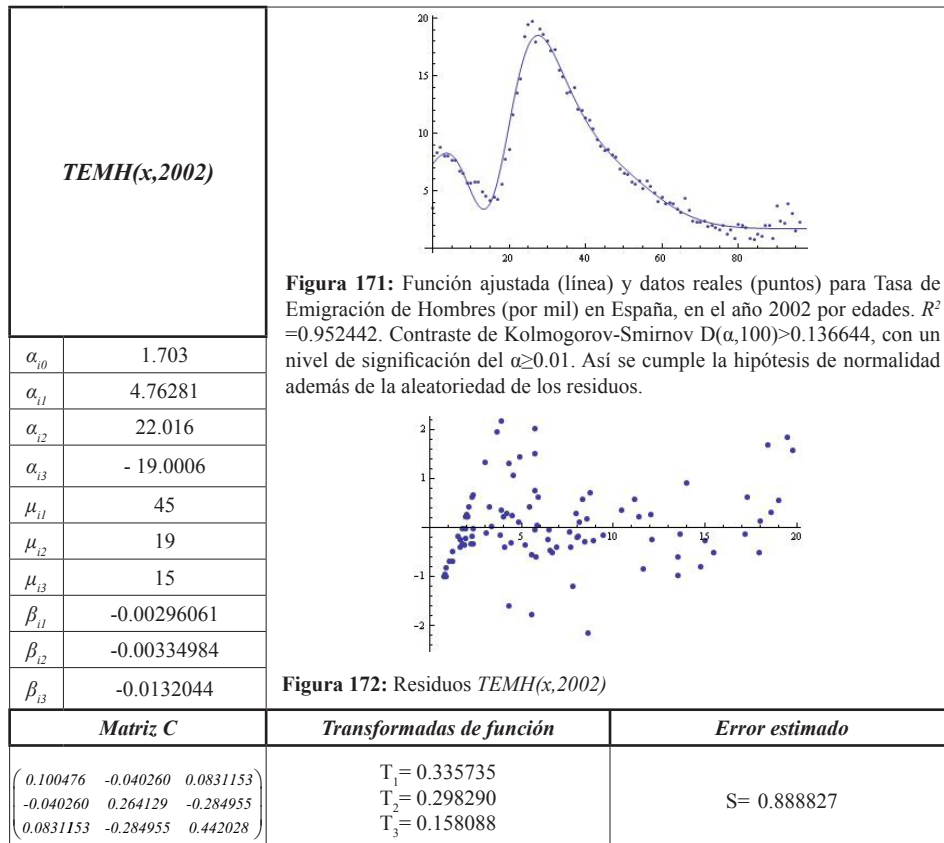
**Tabla 95.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres por cohortes de edad de 0 a 45 años,  $TDEM(idh, idg, ipg, iph, x)$ . España.



**Tabla 96.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres por cohortes de edad de 46 a 100 años,  $TDEM(idh, idg, ipg, iph, x)$ . España.

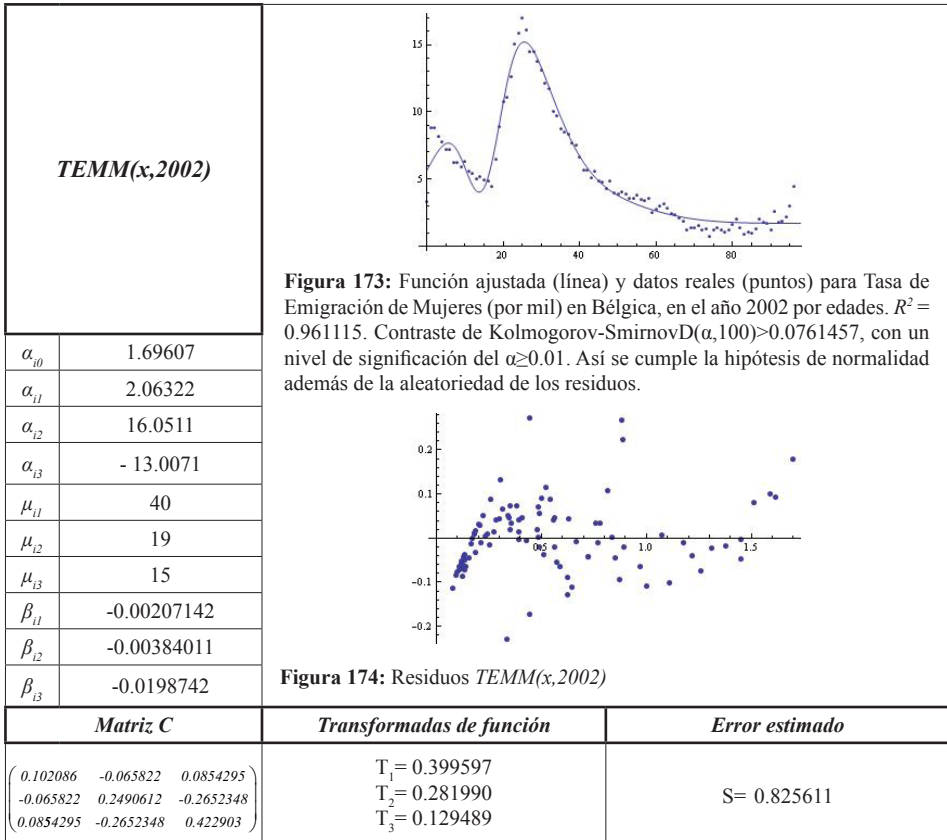
## II.3.2. BÉLGICA para datos extraídos directamente de Statistics Belgium

Tasas Migratorias para los Modelos Estructurados por Edades II y III

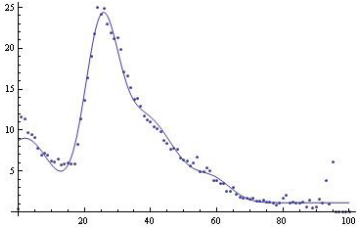
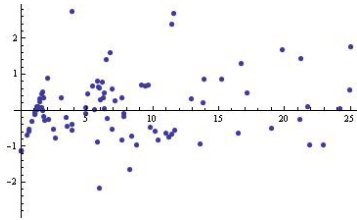


**Tabla 103.** Valores de los parámetros para la tasa de emigración de hombres por cohortes de edad,  $TEMH(x,2002)$ . Bélgica.

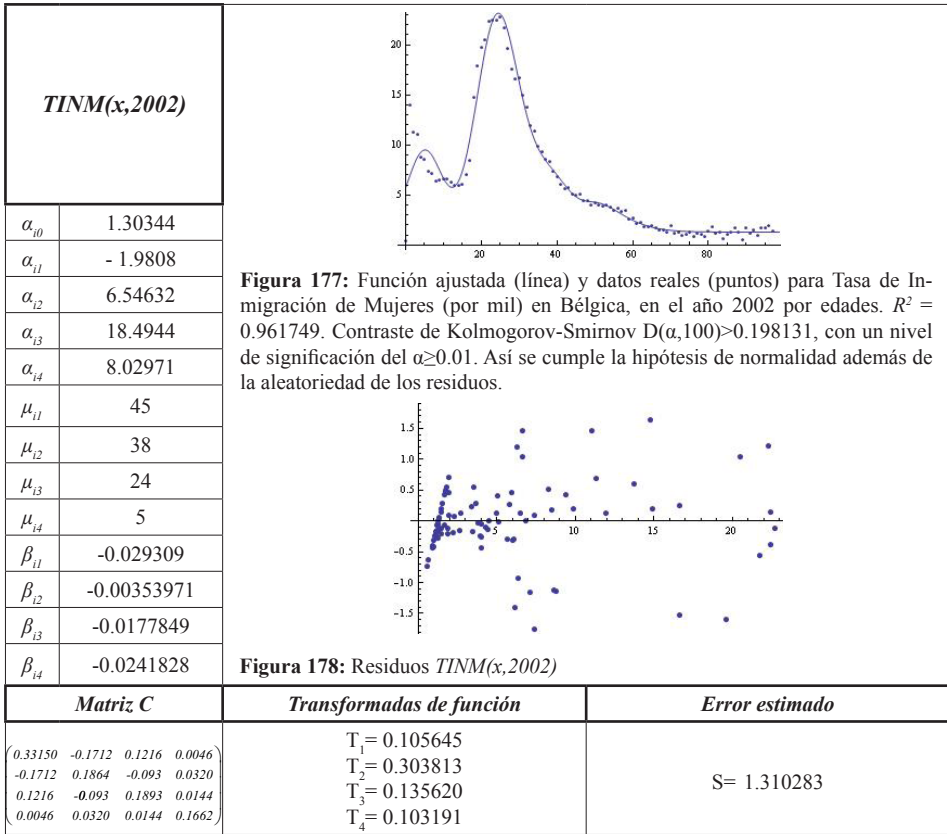




**Tabla 104.** Valores de los parámetros para la tasa de emigración de mujeres por cohortes de edad, *TEMM(x,2002)*. Bélgica.

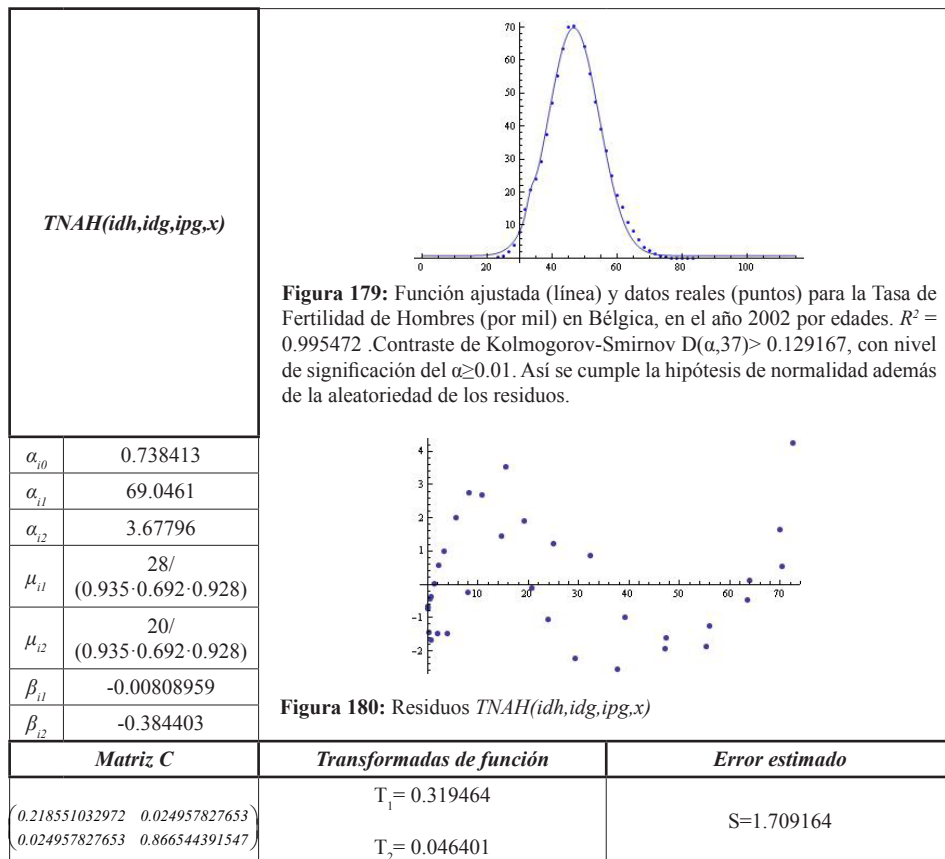
<b><math>TINH(x,2002)</math></b>		 <p><b>Figura 175:</b> Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para Tasa de Inmigración de Hombres (por mil) en Bélgica, en el año 2002 por edades. <math>R^2 = 0.962596</math>. Contraste de Kolmogorov-Smirnov <math>D(\alpha,100) &gt; 0.148767</math>, con un nivel de significación del <math>\alpha \geq 0.01</math>. Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.</p>  <p><b>Figura 176:</b> Residuos <math>TINH(x,2002)</math></p>
$\alpha_{i0}$	1.11269	
$\alpha_{i1}$	2.51927	
$\alpha_{i2}$	10.3907	
$\alpha_{i3}$	19.1428	
$\alpha_{i4}$	8.20767	
$\mu_{i1}$	59	
$\mu_{i2}$	38	
$\mu_{i3}$	25	
$\mu_{i4}$	5	
$\beta_{i1}$	-0.0156431	
$\beta_{i2}$	-0.00584826	
$\beta_{i3}$	-0.0196437	
$\beta_{i4}$	-0.0193319	
<b>Matriz C</b>	<b>Transformadas de función</b>	<b>Error estimado</b>
$\begin{pmatrix} 0.1441 & 0.0204 & 0.0354 & 0.0432 \\ 0.0204 & 0.1053 & -0.021 & 0.0360 \\ 0.0354 & -0.021 & 0.1553 & 0.0256 \\ 0.0432 & 0.0360 & 0.0256 & 0.1632 \end{pmatrix}$	$T_1 = 0.140311$ $T_2 = 0.229474$ $T_3 = 0.125211$ $T_4 = 0.108628$	S= 1.240418

**Tabla 105.** Valores de los parámetros para la tasa de inmigración de hombres por cohortes de edad,  $TINH(x,2002)$ . Bélgica.

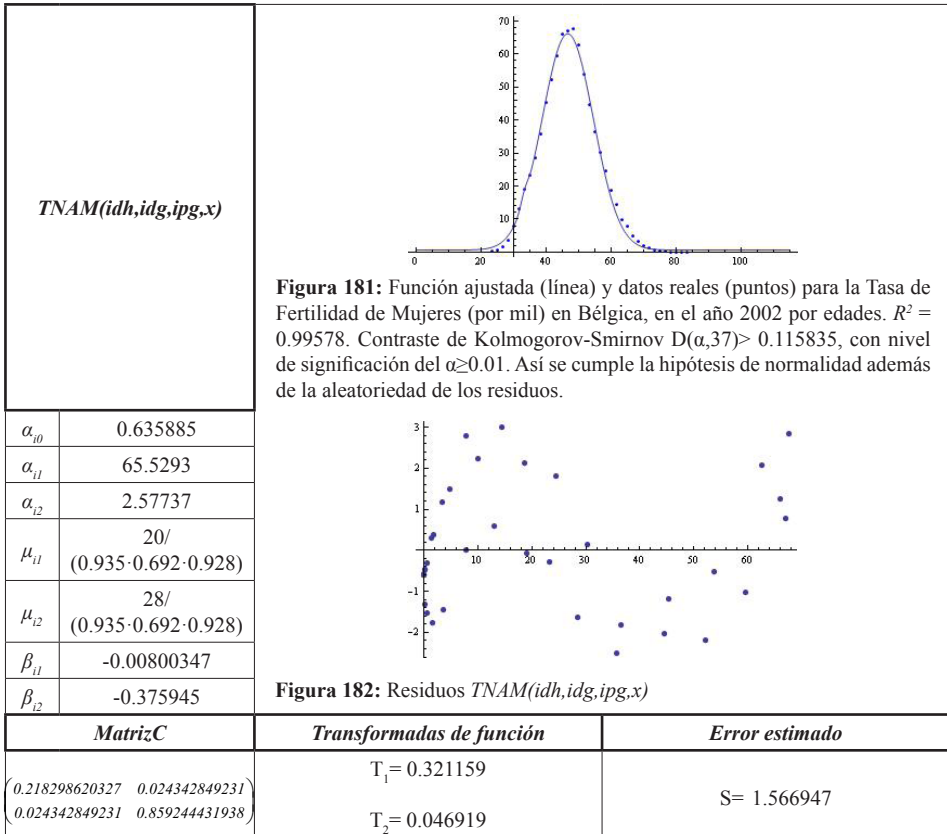


**Tabla 106.** Valores de los parámetros para la tasa de inmigración de mujeres por cohortes de edad,  $TINM(x,2002)$ . Bélgica.

### Tasas de Fertilidad, Modelo Estructurado por Edades II



**Tabla 107.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de hombres por cohortes de edad,  $TNAH(idh, idg, ipg, x)$ . Bélgica.

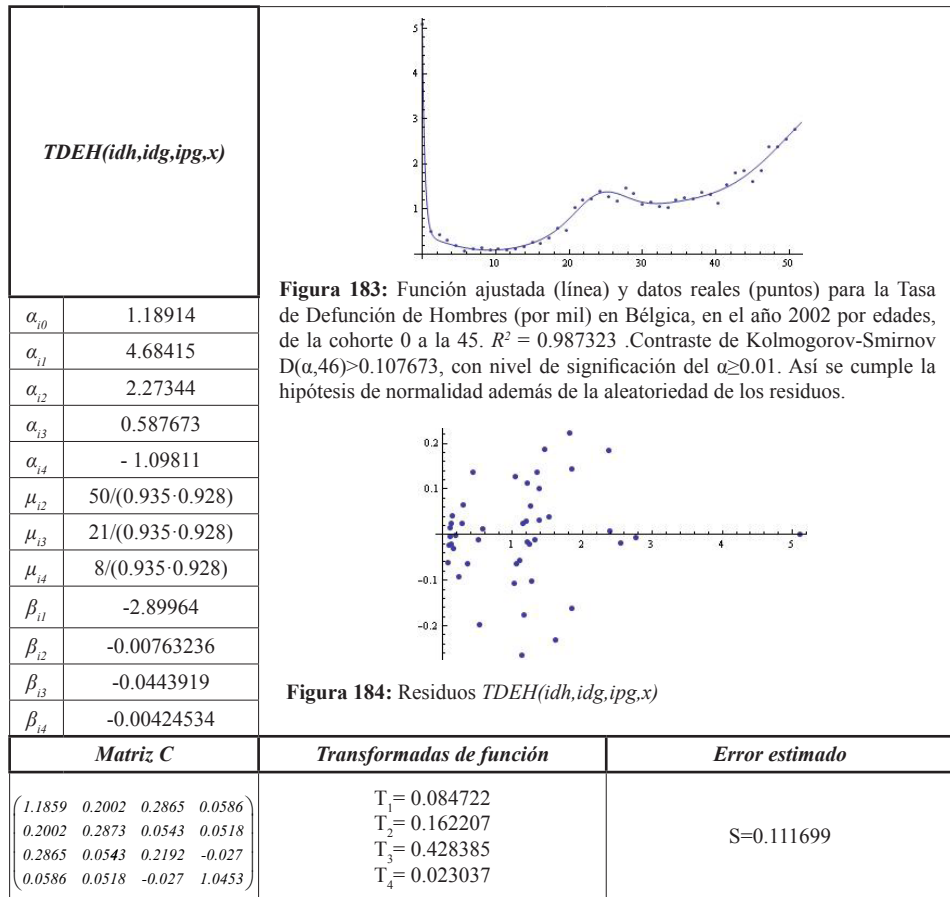


**Figura 181:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Mujeres (por mil) en Bélgica, en el año 2002 por edades.  $R^2 = 0.99578$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 37) > 0.115835$ , con nivel de significación del  $\alpha \geq 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

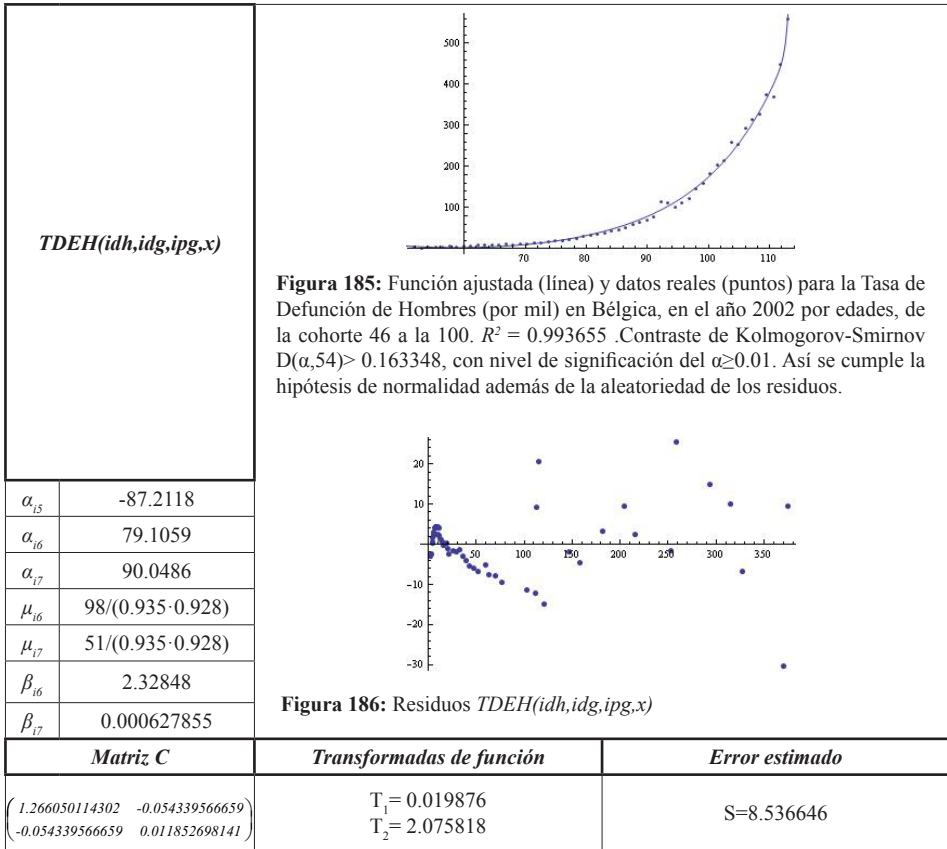
**Figura 182:** Residuos  $TNAM(idh, idg, ipg, x)$

**Tabla 108.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de mujeres por cohortes de edad,  $TNAM(idh, idg, ipg, x)$ . Bélgica.

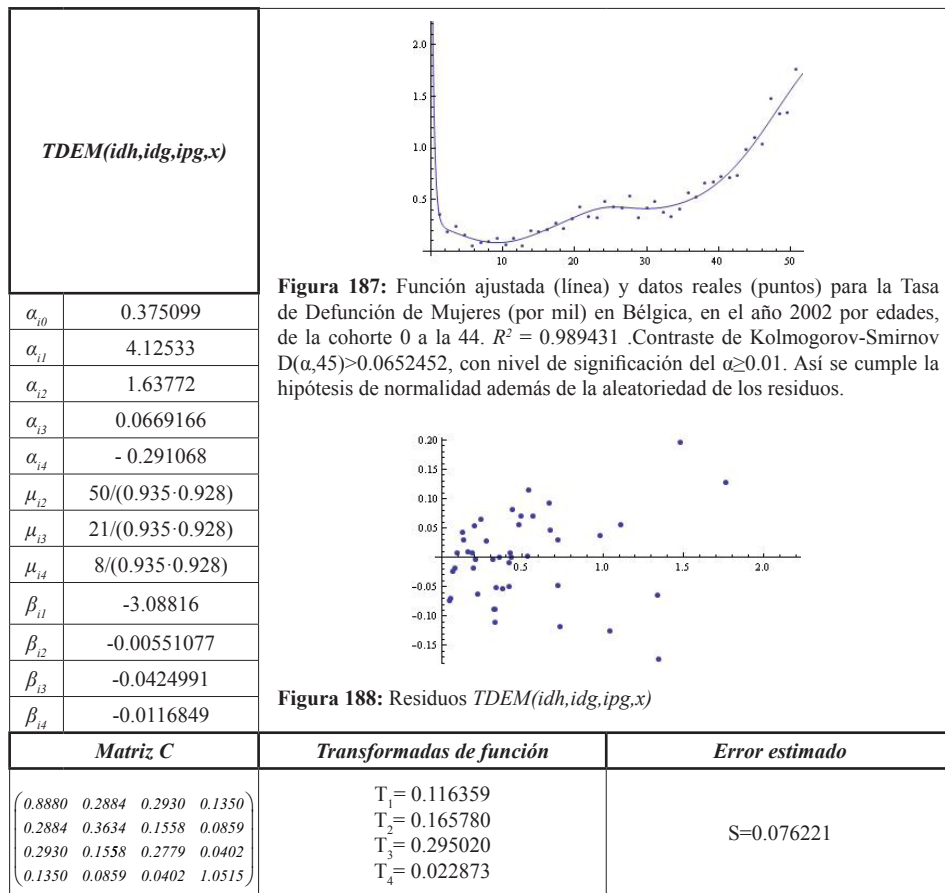
**Tasas Defunción, Modelo Estructurado por Edades II**



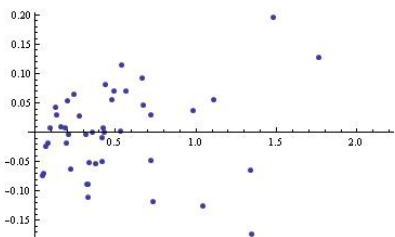
**Tabla 109.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres por cohortes de edad de 0 a 45 años,  $TDEH(idh, idg, ipg, x)$ . Bélgica.



**Tabla 110.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres por cohortes de edad de 46 a 100 años, *TDEH(idh, idg, ipg, x)*. Bélgica.



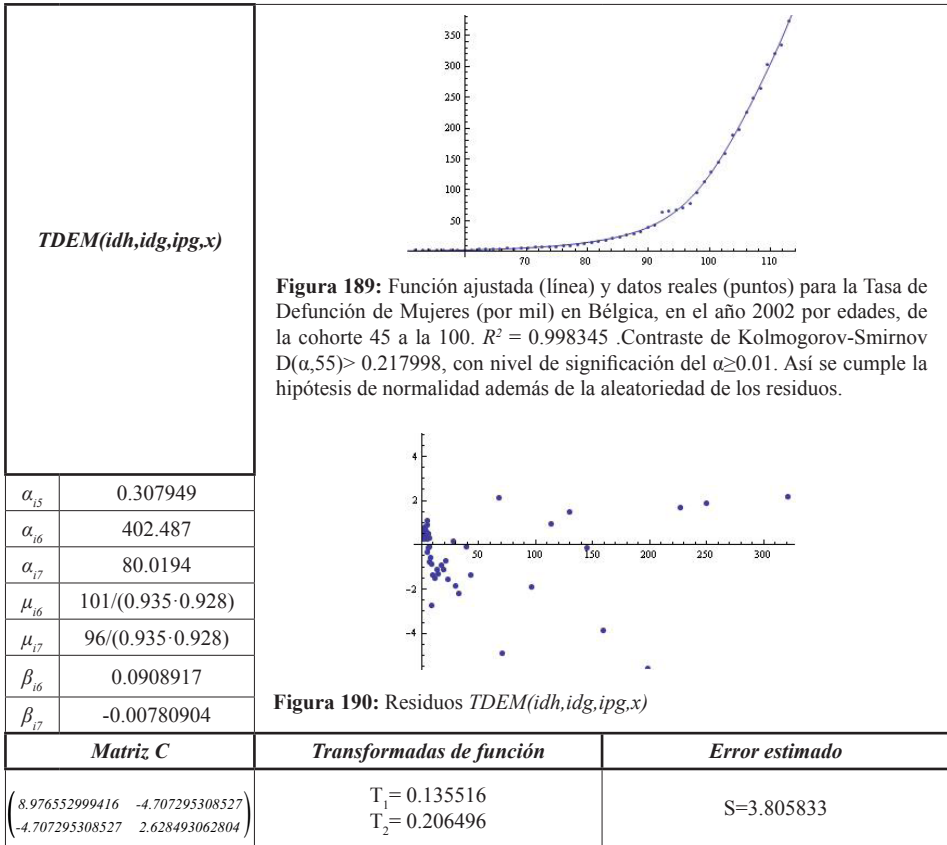
**Figura 187:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Mujeres (por mil) en Bélgica, en el año 2002 por edades, de la cohorte 0 a la 44.  $R^2 = 0.989431$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 45) > 0.0652452$ , con nivel de significación del  $\alpha \geq 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.



**Figura 188:** Residuos  $TDEM(idh, idg, ipg, x)$

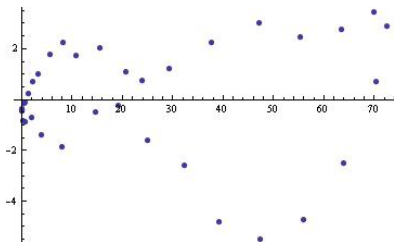
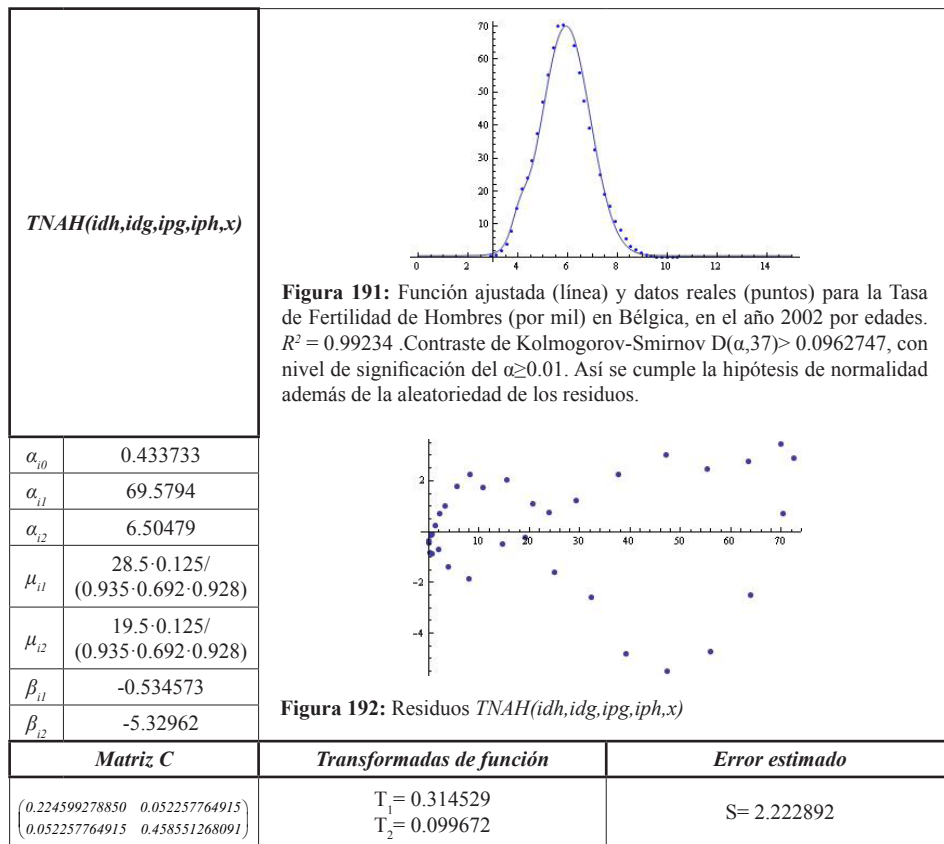
**Tabla 111.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres por cohortes de edad de 0 a 45 años,  $TDEM(idh, idg, ipg, x)$ . Bélgica.





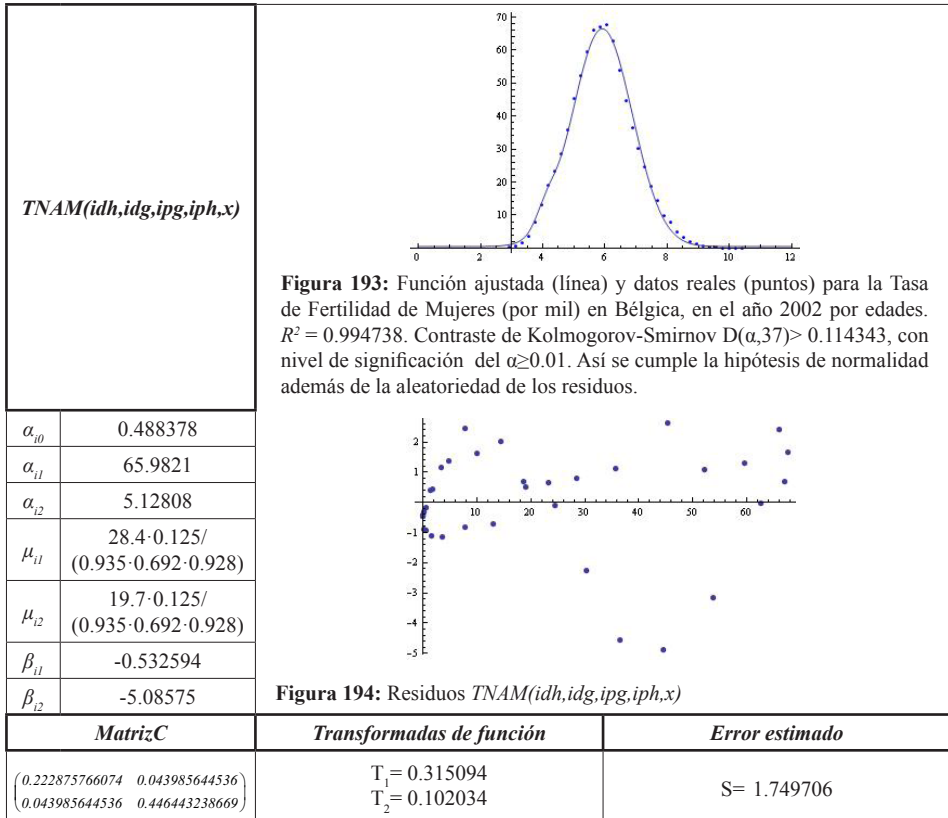
**Tabla 112.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres por cohortes de edad de 46 a 100 años, *TDEM(idh, idg, ipg, x)*. Bélgica.

### Tasas de Fertilidad, Modelo Estructurado por Edades III



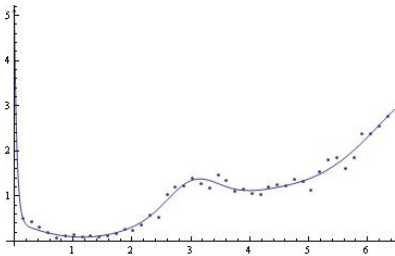
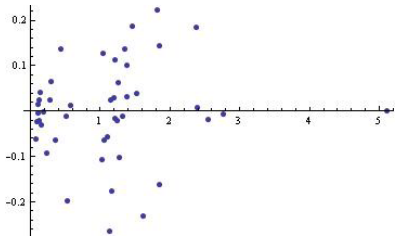
**Figura 192:** Residuos  $TNAH(idh, idg, ipg, iph, x)$

**Tabla 113.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de hombres por cohortes de edad,  $TNAH(idh, idg, ipg, iph, x)$ . Bélgica.



**Tabla 114.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de mujeres por cohortes de edad, *TNAM(idh,idg,ipg,iph, x)*. Bélgica.

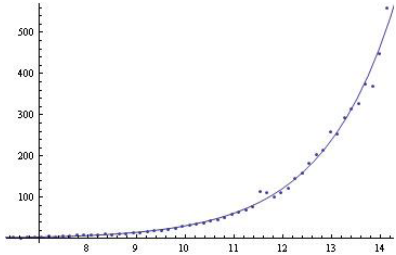
### Tasas de Defunción, Modelo Estructurado por Edades III

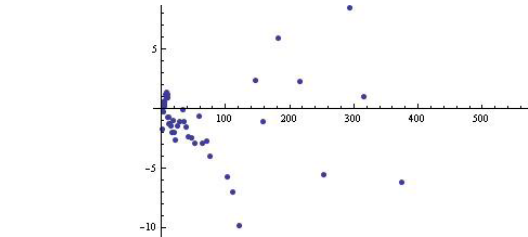
$TDEH(idh, idg, ipg, iph, x)$			
$\alpha_{i0}$	1.18914		
$\alpha_{i1}$	4.68415		
$\alpha_{i2}$	2.27344		
$\alpha_{i3}$	0.587673		
$\alpha_{i4}$	- 1.09811		
$\mu_{i2}$	50-0.125/ (0.935-0.928)		
$\mu_{i3}$	21-0.125/ (0.935-0.928)		
$\mu_{i4}$	8-0.125/ (0.935-0.928)		
$\beta_{i1}$	-23.1972		
$\beta_{i2}$	-0.488471		
$\beta_{i3}$	-2.84108		
$\beta_{i4}$	-0.271702		
<i>Matriz C</i>			<i>Transformadas de función</i>
$\begin{pmatrix} 1.1859 & 0.2002 & 0.2865 & 0.0586 \\ 0.2002 & 0.2873 & 0.0543 & 0.0518 \\ 0.2865 & 0.0543 & 0.2192 & -0.027 \\ 0.0586 & 0.0518 & -0.027 & 1.0453 \end{pmatrix}$			$T_1 = 0.084722$ $T_2 = 0.162207$ $T_3 = 0.428385$ $T_4 = 0.023037$
		<i>Error estimado</i>	
		S= 0.111699	

**Figura 195:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Hombres (por mil) en Bélgica, en el año 2002 por edades, de la cohorte 0 a la 45.  $R^2 = 0.987323$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 46) > 0.107673$ , con nivel de significación del  $\alpha \geq 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Figura 196:** Residuos  $TDEH(idh, idg, ipg, iph, x)$

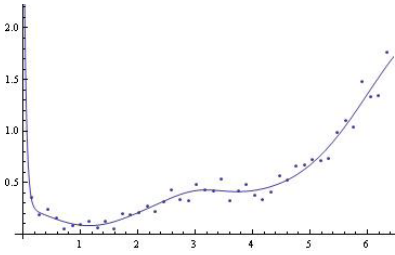
**Tabla 115.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres por cohortes de edad de 0 a 45 años,  $TDEH(idh, idg, ipg, iph, x)$ . Bélgica.

$TDEH(idh, idg, ipg, iph, x)$		
		<p><b>Figura 197:</b> Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Hombres (por mil) en Bélgica, en el año 2002 por edades, de la cohorte 46 a la 100. <math>R^2 = 0.993655</math>. Contraste de Kolmogorov-Smirnov <math>D(\alpha, 54) &gt; 0.163348</math>, con nivel de significación del <math>\alpha \geq 0.01</math>. Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.</p>
$\alpha_{15}$	-1.36565	
$\alpha_{16}$	681.188	
$\alpha_{17}$	0.13463	
$\mu_{16}$	101·0.125/ (0.935·0.928)	
$\mu_{17}$	80·0.125/ (0.935·0.928)	
$\beta_{16}$	0.668828	
$\beta_{17}$	0.101225	
<b>Matriz C</b>		<b>Transformadas de función</b>
$\begin{pmatrix} 0.572013195069 & 0.013722726771 \\ 0.013722726771 & 0.002784009147 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.150164$ $T_2 = 2.682620$
		<b>Error estimado</b>
		S=6.1101109

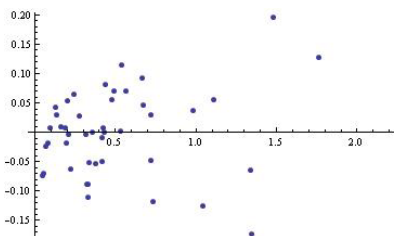


**Figura 198:** Residuos  $TDEH(idh, idg, ipg, iph, x)$

**Tabla 116.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres por cohortes de edad de 46 a 100 años,  $TDEH(idh, idg, ipg, iph, x)$ . Bélgica.

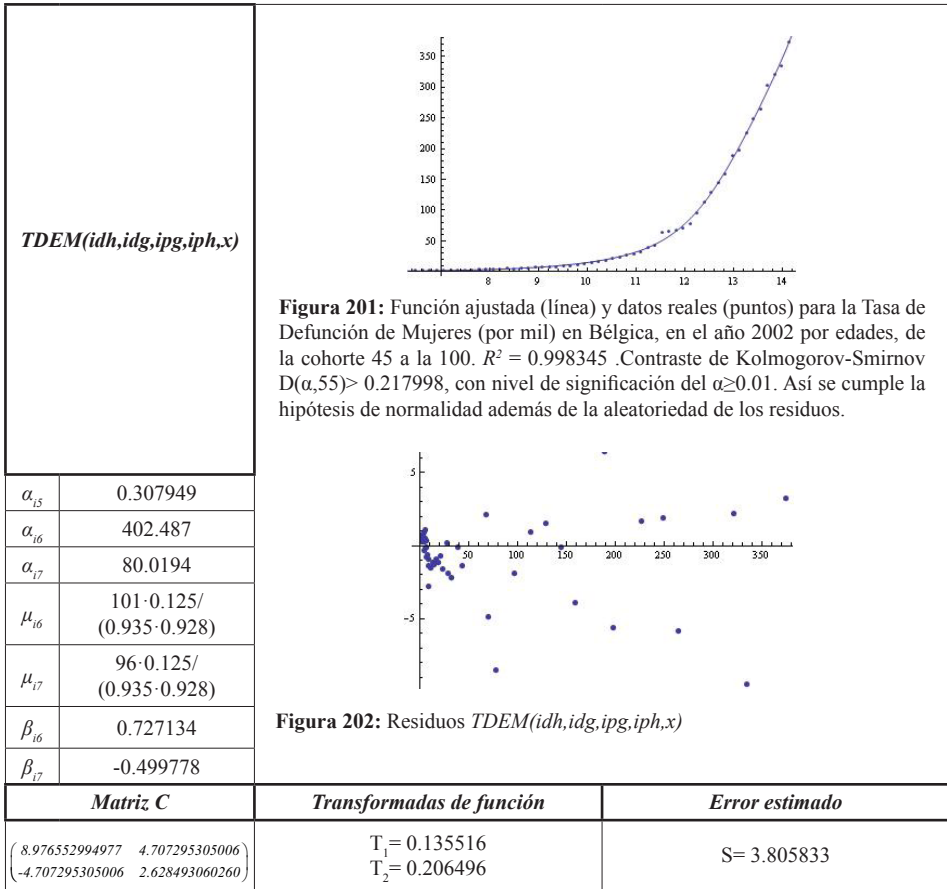
<b><math>TDEM(idh, idg, ipg, iph, x)</math></b>		
$\alpha_{i0}$	0.375099	
$\alpha_{i1}$	4.12533	
$\alpha_{i2}$	1.63772	
$\alpha_{i3}$	0.0669166	
$\alpha_{i4}$	-0.291068	
$\mu_{i2}$	50·0.125/ (0.935-0.928)	
$\mu_{i3}$	21·0.125/ (0.935-0.928)	
$\mu_{i4}$	8·0.125/ (0.935-0.928)	
$\beta_{i1}$	-24.7053	
$\beta_{i2}$	-0.35269	
$\beta_{i3}$	-2.71994	
$\beta_{i4}$	-0.747832	
<b>Matriz C</b>		
$\begin{pmatrix} 0.8880 & 0.2884 & 0.2930 & 0.1350 \\ 0.2884 & 0.3634 & 0.1558 & 0.0859 \\ 0.2930 & 0.1558 & 0.2779 & 0.0402 \\ 0.1350 & 0.0859 & 0.0402 & 1.0515 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.116359$ $T_2 = 0.165780$ $T_3 = 0.295020$ $T_4 = 0.022873$
		<b>Error estimado</b>
		S= 0.076221

**Figura 199:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Mujeres (por mil) en Bélgica, en el año 2002 por edades, de la cohorte 0 a la 44.  $R^2 = 0.989431$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 45) > 0.0652452$ , con nivel de significación del  $\alpha \geq 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.



**Figura 200:** Residuos  $TDEM(idh, idg, ipg, iph, x)$

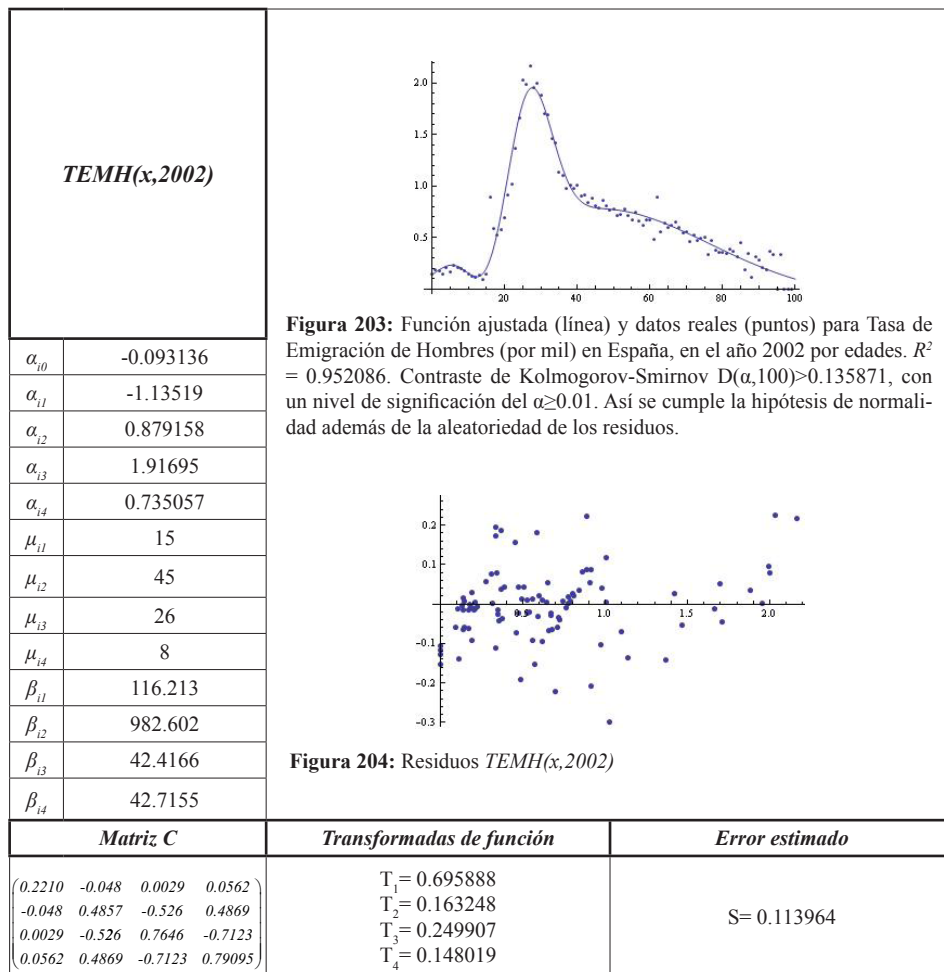
**Tabla 117.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres por cohortes de edad de 0 a 45 años,  $TDEM(idh, idg, ipg, iph, x)$ . Bélgica.



**Tabla 118.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres por cohortes de edad de 46 a 100 años, *TDEM(idh, idg, ipg, iph, x)*. Bélgica.

### II.3.3. ESPAÑA para datos Calculados

Tasas Migratorias para los Modelos Estructurados por Edades II y III

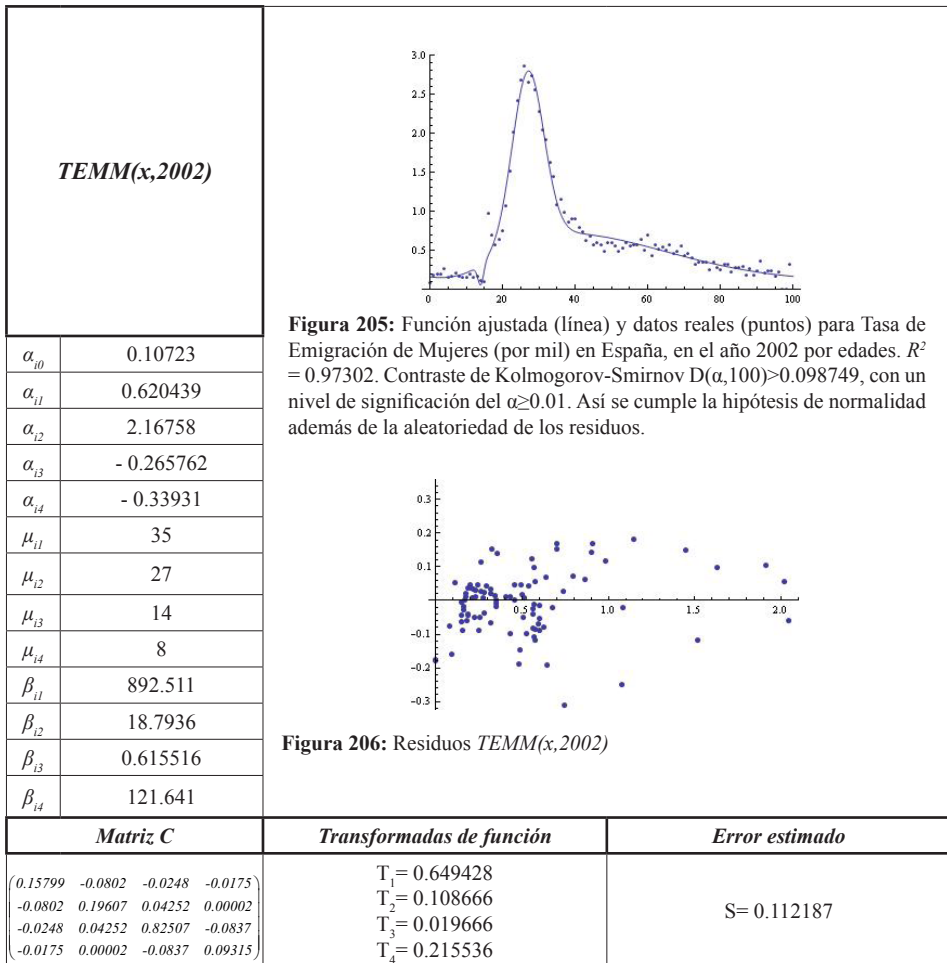


**Figura 203:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para Tasa de Emigración de Hombres (por mil) en España, en el año 2002 por edades.  $R^2 = 0.952086$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha,100) > 0.135871$ , con un nivel de significación del  $\alpha \geq 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

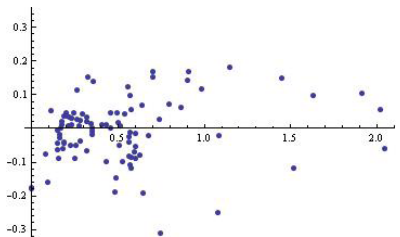
**Figura 204:** Residuos TEMH(x,2002)

**Tabla 119.** Valores de los parámetros para la tasa de emigración de hombres por cohortes de edad, TEMH(x,2002). España.



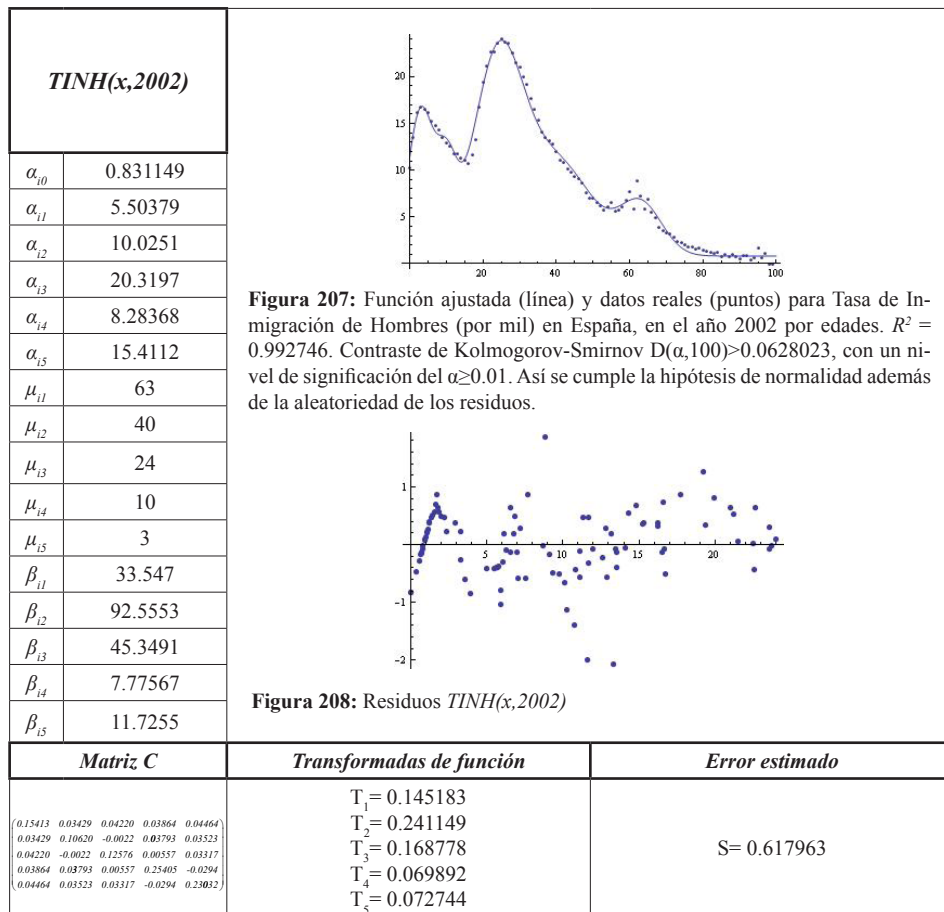


**Figura 205:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para Tasa de Emigración de Mujeres (por mil) en España, en el año 2002 por edades.  $R^2 = 0.97302$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha,100) > 0.098749$ , con un nivel de significación del  $\alpha \geq 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.



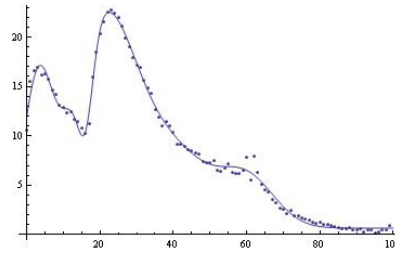
**Figura 206:** Residuos *TEMM(x,2002)*

**Tabla 120.** Valores de los parámetros para la tasa de emigración de mujeres por cohortes de edad, *TEMM(x,2002)*. España.

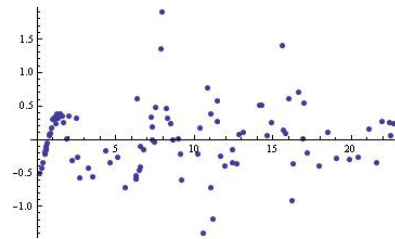


**Tabla 121.** Valores de los parámetros para la tasa de inmigración de hombres por cohortes de edad,  $TINH(x,2002)$ . España.

<i>TINM(x,2002)</i>	
$\alpha_{i0}$	0.676127
$\alpha_{i1}$	4.97874
$\alpha_{i2}$	7.241
$\alpha_{i3}$	20.7948
$\alpha_{i4}$	- 8.37513
$\alpha_{i5}$	13.5576
$\mu_{i1}$	60
$\mu_{i2}$	40
$\mu_{i3}$	21
$\mu_{i4}$	16
$\mu_{i5}$	3
$\beta_{i1}$	58.3316
$\beta_{i2}$	94.0841
$\beta_{i3}$	78.7736
$\beta_{i4}$	4.74141
$\beta_{i5}$	14.7968



**Figura 209:** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para Tasa de Inmigración de Mujeres (por mil) en España, en el año 2002 por edades.  $R^2 = 0.994796$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha,100)>0.082558$ , con un nivel de significación del  $\alpha \geq 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

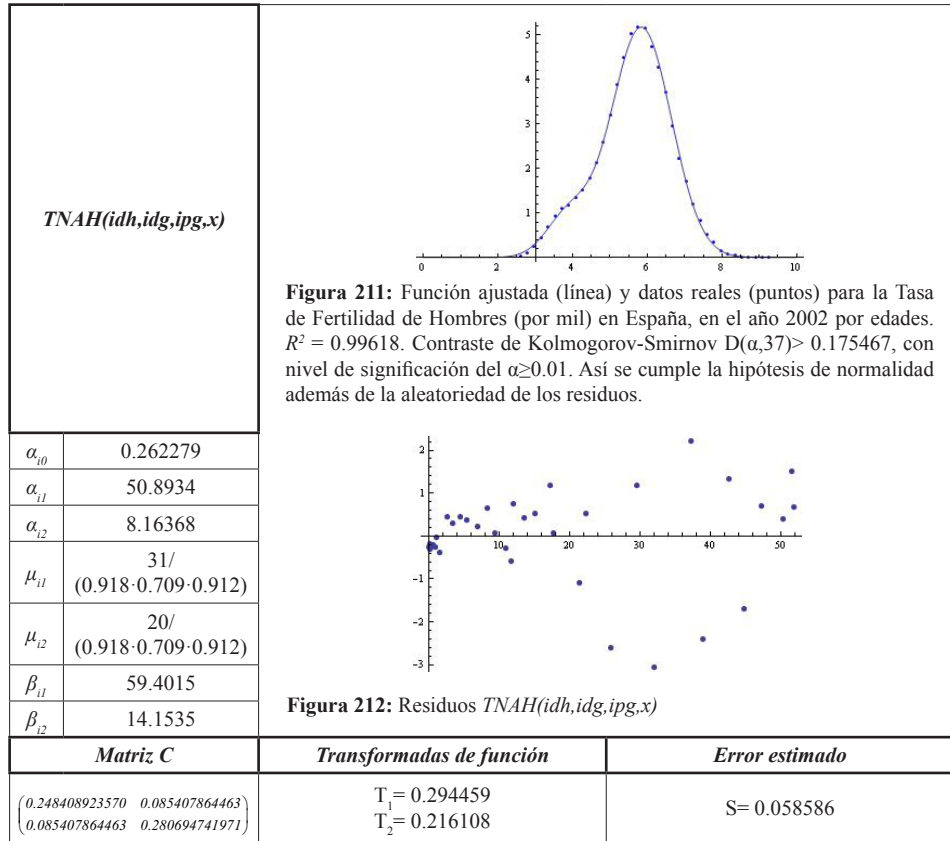


**Figura 210:** Residuos *TINM(x,2002)*

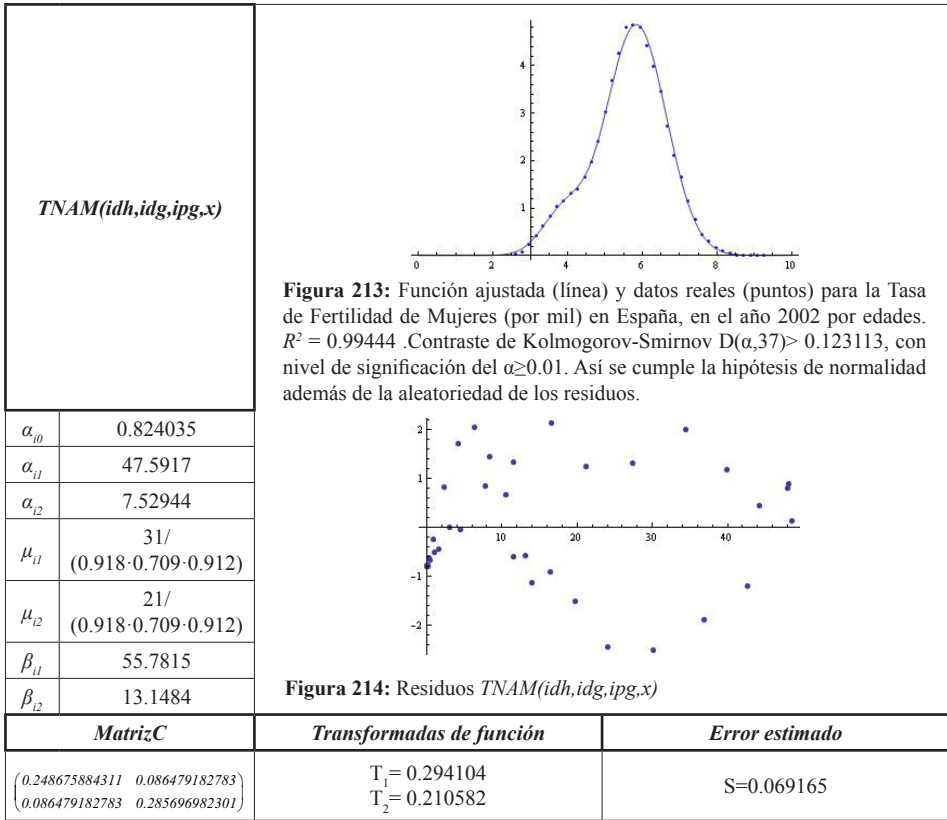
<i>Matriz C</i>	<i>Transformadas de función</i>	<i>Error estimado</i>
$\begin{pmatrix} 0.12968 & 0.01191 & 0.05096 & -0.0022 & 0.04159 \\ 0.01191 & 0.10134 & -0.0139 & 0.05045 & 0.04094 \\ 0.05096 & -0.0139 & 0.15367 & -0.1333 & 0.00672 \\ -0.0022 & 0.05045 & -0.1333 & 0.42468 & 0.03943 \\ 0.04159 & 0.04094 & 0.00672 & 0.03943 & 0.20932 \end{pmatrix}$	$T_1 = 0.191444$ $T_2 = 0.243132$ $T_3 = 0.220766$ $T_4 = 0.069892$ $T_5 = 0.078992$	$S = 0.496443$

**Tabla 122.** Valores de los parámetros para la tasa de inmigración de mujeres por cohortes de edad, *TINM(x,2002)*. España.

### Tasas de Fertilidad, Modelo Estructurado por Edades II

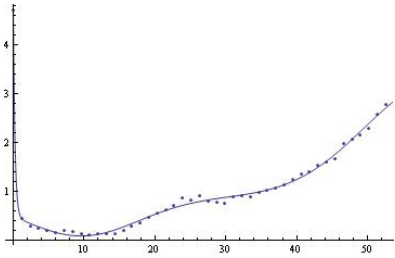
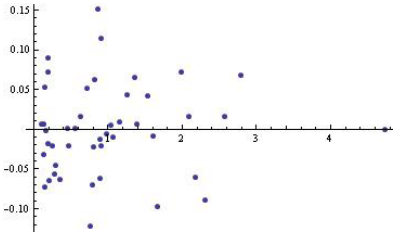


**Tabla 123.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de hombres por cohortes de edad,  $TNAH(idh, idg, ipg, x)$ . España.

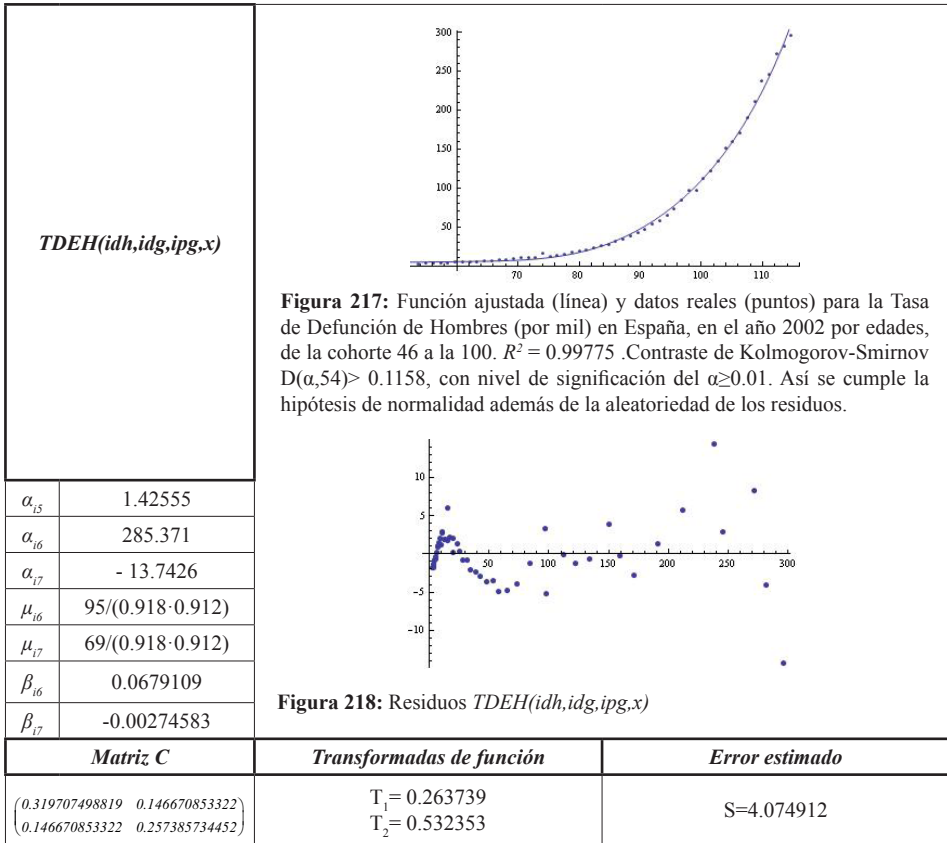


**Tabla 124.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de mujeres por cohortes de edad,  $TNAM(idh, idg, ipg, x)$ . España.

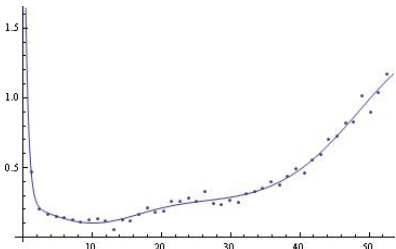
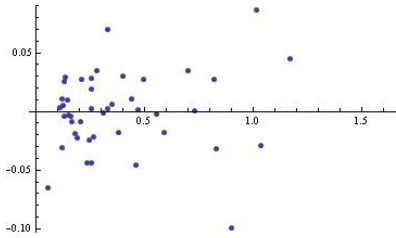
### Tasas de Defunción, Modelo Estructurado por Edades II

$TDEH(idh, idg, ipg, x)$		 <p><b>Figura 215:</b> Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Hombres (por mil) en España, en el año 2002 por edades, de la cohorte 0 a la 45. <math>R^2 = 0.996049</math>. Contraste de Kolmogorov-Smirnov <math>D(\alpha, 46) &gt; 0.118805</math>, con nivel de significación del <math>\alpha \geq 0.01</math>. Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.</p>  <p><b>Figura 216:</b> Residuos <math>TDEH(idh, idg, ipg, x)</math></p>	
$\alpha_{i0}$	0.888869		
$\alpha_{i1}$	4.24748		
$\alpha_{i2}$	2.33563		
$\alpha_{i3}$	-0.00776806		
$\alpha_{i4}$	-0.795968		
$\mu_{i2}$	50/(0.918-0.912)		
$\mu_{i3}$	21/(0.918-0.912)		
$\mu_{i4}$	8/(0.918-0.912)		
$\beta_{i1}$	-4.12028		
$\beta_{i2}$	-0.00479165		
$\beta_{i3}$	-0.00142023		
$\beta_{i4}$	-0.00749432		
<b>Matriz C</b>			<b>Transformadas de función</b>
$\begin{pmatrix} 2.1358 & 1.6220 & 0.6341 & 0.7195 \\ 1.6220 & 1.7917 & 0.4857 & 0.7372 \\ 0.6341 & 0.4857 & 0.3443 & 0.1885 \\ 0.7195 & 0.7372 & 0.1885 & 1.3349 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.123840$ $T_2 = 0.741310$ $T_3 = 0.340263$ $T_4 = 0.022385$	S=0.060104

**Tabla 125.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres por cohortes de edad de 0 a 45 años,  $TDEH(idh, idg, ipg, x)$ . España.

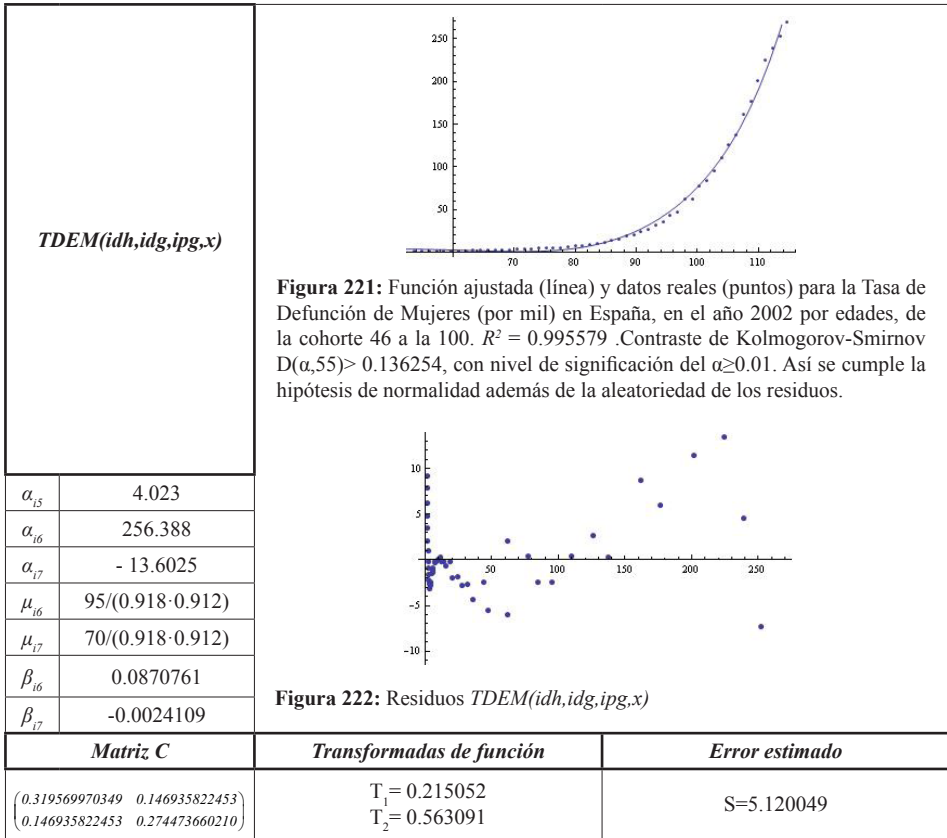


**Tabla 126.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres por cohortes de edad de 46 a 100 años,  $TDEH(idh, idg, ipg, x)$ . España.

<b><math>TDEM(idh, idg, ipg, x)</math></b>					
$\alpha_{i0}$	0.344278	<p><b>Figura 219:</b> Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Mujeres (por mil) en España, en el año 2002 por edades, de la cohorte 0 a la 45. <math>R^2 = 0.996697</math>. Contraste de Kolmogorov-Smirnov <math>D(\alpha, 45) &gt; 0.0834185</math>, con nivel de significación del <math>\alpha \geq 0.01</math>. Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.</p>  <p><b>Figura 220:</b> Residuos <math>TDEM(idh, idg, ipg, x)</math></p>			
$\alpha_{i1}$	3.5263				
$\alpha_{i2}$	1.01057				
$\alpha_{i3}$	-0.0851854				
$\alpha_{i4}$	-0.175846				
$\mu_{i2}$	50/(0.918·0.912)				
$\mu_{i3}$	21/(0.918·0.912)				
$\mu_{i4}$	8/(0.918·0.912)				
$\beta_{i1}$	-2.20031				
$\beta_{i2}$	-0.00405894				
$\beta_{i3}$	-0.00106812				
$\beta_{i4}$	-0.01093				
<b>Matriz C</b>				<b>Transformadas de función</b>	
$\begin{pmatrix} 2.1218 & 2.2050 & 0.7244 & 0.9464 \\ 2.2050 & 3.1223 & 0.7738 & 1.2367 \\ 0.7244 & 0.7738 & 0.4156 & 0.3144 \\ 0.9464 & 1.2367 & 0.3144 & 1.5217 \end{pmatrix}$				$T_1 = 0.143305$ $T_2 = 0.792239$ $T_3 = 0.294473$ $T_4 = 0.023952$	
		<b>Error estimado</b>			
		S=0.034837			

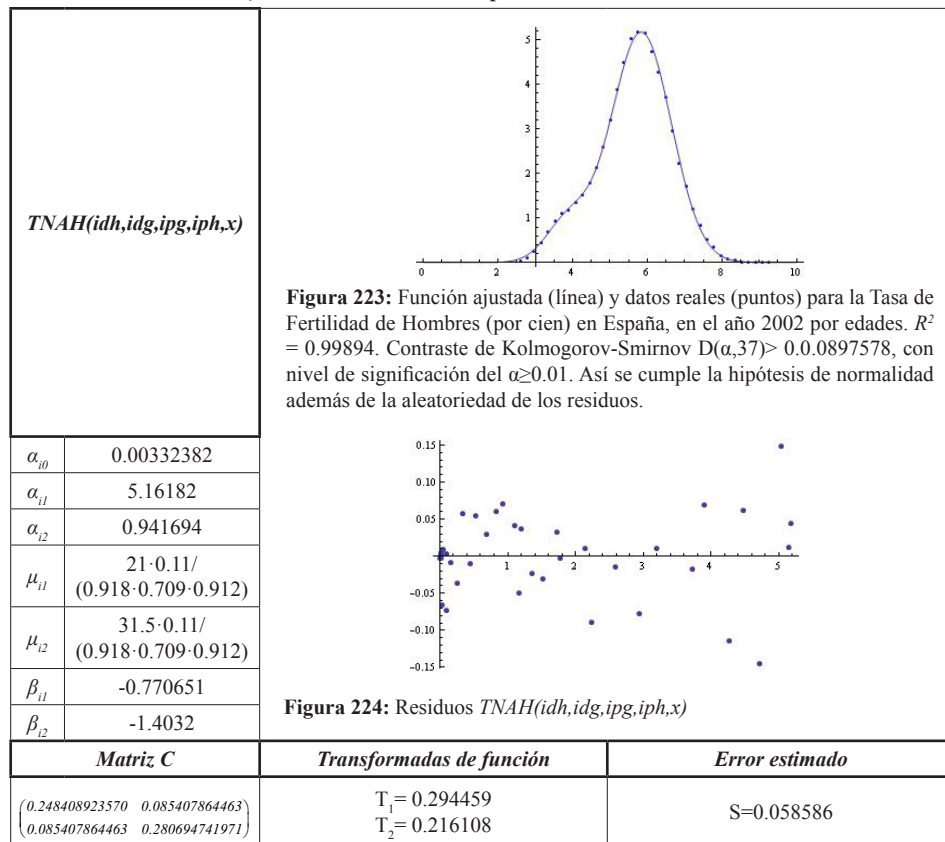
**Tabla 127.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres por cohortes de edad de 0 a 44 años,  $TDEM(idh, idg, ipg, x)$ . España.



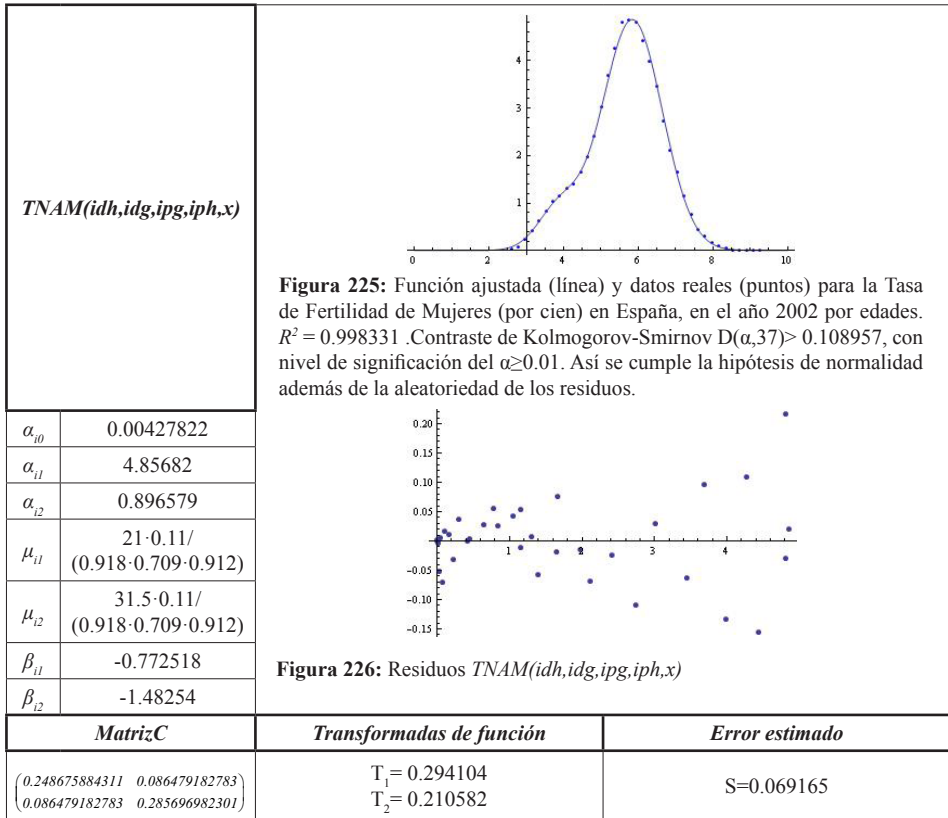


**Tabla 128.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres por cohortes de edad de 45 a 100 años, *TDEM(idh, idg, ipg, x)*. España.

### Tasas de Fertilidad, Modelo Estructurado por Edades III

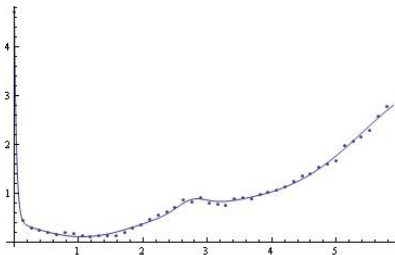
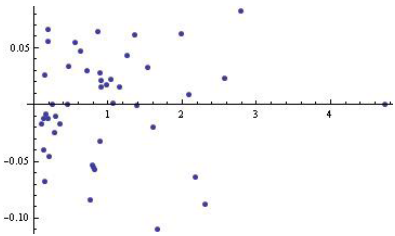


**Tabla 129.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de hombres por cohortes de edad,  $TNAH(idh, idg, ipg, iph, x)$ . España.

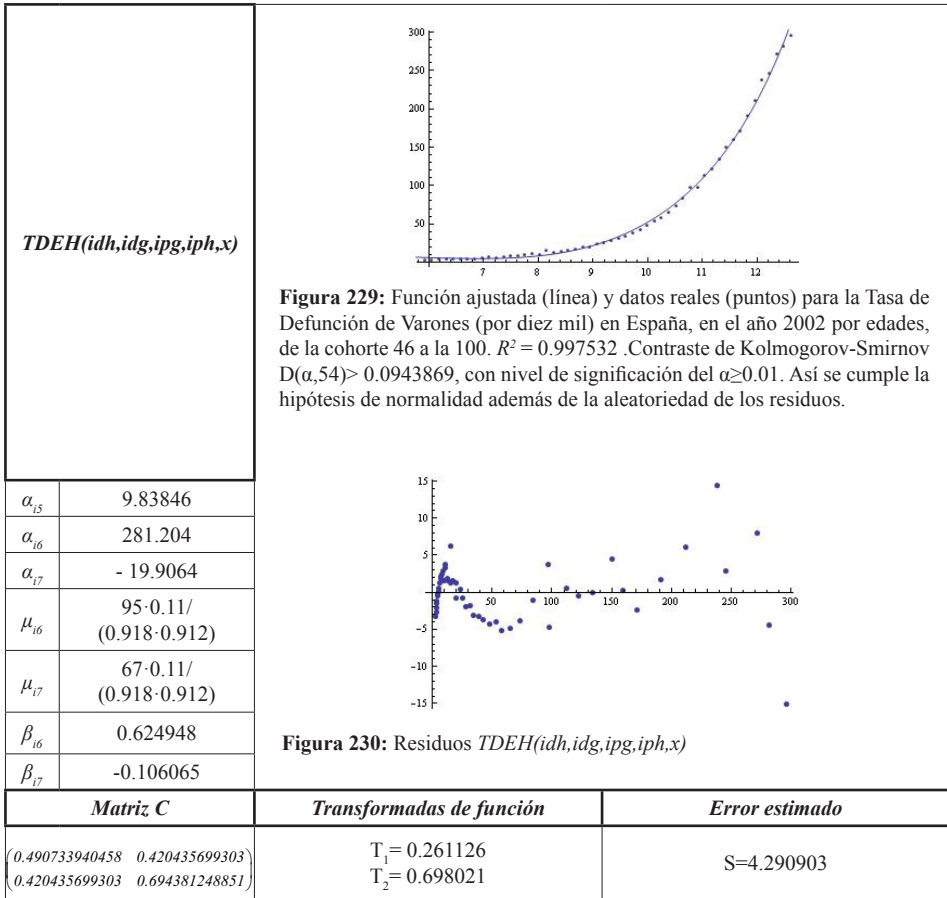


**Tabla 130.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de mujeres por cohortes de edad, *TNAM(idh,idg,ipg,iph, x)*. España.

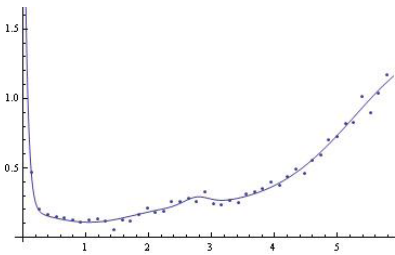
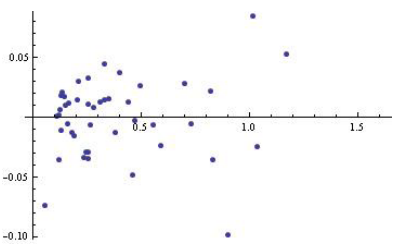
### Tasas de Defunción, Modelo Estructurado por Edades III

<b><math>TDEH(idh, idg, ipg, iph, x)</math></b>			
$\alpha_{i0}$	0.848316	<p><b>Figura 227:</b> Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Hombres (por cien) en España, en el año 2002 por edades, de la cohorte 0 a la 45. <math>R^2 = 0.996599</math>. Contraste de Kolmogorov-Smirnov <math>D(\alpha, 46) &gt; 0.0574073</math>, con nivel de significación del <math>\alpha \geq 0.01</math>. Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.</p> 	
$\alpha_{i1}$	4.30962		
$\alpha_{i2}$	2.33429		
$\alpha_{i3}$	0.19326		
$\alpha_{i4}$	-0.734722		
$\mu_{i2}$	50-0.11/ (0.918-0.912)		
$\mu_{i3}$	21-0.11/ (0.918-0.912)		
$\mu_{i4}$	8-0.11/ (0.918-0.912)		
$\beta_{i1}$	-30.2233		
$\beta_{i2}$	-0.374174		
$\beta_{i3}$	-9.89979		
$\beta_{i4}$	-0.49273		
<b>Matriz C</b>		<b>Transformadas de función</b>	
$\begin{pmatrix} 0.7844 & 0.2163 & 0.2685 & 0.0687 \\ 0.2163 & 0.4479 & 0.1035 & 0.0510 \\ 0.2685 & 0.1035 & 0.2458 & -0.007 \\ 0.0687 & 0.0510 & -0.007 & 1.0393 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.130280$ $T_2 = 0.095278$ $T_3 = 0.370007$ $T_4 = 0.022649$	
		<b>Error estimado</b>	
		S= 0.047813	

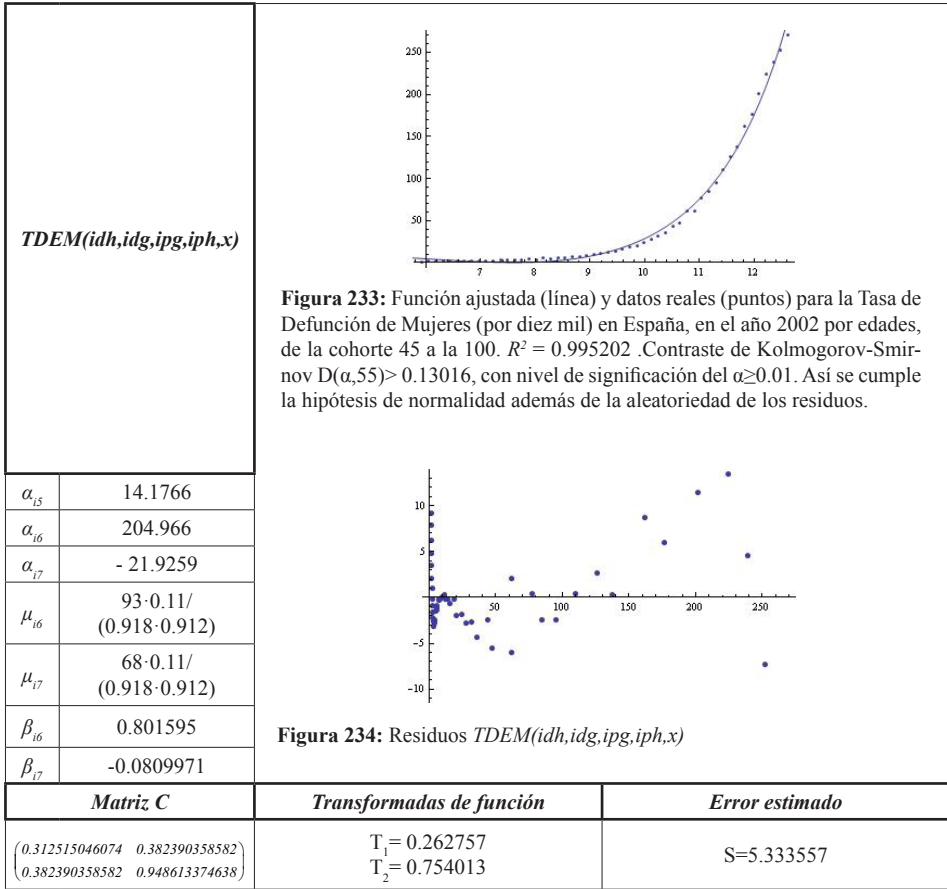
**Tabla 131.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres por cohortes de edad de 0 a 45 años,  $TDEH(idh, idg, ipg, iph, x)$ . España.



**Tabla 132.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres por cohortes de edad de 46 a 100 años, *TDEH(idh,idg,ipg,iph, x)*. España.

<b><math>TDEM(idh, idg, ipg, iph, x)</math></b>		 <p><b>Figura 231:</b> Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Mujeres (por cien) en España, en el año 2002 por edades, de la cohorte 0 a la 44. <math>R^2 = 0.996893</math>. Contraste de Kolmogorov-Smirnov <math>D(\alpha, 45) &gt; 0.0687558</math>, con nivel de significación del <math>\alpha \geq 0.01</math>. Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.</p>  <p><b>Figura 232:</b> Residuos <math>TDEM(idh, idg, ipg, iph, x)</math></p>
$\alpha_{i0}$	0.229739	
$\alpha_{i1}$	3.57166	
$\alpha_{i2}$	1.07365	
$\alpha_{i3}$	0.0542913	
$\alpha_{i4}$	- 0.120823	
$\mu_{i2}$	50-0.11/ (0.918-0.912)	
$\mu_{i3}$	21-0.11/ (0.918-0.912)	
$\mu_{i4}$	8-0.11/ (0.918-0.912)	
$\beta_{i1}$	-18.9497	
$\beta_{i2}$	-0.303661	
$\beta_{i3}$	-12.7773	
$\beta_{i4}$	-1.01629	
<b>Matriz C</b>		
$\begin{pmatrix} 0.6281 & 0.2342 & 0.2447 & 0.1162 \\ 0.2342 & 0.5363 & 0.1549 & 0.0814 \\ 0.2447 & 0.1549 & 0.2769 & 0.0404 \\ 0.1162 & 0.0814 & 0.0404 & 1.0452 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.155905$ $T_2 = 0.083866$ $T_3 = 0.280894$ $T_4 = 0.024232$
		<b>Error estimado</b>
		$S = 0.033785$

**Tabla 133.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres por cohortes de edad de 0 a 44 años,  $TDEM(idh, idg, ipg, iph, x)$ . España.



**Tabla 134.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres por cohortes de edad de 45 a 100 años, *TDEM(idh, idg, ipg, iph, x)*. España.

## II.4. Validaciones

### II.4.1. Errores Relativos Validaciones España

#### Modelo Estructurado por Edades II. Datos Extraídos del INE

EDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	14.74044498	17.48215345	17.48215345	14.29128281	19.28122461	15.54651104
1	8.752216995	2.780328278	2.780328278	7.240425444	5.728460135	7.083727387
2	5.638590907	3.254378912	3.254378912	0.735271618	6.364177248	4.852403185
3	5.392598	13.65015776	13.65015776	1.601405262	0.493535056	4.651661448
4	2.813053267	9.23220107	9.23220107	13.45627041	1.335881096	0.888988014
5	2.148693549	8.957615263	8.957615263	9.228248593	13.27481406	0.606411119
6	2.2202893	4.816744976	4.816744976	9.315257102	9.348976964	13.65036123
7	1.039312272	3.808794053	3.808794053	4.776893102	9.593266033	9.952900718
8	1.059897295	3.39613771	3.39613771	3.832871061	4.831402404	10.34646204
9	0.970257046	1.725945833	1.725945833	3.53777339	3.855773033	5.504090958
10	0.964940897	1.668092645	1.668092645	1.655453578	3.379266367	4.588824077
11	0.932321782	1.476762782	1.476762782	1.546505612	1.573853965	4.12867324
12	0.837428843	1.543056131	1.543056131	1.285577292	1.49506756	2.321251338
13	0.782171026	1.437212348	1.437212348	1.362995002	1.234855236	2.238476481
14	0.957987222	1.253706526	1.253706526	1.34799806	1.38869374	1.912732928
15	0.868432381	1.445229474	1.445229474	1.218245543	1.407924074	2.092362775
16	0.740947467	1.814544314	1.814544314	1.431193813	1.109433038	2.325180208
17	0.336062352	1.468166378	1.468166378	1.711917374	1.303274065	1.957553458
18	0.743980898	1.399435739	1.399435739	1.832141946	2.622575536	3.177143053
19	0.834158646	1.375668871	1.375668871	2.352056272	3.284814497	5.243468007
20	0.975139684	2.456075756	2.456075756	2.345458331	3.737372124	6.086570292
21	1.103846376	2.562249435	2.562249435	3.469886771	3.648050588	6.438841267
22	1.182515928	2.85020572	2.85020572	3.335998387	4.643528317	6.245661229
23	1.409107404	3.058814131	3.058814131	3.659635187	4.313218076	7.104384606
24	1.501946198	3.175971571	3.175971571	3.735986051	4.470467619	6.58779499
25	1.53211912	3.343107073	3.343107073	3.765789934	4.418772104	6.570465112
26	1.50466245	3.315728196	3.315728196	3.693417169	4.142748792	6.332589539
27	1.341112881	3.095080651	3.095080651	3.556551796	3.904212155	5.798421824
28	1.39358115	2.809042872	2.809042872	3.187164425	3.526422123	5.361650518



<i>EDAD</i>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
29	1.256111236	2.507313225	2.507313225	2.874643904	2.98004308	4.724147016
30	1.264688863	2.487754995	2.487754995	2.442135146	2.630862188	4.042745266
31	1.215407503	2.068828615	2.068828615	2.424464398	2.075864848	3.527991609
32	1.233496183	2.078583921	2.078583921	1.995570051	2.081643119	2.951594273
33	1.130946938	2.012221868	2.012221868	1.991368664	1.635169418	2.954850111
34	1.096253774	1.944255721	1.944255721	1.919311153	1.680157146	2.392024867
35	1.01962958	1.966106106	1.966106106	1.854231437	1.585819798	2.426252639
36	0.949758862	1.862455423	1.862455423	1.915198588	1.598547045	2.389044015
37	0.8255445	1.657353476	1.657353476	1.788884484	1.707703685	2.339767233
38	0.845518585	1.308354308	1.308354308	1.639234275	1.608771192	2.460273768
39	0.892678509	1.139918493	1.139918493	1.179726633	1.466621895	2.366520273
40	0.868408948	1.257223276	1.257223276	0.989617756	0.873291702	2.236068037
41	0.801721969	1.300552217	1.300552217	1.177698205	0.712480757	1.376399043
42	0.733827406	1.268382463	1.268382463	1.297588166	0.943009004	1.198730134
43	0.69640811	1.155388326	1.155388326	1.175656533	1.037941661	1.429790682
44	0.694858223	1.056640601	1.056640601	1.087162733	0.960109041	1.530495996
45	0.631057294	1.090214945	1.090214945	0.980225989	0.906735126	1.541344379
46	0.692936975	1.098285826	1.098285826	1.093435068	0.886265664	1.355538967
47	0.677268138	1.099538009	1.099538009	1.176354073	1.018417236	1.33898526
48	0.66021183	1.120618129	1.120618129	1.107481908	1.04330203	1.50716226
49	0.530222454	1.031284026	1.031284026	1.124253027	1.014595805	1.493991082
50	0.543043959	1.043104407	1.043104407	1.015838378	0.980974459	1.423808254
51	0.528743761	0.86805839	0.86805839	1.015768284	0.911985878	1.414257115
52	0.491849514	0.895075074	0.895075074	0.800867961	0.879948792	1.374148898
53	0.401508733	0.837559521	0.837559521	0.906914331	0.627094709	1.247281379
54	0.390227047	0.687618262	0.687618262	0.826325657	0.693292724	0.889772632
55	0.452215306	0.558125693	0.558125693	0.682449571	0.679441959	0.965166401
56	0.455608068	0.533362801	0.533362801	0.472515873	0.449314914	0.953114466
57	0.353897179	0.700016117	0.700016117	0.549246039	0.283764299	0.631779197
58	0.351531996	0.57447218	0.57447218	0.806201177	0.331789359	0.49025943
59	0.396194022	0.32370346	0.32370346	0.672300423	0.701550636	0.46623665
60	0.474270635	0.527998733	0.527998733	0.31663314	0.612925493	0.947691842
61	0.515994451	0.620229048	0.620229048	0.66912938	0.196394229	0.871265738

EDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008
62	0.429803802	0.738803721	0.738803721	0.70105162	0.616085998	0.301046655
63	0.552918162	0.800059022	0.800059022	0.882198826	0.611746443	0.830893588
64	0.420891829	0.584587756	0.584587756	0.964516978	0.764663295	0.777205783
65	0.575897895	1.065642536	1.065642536	0.741977817	1.022835671	1.07313477
66	0.330395049	0.905650457	0.905650457	1.366325681	0.638158788	1.487121471
67	0.331766147	1.041134932	1.041134932	1.147467208	1.424285705	0.740463629
68	0.363692235	0.304793221	0.304793221	1.340294504	1.160370383	1.858738149
69	0.269413768	0.506372922	0.506372922	0.397256008	1.333445111	1.499362916
70	0.3165511	0.650160616	0.650160616	0.669586152	0.358327217	1.733039883
71	0.404460758	0.534290307	0.534290307	0.887693467	0.688818731	0.550155036
72	0.23368366	0.574488009	0.574488009	0.721047848	0.99061805	0.985042705
73	0.399435261	1.065665503	1.065665503	0.765366863	0.726178261	1.532851877
74	0.292641644	0.562675172	0.562675172	1.376545726	0.7536434	1.127279944
75	0.46875418	0.923967889	0.923967889	0.751622068	1.514139808	1.13578408
76	0.339279374	0.677807438	0.677807438	1.330004187	0.72350447	2.068487579
77	0.360453082	1.423941167	1.423941167	0.898855122	1.466737897	0.997046639
78	0.274113425	0.938644118	0.938644118	1.879956845	0.707038475	2.014040367
79	0.499886073	1.29856888	1.29856888	1.187074969	1.992495443	0.918868418
80	0.007264661	1.124107018	1.124107018	1.670284999	1.036097998	2.530282473
81	0.579159462	1.969006381	1.969006381	1.349863539	1.562536885	1.193010076
82	0.458309843	0.411623309	0.411623309	2.451773177	0.979130544	1.891827088
83	0.410483902	2.060142552	2.060142552	0.006932148	2.343774954	0.936446022
84	0.304689017	1.072569973	1.072569973	2.438699666	1.32590068	2.755549101

**Tabla 135.** Errores Relativos en % para mujeres, correspondientes a la Validación del Modelo Estructurado por Edades II para el caso de España.

EDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	14.42650252	16.42375471	16.42375471	13.68955872	14.85526436	15.09697792
1	8.690220447	3.09780687	3.09780687	6.869219981	5.451511475	6.599858142
2	5.403550073	3.271658261	3.271658261	1.414457355	0.655521058	5.383299617
3	5.355228124	13.26329628	13.26329628	1.755126359	2.147991797	4.737816948
4	3.581304911	8.844737657	8.844737657	13.01096202	13.67619428	0.17404639
5	2.475508724	8.927340788	8.927340788	8.91054159	9.016481596	0.780931739

<i>EDAD</i>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
6	2.298278514	5.95594748	5.95594748	9.452064456	12.71415097	13.30053526
7	1.142277494	4.434624961	4.434624961	5.993437527	8.094738011	9.798836337
8	1.065680217	3.815956802	3.815956802	4.504347743	4.074424144	10.3474921
9	0.925028345	1.821424451	1.821424451	4.03173014	5.027374278	6.581242577
10	0.971672654	1.660450424	1.660450424	1.682732278	0.259132703	5.303780388
11	0.960868749	1.436411489	1.436411489	1.543260664	0.451462922	4.597655085
12	0.869311237	1.591151327	1.591151327	1.43085217	2.345292604	2.367947331
13	0.814183171	1.700708055	1.700708055	1.521396485	1.63041534	2.371696489
14	0.891884941	1.46668415	1.46668415	1.715458937	1.9764973	2.210335942
15	0.776890809	1.515637255	1.515637255	1.446092635	0.120034569	2.343211871
16	0.573857997	1.538178138	1.538178138	1.466916487	0.777966602	2.55098
17	0.331707434	1.359720392	1.359720392	1.49058269	0.156147168	2.178229435
18	0.642448021	1.196159907	1.196159907	1.710310431	0.074948787	3.403175245
19	0.601973126	1.271457308	1.271457308	1.835006224	0.842862537	4.860770406
20	1.022928539	2.189484834	2.189484834	2.119470966	1.895681307	5.570522709
21	1.171777595	2.556673967	2.556673967	3.029847778	1.417660073	5.90529329
22	1.460970784	3.280614171	3.280614171	3.44001054	0.824191183	5.911051912
23	1.503355121	3.425336657	3.425336657	4.120073743	3.001834838	6.472456514
24	1.590662708	3.790055123	3.790055123	4.083135259	1.89818941	6.384997854
25	1.664796943	3.706889543	3.706889543	4.541855048	1.77879271	6.686978786
26	1.739103544	3.870658585	3.870658585	4.137300387	0.159745444	6.237283759
27	1.796534967	3.710023976	3.710023976	4.113790081	1.985376594	6.33873347
28	1.863714089	3.556460846	3.556460846	3.969364383	1.302977336	5.290911636
29	1.695459278	3.503263315	3.503263315	3.685906219	1.032454625	5.011747284
30	1.736069122	3.603463897	3.603463897	3.575238857	2.909283552	4.538447721
31	1.662703042	3.263531345	3.263531345	3.731253	3.782369947	4.197907235
32	1.657340258	3.30923123	3.30923123	3.21006135	4.664594467	3.878356139
33	1.60548779	3.00605576	3.00605576	3.353926691	3.020624718	4.083417588
34	1.580332546	3.27331944	3.27331944	3.072246479	4.349668472	3.433799118
35	1.52143909	2.962580322	2.962580322	3.333713472	3.618056805	3.677390164
36	1.238838546	3.016278764	3.016278764	3.007755496	4.045994938	3.430674961
37	1.168776924	2.648066594	2.648066594	3.092214031	3.382451028	3.658928329
38	1.23886055	2.047028766	2.047028766	2.712055196	2.246538622	3.408996602

*Modelo Socio-Demográfico Dinámico para el Estudio de la Sostenibilidad demográfica desde factores de Calidad de Vida*

<i>EDAD</i>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
39	1.142035156	1.855819866	1.855819866	1.984509073	3.762390844	3.532602078
40	1.197555158	1.948054382	1.948054382	1.722680263	2.185575436	3.119311756
41	1.028748263	1.785739375	1.785739375	1.881087085	0.227917554	1.920479571
42	1.027469769	1.832851883	1.832851883	1.745180251	5.956239677	1.733806139
43	0.950181109	1.576750055	1.576750055	1.781326461	4.930696322	1.902638648
44	0.910320251	1.530545307	1.530545307	1.508348103	4.175869913	1.785751619
45	1.094615974	1.782512687	1.782512687	1.792716921	0.844281356	2.226068577
46	1.020092628	2.034034642	2.034034642	1.998805173	4.87531724	2.208788558
47	1.01080758	2.112253848	2.112253848	2.194723587	4.285536038	2.372900166
48	0.825149873	1.811017653	1.811017653	2.206895447	4.671369548	2.559518424
49	0.774138073	1.722675019	1.722675019	1.915481249	8.394149129	2.600109404
50	0.677488234	1.333348317	1.333348317	1.80166011	4.840471953	2.537433053
51	0.620751841	1.19119149	1.19119149	1.399573089	6.195254016	2.221114552
52	0.585249476	0.991530969	0.991530969	1.243058967	0.654306668	2.131837406
53	0.481026808	0.965678445	0.965678445	1.013480191	1.184799308	1.615490896
54	0.437575301	0.807689784	0.807689784	1.03697481	7.848118798	1.35254503
55	0.529150784	0.648665883	0.648665883	0.810310885	2.607115516	1.137801857
56	0.462895797	0.492631435	0.492631435	0.671732535	2.37144608	1.104774077
57	0.267627659	0.670157853	0.670157853	0.539068798	4.436582275	0.78983477
58	0.40297405	0.505395085	0.505395085	0.737018076	9.266684736	0.656658913
59	0.336225452	0.223416113	0.223416113	0.622523581	5.432267076	0.341969506
60	0.422020233	0.538227379	0.538227379	0.231327076	4.539328413	0.859532122
61	0.62555913	0.34897574	0.34897574	0.649466664	5.906096453	0.716240213
62	0.172217658	0.621871917	0.621871917	0.376355403	1.655381088	0.050384536
63	0.711139558	1.157026645	1.157026645	0.830798095	14.35002816	0.849673203
64	0.693913201	0.220299373	0.220299373	1.659013663	9.788920272	0.348908331
65	0.758082377	1.644454955	1.644454955	0.181644228	22.59798502	1.197702089
66	0.425685319	1.643508189	1.643508189	2.393821313	36.15968097	2.796615005
67	0.479325891	1.547230108	1.547230108	2.330022824	9.895572618	0.646788129
68	0.609196413	0.865784614	0.865784614	2.116908116	7.687661022	3.615310895
69	0.43934975	1.059569594	1.059569594	1.290033387	5.936058605	3.764454937
70	0.392532038	1.662716754	1.662716754	1.641040994	5.780091729	3.526299158
71	0.608177796	1.227620535	1.227620535	2.347613728	5.435517023	2.137994204

EDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008
72	0.50251427	1.226149395	1.226149395	1.776015459	1.712051993	2.754377345
73	0.622104404	1.759908126	1.759908126	1.801163019	5.809705075	3.867636313
74	0.378594575	1.350063264	1.350063264	2.471153846	10.31624586	3.089344987
75	0.632536463	1.900699697	1.900699697	1.791085794	5.712765891	2.815921888
76	0.27481813	1.117196511	1.117196511	2.681729149	12.26430654	4.176416006
77	0.434855796	2.194209299	2.194209299	1.527453714	7.261446145	2.812850938
78	0.508712953	0.904502856	0.904502856	3.075205006	14.24623211	4.348904103
79	0.306714306	1.571619405	1.571619405	1.077820879	6.846553356	2.092861372
80	0.032302826	1.478455403	1.478455403	1.935014456	13.64980069	4.8919512
81	0.566862301	1.145964523	1.145964523	1.713902791	10.77588423	1.149126466
82	1.149566625	0.168165941	0.168165941	1.385910116	11.35966333	2.471351915
83	0.562496665	1.751671691	1.751671691	0.102813782	12.33766217	1.935371211
84	0.756389109	4.235768477	4.235768477	2.610097305	10.83388651	1.151678524

**Tabla 136 .** Errores Relativos en % correspondientes a la población de hombres en la Validación del Modelo Estructurado por Edades II para el caso de España.

### Modelo Estructurado por Edades III. Datos Extraídos del INE

EDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	14.168941	10.5181344	3.73821309	6.89041725	9.19991384	7.82664462
1	8.73782644	7.334332	2.64812378	5.20246377	1.17107475	1.92191228
2	5.63626463	11.4323099	2.77192169	4.51038301	5.87783232	2.06731356
3	5.39227115	7.89062302	13.6352808	1.1332558	5.60036775	7.29163664
4	2.81305327	7.41545299	9.23096999	13.4420467	0.8751659	5.90130992
5	2.14869355	3.86104983	8.95837557	9.22737606	13.2612697	0.15516272
6	2.2202893	3.03519731	4.81747023	9.31625121	9.34845233	13.6373644
7	1.03931227	2.76386521	3.80914927	4.77771025	9.59438934	9.95252691
8	1.0598973	1.30871547	3.39623991	3.83332165	4.83230871	10.3476088
9	0.97025705	1.26794809	1.72599664	3.5379245	3.85621787	5.50492988
10	0.9649409	1.15791081	1.66814297	1.65545358	3.37941582	4.58926011
11	0.93232178	1.19506371	1.47700509	1.54665486	1.57405248	4.12891731
12	0.83742884	1.11918744	1.54356823	1.28605677	1.49555908	2.32168921
13	0.78217103	0.92371039	1.4381074	1.36387111	1.23585067	2.23934409
14	0.95798722	0.95923923	1.25495358	1.34939737	1.39024479	1.91426948

*Modelo Socio-Demográfico Dinámico para el Estudio de la Sostenibilidad demográfica desde factores de Calidad de Vida*

<i>EDAD</i>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
15	0.86843238	1.33885087	1.44667969	1.22003002	1.41009366	2.09447151
16	0.74094747	1.1061735	1.81597813	1.43312373	1.11192747	2.32785163
17	0.33606235	0.84145231	1.46935593	1.71369046	1.30571707	1.96044188
18	0.7439809	0.25670945	1.40032802	1.83361226	2.62473927	3.17984858
19	0.83415865	1.28825829	1.3764784	2.35321345	3.28661407	5.24582635
20	0.97513968	1.32942636	2.45672776	2.34644048	3.73876968	6.08852223
21	1.10384638	1.43129449	2.56228588	3.47040702	3.6488097	6.44001915
22	1.18251593	1.55899221	2.84932527	3.33550311	4.64331272	6.24584201
23	1.4091074	1.63281444	3.0571844	3.65795842	4.31160712	7.10328777
24	1.5019462	1.83272502	3.17390758	3.73340627	4.46743342	6.58504213
25	1.53211912	1.91119675	3.34043629	3.76252406	4.41444576	6.56605473
26	1.50466245	1.78736998	3.31240167	3.68920479	4.13733127	6.32656742
27	1.34111288	1.68848682	3.09079714	3.55136564	3.89727539	5.79087785
28	1.39358115	1.41756945	2.8038889	3.18056144	3.51795147	5.35208114
29	1.25611124	1.40388432	2.50107087	2.86677905	2.9694807	4.71261104
30	1.26468886	1.14634066	2.48046568	2.43270675	2.61850942	4.02853393
31	1.2154075	1.13421664	2.06013719	2.41356729	2.06130194	3.51154196
32	1.23349618	1.1500007	2.06877839	1.98272002	2.06500167	2.93238466
33	1.13094694	1.04115053	2.00116061	1.97700081	1.61586663	2.9332115
34	1.09625377	1.03594182	1.93207043	1.90330274	1.65890767	2.3671734
35	1.01962958	0.94769082	1.9529273	1.83675358	1.56244819	2.39922163
36	0.94975886	0.86286819	1.84830738	1.8964799	1.57340391	2.3596517
37	0.8255445	0.72576968	1.64312219	1.76906091	1.68119457	2.30850878
38	0.84551858	0.55053248	1.29373504	1.61951568	1.58109828	2.42769639
39	0.89267851	0.62934434	1.1253416	1.15965151	1.43948831	2.33294385
40	0.86840895	0.71474986	1.24417299	0.96984604	0.8460974	2.20353614
41	0.80172197	0.67420664	1.28825495	1.16020628	0.68612956	1.34412026
42	0.73382741	0.60501716	1.25732759	1.28134996	0.92013609	1.16788741
43	0.69640811	0.55612443	1.14563101	1.16122365	1.0170716	1.4033761
44	0.69485822	0.5579263	1.04896605	1.07464641	0.94198485	1.50680428
45	0.63105729	0.51366389	1.08434857	0.97060945	0.89138003	1.52113079
46	0.60365815	0.33549423	0.77642355	0.856537	0.63067079	1.11218274
47	0.63287898	0.2664137	0.58753594	0.66453079	0.57190527	0.90418977

<i>EDAD</i>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
48	0.65870896	0.28750836	0.57474245	0.45239297	0.36138276	0.92058393
49	0.57205245	0.36935807	0.60867214	0.46915262	0.2346475	0.71303344
50	0.62144633	0.323238	0.72202661	0.52226619	0.23401278	0.58656912
51	0.64885435	0.43263697	0.66327023	0.65755922	0.36324801	0.64440147
52	0.65641248	0.48238287	0.80486678	0.59271253	0.4983924	0.83472705
53	0.59829994	0.37303323	0.8421663	0.84158324	0.42581825	0.90429725
54	0.58279553	0.39247544	0.78517943	0.88091038	0.65798152	0.75054654
55	0.67110135	0.37744951	0.731581	0.85143133	0.78364068	1.00466387
56	0.70394126	0.5319905	0.73075861	0.72713123	0.68195064	1.14446639
57	0.57480852	0.49240508	0.9322669	0.81599542	0.60209555	0.95650123
58	0.56766561	0.27997988	0.82317303	1.09888743	0.64366476	0.88768234
59	0.56413983	0.30391437	0.50801916	0.95961364	1.01760484	0.82439698
60	0.61765137	0.30738367	0.63805927	0.4976399	0.88454214	1.27466764
61	0.64793147	0.33299604	0.60797824	0.72098763	0.31202267	1.09861184
62	0.45987395	0.23242384	0.56805257	0.57666197	0.53233849	0.31245682
63	0.52164324	0.11761358	0.29921849	0.51448256	0.29528514	0.55961605
64	0.30005037	0.12123712	0.13388508	0.0771782	0.10373998	0.21442774
65	0.35852562	0.32253813	0.02597612	0.00715435	0.39099432	0.05718277
66	0.0614578	0.39369771	0.5439051	0.3280176	0.46212816	0.53755689
67	0.03269475	0.94781122	0.80781412	1.02991054	1.00983578	0.77026412
68	0.09521615	1.10134178	1.61934209	1.36668037	1.87586222	1.37452065
69	0.23509689	1.2540932	1.83623936	2.36392984	2.35281064	2.43753809
70	0.21551189	1.39140276	2.1093102	2.62872865	3.31947896	2.94639582
71	0.1973675	1.48612925	2.37322849	2.93135719	3.61731675	4.03093592
72	0.32157881	1.39784895	2.4110039	3.2383035	3.90070458	4.27508721
73	0.16314685	1.57967334	2.27476206	3.2278197	4.25108877	4.32335222
74	0.18049452	1.37750441	2.5313541	3.0182187	4.15582363	4.72539137
75	0.0473997	1.34052388	2.28786012	3.23640918	3.76875512	4.50674749
76	0.0519651	0.86283828	2.14560156	2.72100826	3.93283458	3.86655016
77	0.20721478	0.85020892	1.33296451	2.56297879	3.10500955	4.07918605
78	0.28338325	0.42908435	1.31734355	1.39021199	3.01598719	2.78620645
79	0.69020735	0.25098343	0.57578627	1.36196986	1.28761156	2.77673661
80	0.34494166	0.54148293	0.22825962	0.29500418	1.23328263	0.44888954

*Modelo Socio-Demográfico Dinámico para el Estudio de la Sostenibilidad demográfica desde factores de Calidad de Vida*

EDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008
81	1.11854067	0.04122129	1.06311814	0.12019151	0.19999738	0.51712846
82	0.15705767	1.3476836	0.04416345	1.88666067	0.65672286	1.39508118
83	1.26138081	0.58863317	2.08169873	0.11746977	3.10449986	1.72566501
84	0.57553619	1.50031288	0.7830463	3.16248887	0.27104802	5.03344387

**Tabla 137.** Errores Relativos en % correspondientes a la población de mujeres en la Validación del Modelo Estructurado por Edades III para el caso de España.

EDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	14.3255265	10.5073143	2.9737164	6.49834139	7.52866503	7.39800525
1	8.67787303	7.50328354	2.00165006	5.37753803	6.53487874	2.30681933
2	5.402462	11.1871685	3.19558615	3.52841171	5.42372092	1.41852108
3	5.35512512	7.5235629	13.2531021	1.68060627	2.21919192	7.06497901
4	3.58130491	7.41314712	8.84529205	13.001501	13.6673996	4.89240464
5	2.47550872	4.84270915	8.92834861	8.91140588	9.01755707	0.70833551
6	2.29827851	3.52800617	5.95653147	9.45319296	12.7152685	13.2920098
7	1.14227749	3.10250761	4.43481834	5.99401318	8.09533943	9.79993248
8	1.06568022	1.41951422	3.81600571	4.50449076	4.07466044	10.3486244
9	0.92502834	1.3842047	1.82147252	4.03177827	5.02760925	6.58184568
10	0.97167265	1.11747358	1.66073586	1.68292231	0.25970379	5.3041488
11	0.96086875	1.17395973	1.43709807	1.54382484	0.45259005	4.59816769
12	0.86931124	1.29157296	1.59216852	1.43193762	2.34357441	2.36891416
13	0.81418317	1.07704657	1.70203982	1.52284131	1.62840303	2.37329046
14	0.89188494	1.00701505	1.46803907	1.71717172	1.97866385	2.21239909
15	0.77689081	1.12171365	1.51688018	1.44782251	0.11760261	2.34550789
16	0.573858	0.90232338	1.53966029	1.46869688	0.77458488	2.5536626
17	0.33170743	0.59256577	1.36246327	1.49325961	0.15027855	2.18187378
18	0.64244802	0.13622901	1.20156054	1.71541218	0.06476753	3.408919
19	0.60197313	0.81700369	1.28007293	1.84398784	0.82728194	4.87021435
20	1.02292854	0.94465845	2.20062455	2.13246834	1.87548763	5.58496344
21	1.1717776	1.43772961	2.56903413	3.04543937	1.39513558	5.92489807
22	1.46097078	1.55988656	3.29245743	3.45663205	0.80075921	5.93440468
23	1.50335512	1.75804813	3.43667953	4.13600553	2.97819239	6.4977797
24	1.59066271	1.77795619	3.80163015	4.09885386	1.87413774	6.41159718
25	1.66479694	1.87969125	3.72006049	4.55834816	1.75291195	6.71389331



<i>EDAD</i>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
26	1.73910354	1.85074433	3.88513634	4.15622254	0.13092163	6.26571759
27	1.79653497	1.81404797	3.72608285	4.13438456	1.95416684	6.36945214
28	1.86371409	1.79051889	3.57301372	3.99173379	1.33494049	5.32546302
29	1.69545928	1.8463815	3.51977385	3.70871154	1.06431724	5.04786722
30	1.73606912	1.67904949	3.61938649	3.59769573	2.93944135	4.57614545
31	1.66270304	1.70351109	3.27871832	3.75256841	3.81019244	4.23485725
32	1.65734026	1.5625172	3.32269344	3.23008589	4.68967063	3.9134798
33	1.60548779	1.63374949	3.01759175	3.37133542	3.04206662	4.11549234
34	1.58033255	1.53786793	3.28230227	3.08671688	4.36634898	3.46244688
35	1.52143909	1.56257426	2.96871127	3.34445872	3.62949971	3.70058796
36	1.23883855	1.39601255	3.0191716	3.01443327	4.05164778	3.44803556
37	1.16877692	0.99686544	2.64756735	3.09442359	3.38206623	3.66950419
38	1.23886055	0.91663881	2.04321794	2.7096895	2.24027696	3.41254253
39	1.14203516	0.99443988	1.84893582	1.97783287	3.7510288	3.52897455
40	1.19755516	0.91274696	1.93935305	1.71216595	2.1696814	3.1091965
41	1.02874826	0.92653424	1.77556726	1.86859735	0.21013789	1.90457758
42	1.02746977	0.80358719	1.82221238	1.73128799	5.9387154	1.71355059
43	0.95018111	0.77382314	1.56650013	1.76739876	4.91404562	1.88169284
44	0.91032025	0.69360016	1.52250121	1.49556903	3.74269834	1.76490006
45	1.12266967	0.61751164	1.12204489	1.41515674	0.13536097	1.8694429
46	1.13945477	0.8825021	1.02454475	1.06199384	3.71566429	1.51016938
47	1.19365802	0.85861804	1.33378957	0.98228312	2.8938575	1.49505853
48	1.06381209	0.97470046	1.21017067	1.27676269	3.58972761	1.23572734
49	1.03438695	0.70387369	1.26536641	1.18042507	7.53669606	1.07290208
50	0.92360495	0.67117646	0.92237556	1.21558004	4.08581461	1.32822141
51	0.86966718	0.51426357	0.79594164	0.83965413	5.44519806	1.18662238
52	0.82234379	0.43918864	0.59077567	0.67564349	0.17574646	1.21535844
53	0.69034074	0.29754743	0.47441071	0.42301197	0.32542547	0.64937677
54	0.58777921	0.127783	0.20089725	0.31303383	6.88122092	0.31759475
55	0.65346081	0.01212288	0.06819042	0.07320974	1.39191748	0.05339393
56	0.56689768	0.04120523	0.20822801	0.35362737	3.81633333	0.19457239
57	0.33537676	0.17301235	0.1287323	0.44613115	5.82111032	0.74139957
58	0.45169148	0.40288906	0.43116888	0.36953042	7.93564691	1.05545031

EDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008
59	0.36263175	0.29497586	0.65029451	0.66030541	3.84413043	1.25316214
60	0.43490988	0.32884576	0.39802356	0.95932945	6.15236076	0.88298873
61	0.62189179	0.26149838	0.48636179	0.6250995	4.34487952	1.27592543
62	0.15754643	0.06892034	0.29915965	0.76668473	0.19065519	1.79458482
63	0.65924764	0.69957704	0.14936244	0.43623378	12.9206263	1.13202079
64	0.61181219	0.02426307	0.97252775	0.15992527	7.57229598	1.45416982
65	0.6379353	0.04011053	0.18905459	1.23668947	24.3171806	0.82680756
66	0.26736199	0.07326666	0.00495161	0.33174062	34.3328035	0.20742508
67	0.24897469	0.6176475	0.33708729	0.01819752	13.4917773	2.42491548
68	0.28514366	0.76063684	1.13385012	0.59939471	11.7459791	0.08353478
69	0.04828688	0.68087601	1.33503562	1.57263715	10.0519467	0.26995209
70	0.05787097	1.02241529	1.22786887	1.73967667	1.50533511	1.11005142
71	0.07463597	1.22980549	1.91230904	1.68413387	0.34613955	2.64021983
72	0.04694437	1.11186607	2.12149384	2.55087474	3.84418952	2.71116223
73	0.02025	1.45974972	2.0222303	2.73927578	0.32606997	2.47029786
74	0.19430481	1.3083612	2.39971079	2.60292695	4.5143864	3.52234486
75	0.04611368	1.56718798	2.13529222	3.16094539	0.05920159	3.88259255
76	0.22237857	1.08789562	2.67972457	2.57571192	6.59766368	3.08189445
77	0.00521025	1.71005962	1.75170225	3.32023434	1.9816117	3.98300613
78	0.19526962	1.10081466	2.55375826	1.88290693	9.27952621	2.61224887
79	0.13363649	0.90326239	1.64728665	3.16915067	2.53225765	3.97033173
80	0.04782165	0.79762972	1.26573291	1.90667662	10.1929879	0.98223719
81	0.42601675	1.21364798	1.03691805	1.43682072	8.10716747	3.48201034
82	0.8616411	1.93261134	1.4074238	0.97014287	9.70185892	1.23982793
83	0.07573952	3.13286897	2.64764319	1.42375791	11.7143092	0.53577599
84	0.12735455	0.95081284	4.54285227	3.24496044	11.2095369	0.02459426

**Tabla 138 .** Errores Relativos en % correspondientes a la población de hombres en la Validación del Modelo Estructurado por Edades III para el caso de España.

## Modelo Estructurado por Edades II. Poblaciones Recalculadas

EDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	3.98192065	0.21476423	4.35905199	6.09770316	5.77433525	8.0425486
1	0.09715745	4.07666062	0.11649402	3.88328649	5.65970188	5.41593068

<i>EDAD</i>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
2	0.04457062	0.04645675	4.31863651	0.27814253	4.04903378	6.14015943
3	0.01422246	0.0869973	0.19030017	4.60065573	0.42502789	4.25428834
4	0.13429316	0.18016792	0.21462842	0.25151699	4.58048232	0.66977449
5	0.05576178	0.3332206	0.25095405	0.16596291	0.07375977	4.64816791
6	0.00892221	0.20978271	0.47305235	0.10846796	0.2564963	0.1676425
7	0.01337225	0.08197073	0.2520813	0.33654699	0.41836439	0.76819407
8	0.03591343	0.05745501	0.05247761	0.00041619	0.18528582	1.06952858
9	0.01473527	0.00388692	0.04095842	0.26050613	0.55423878	0.80223755
10	0.00222802	0.0665268	0.00792908	0.30816257	0.83765059	1.1581734
11	0.03403876	0.04642303	0.08432549	0.26406695	0.851643	1.49147685
12	0.03377651	0.14128014	0.07018141	0.04894803	0.68994366	1.44270044
13	0.03801996	0.11914338	0.09180892	0.06722501	0.46283216	1.31247296
14	0.03916862	0.003667	0.02029213	0.13999509	0.60582671	1.03420604
15	0.07453212	0.18241108	0.25275078	0.39179887	0.72304713	1.31985887
16	0.09509376	0.11382533	0.44802281	0.69109806	1.04021946	1.61351169
17	0.15211806	0.10913484	0.42117443	1.02461155	1.54205442	2.25684533
18	0.04154983	0.02576437	0.52577465	1.58457233	2.78375835	3.98613297
19	0.00838491	0.1162665	0.94356874	1.95590973	3.77039496	5.49759282
20	0.02135361	0.05631727	1.11525998	2.39256605	4.00443111	6.46404965
21	0.03452121	0.03643934	1.10421873	2.48042853	4.35898112	6.51674231
22	0.01651063	0.01066941	1.20364124	2.52908386	4.47960417	6.80063905
23	0.00414376	0.11010387	1.2002135	2.62802272	4.40501072	6.73747091
24	0.00602924	0.10423884	1.34143815	2.51651089	4.51863215	6.41430736
25	0.01139582	0.05597925	1.1928164	2.58686951	4.2403258	6.36941425
26	0.01195825	0.01891321	1.07392619	2.22367206	4.12537324	5.79981589
27	0.03364546	0.05199302	0.79504671	1.97195221	3.47585502	5.40926338
28	0.04315013	0.03522726	0.6467622	1.53822499	2.96953805	4.44240692
29	0.05088191	0.08708491	0.61430286	1.28376392	2.38773221	3.79756045
30	0.0318999	0.12590768	0.44209214	1.17181285	2.06464447	3.03696385
31	0.04788862	0.04099785	0.32928886	0.89359466	1.80496669	2.60882364
32	0.01669881	0.00388369	0.43882398	0.79408903	1.5442063	2.34155261
33	0.00346807	0.07087506	0.45019698	0.81941192	1.31685152	1.99698616
34	0.020063	0.03267442	0.40542767	0.84848947	1.37493666	1.73573821

*Modelo Socio-Demográfico Dinámico para el Estudio de la Sostenibilidad demográfica desde factores de Calidad de Vida*

<i>EDAD</i>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
35	0.04981722	0.02254966	0.42096239	0.85120533	1.33983147	1.80697224
36	0.07332246	0.14685738	0.50025631	0.81626436	1.41008832	1.84024592
37	0.11038148	0.16588911	0.15781418	0.88207036	1.32226852	1.87194886
38	0.00506747	0.24881554	0.07051553	0.41969021	1.45013792	1.75814691
39	0.00316478	0.059268	0.0357014	0.30332294	0.78962136	1.9840637
40	0.00875759	0.0095638	0.17009293	0.20603964	0.62381412	1.12461875
41	0.09021232	0.07683486	0.26346779	0.43910746	0.52018724	0.86701395
42	0.03154496	0.13075677	0.1731624	0.49623236	0.74720332	0.7380228
43	0.00254264	0.04321792	0.08250459	0.36725353	0.82321064	1.02100035
44	0.01915901	0.07954309	0.18035474	0.31650592	0.72428924	1.08955402
45	0.53887553	0.38572307	0.6836025	0.96044669	1.16952559	1.52366677
46	0.42393258	0.88858189	1.09334278	1.37296253	1.82238056	1.84391253
47	0.44182317	0.90813331	1.57920782	1.82606303	2.13912139	2.48291829
48	0.45610625	0.85618292	1.6856116	2.15964171	2.48244346	2.82988051
49	0.35397528	0.89581946	1.53252027	2.28677213	2.82141884	3.07203687
50	0.32314719	0.8398737	1.49624855	2.12496534	2.99037564	3.44442923
51	0.31832574	0.64952174	1.37663792	2.02786205	2.68731671	3.55040307
52	0.16878313	0.67546437	1.09415779	1.82492714	2.55592549	3.18661095
53	0.16553277	0.34477819	1.21214542	1.51354072	2.28494158	2.87820527
54	0.16677862	0.33741552	0.81041527	1.54777265	1.95628411	2.6066111
55	0.12514253	0.25745933	0.62569954	1.16817199	1.9300419	2.30563892
56	0.01010054	0.28968162	0.54649459	0.89154241	1.46019299	2.20672947
57	0.00400945	0.00270791	0.67934761	0.75842769	1.22049107	1.62822128
58	0.0618947	0.00695964	0.12238005	0.97975448	1.02472643	1.24082384
59	0.06522667	0.19586644	0.10017173	0.2266769	1.27535559	1.03841993
60	0.0617814	0.08835314	0.12426236	0.28705343	0.43437777	1.44679001
61	0.21937648	0.02309932	0.05872419	0.01557099	0.44575583	0.44972608
62	0.00659987	0.32069614	0.20188274	0.14463439	0.22419191	0.44372187
63	0.0421431	0.06399455	0.24396065	0.35226924	0.27632079	0.31689716
64	0.24926573	0.15788881	0.07293379	0.16658457	0.57786907	0.19020258
65	0.09731539	0.35530228	0.04196852	0.1911166	0.05793295	0.7321419
66	0.0655813	0.46706816	0.37273243	0.2583542	0.34135779	0.24566988
67	0.11815277	0.32880361	0.45866998	0.10824603	0.65068664	0.45691673

EDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008
68	0.03006966	0.35364601	0.3424861	0.22292962	0.1491354	0.97255183
69	0.03165224	0.14501753	0.33177912	0.24683275	0.09632303	0.44707602
70	0.00133433	0.13763336	0.02070193	0.09089695	0.1372595	0.52743092
71	0.15463748	0.00938933	0.04873037	0.34959353	0.31444701	0.56090351
72	0.30855888	0.2242095	0.22009852	0.50714921	0.91424335	0.88143273
73	0.3214147	0.41841296	0.69468895	0.69477517	1.15408862	1.7113498
74	0.33185632	0.52776597	0.73207501	1.28629367	1.37608949	1.91020351
75	0.57833899	0.5438569	1.07562803	1.3521074	2.14047438	2.19685304
76	0.61711019	0.9276115	1.16599211	1.88033566	2.32594557	3.21079787
77	0.73303079	0.96034638	1.82281912	1.92662487	2.99454744	3.37895821
78	0.70860797	1.21569994	1.73923669	2.81347141	3.02169958	4.17374815
79	0.90946029	1.15101709	2.17528073	2.66962986	4.21433774	4.17310587
80	0.63429446	1.64088467	2.08711666	3.29047622	3.95376974	5.75653617
81	1.01808759	0.89673784	2.88387342	2.98436988	4.71305851	5.24153916
82	0.18810097	1.64954445	1.58393495	4.01876164	4.39171863	6.28591785
83	1.04077576	0.18556805	2.79603786	2.12857434	5.81612873	5.56196456
84	0.30012773	1.45877579	0.04766144	4.04389524	3.18550906	7.62815985

**Tabla 139.** Errores Relativos en % correspondientes a la población de mujeres en la Validación del Modelo Estructurado por Edades II para el caso de España.

EDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	3.18683498	2.78029426	3.71153553	6.06286125	5.31691487	7.82824203
1	0.05696782	3.4388595	2.54106886	3.70076537	5.97494791	5.1636395
2	0.01468667	0.24789804	3.69643067	2.27919162	4.03547013	6.39891912
3	0.03401083	0.04355751	0.43384208	3.94092222	2.12448014	4.21059488
4	0.03622937	0.19183765	0.12228585	0.46930573	3.93348935	1.94058606
5	0.01284411	0.15866757	0.2290588	0.03344448	0.19910685	3.92777411
6	0.0056465	0.03286438	0.14878841	0.00363099	0.49317013	0.08613121
7	0.04046446	0.07740026	0.02462282	0.04397542	0.49307135	1.05234337
8	0.02956698	0.00610095	0.03801412	0.25009326	0.58421082	1.04712042
9	0.0402947	0.10827332	0.00572441	0.20524869	0.76973023	1.11389464
10	0.07668464	0.1642548	0.15383275	0.20931084	0.67664045	1.35210337
11	0.0309639	0.11583837	0.15331208	0.07443696	0.73534142	1.30549006
12	0.04565755	0.12361646	0.07074126	0.08069317	0.54821089	1.39200602

*Modelo Socio-Demográfico Dinámico para el Estudio de la Sostenibilidad demográfica desde factores de Calidad de Vida*

<i>EDAD</i>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
13	0.03256866	0.04380498	0.00343036	0.21520581	0.52720537	1.22432082
14	0.03604649	0.02637641	0.17170099	0.35476866	0.72055089	1.25286563
15	0.02427122	0.05568839	0.22331505	0.57062741	0.92726708	1.5280948
16	0.22208959	0.15735782	0.25675658	0.64148848	1.10815329	1.76540213
17	0.24661429	0.33811952	0.12886836	0.89517842	1.50077562	2.46022936
18	0.22444634	0.38819598	0.20029701	1.14973174	2.32734714	3.84230389
19	0.06820857	0.19641661	0.51633392	1.36412171	2.99381592	5.00048852
20	0.0151412	0.02870695	0.9552337	1.89835441	3.25759422	5.86698409
21	0.04167007	0.05831558	1.27057513	2.46349036	3.70335612	6.04024996
22	0.05175018	0.0536235	1.60236776	2.80863694	4.23086559	6.39341107
23	0.04633296	0.04447456	1.58920651	3.24200265	4.46134455	6.66146232
24	0.02183932	0.09649358	1.62448658	3.16460498	4.82640817	6.63714661
25	0.01650681	0.12438425	1.41759509	3.16653086	4.6024972	6.85074098
26	0.02864405	0.17082515	1.30900294	2.69702502	4.51164356	6.30322773
27	0.00417355	0.17180946	1.09457048	2.43174746	3.72530369	5.96472652
28	0.0141171	0.16235563	0.96048482	2.14164764	3.41170285	4.80084347
29	0.02357756	0.11135496	0.91495169	1.87925341	2.9197783	4.37846467
30	0.04248771	0.13766331	0.92761395	1.8262517	2.58676348	3.68195691
31	0.06422751	0.08063797	0.80415201	1.76267603	2.48423042	3.24585281
32	0.09091181	0.01982021	0.86223396	1.57174626	2.36390038	3.16736999
33	0.06265923	0.09843148	0.85387617	1.63501621	2.18188347	2.9204095
34	0.04267907	0.0561306	1.02898463	1.63978063	2.24707208	2.7074597
35	0.03129696	0.0939551	0.88908059	1.71323263	2.26414906	2.8364885
36	0.02165211	0.04026395	0.88169964	1.60478472	2.29019528	2.801994
37	0.01219938	0.1401222	0.51608921	1.59550313	2.17123402	2.89243702
38	0.00119503	0.17922718	0.34108827	0.95897367	2.14632944	2.71198444
39	0.0052085	0.07882911	0.18641103	0.74076366	1.31198501	2.7213851
40	0.03673319	0.09885644	0.33896	0.52150785	1.0022948	1.61769294
41	0.07315443	0.16071188	0.28594073	0.65107576	0.81254838	1.21257162
42	0.05686595	0.21158314	0.17117942	0.61473099	0.91039459	0.98933291
43	0.08609966	0.17700002	0.03203276	0.48270708	0.88358189	1.08721272
44	0.0828645	0.2197988	0.12802845	0.2764477	0.7284122	1.11307196
45	0.25247375	0.15975084	0.40055146	0.81461831	0.90435068	1.38761864

<i>EDAD</i>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
46	0.30736919	0.49102875	0.77962499	0.98454777	1.35049241	1.59958265
47	0.29041243	0.56455598	1.08973066	1.36613864	1.64690983	1.98919447
48	0.2274736	0.48166948	1.10391939	1.58746888	1.9520975	2.28848825
49	0.2499073	0.40670184	1.05666531	1.66574893	2.12240907	2.50232984
50	0.19632338	0.47145868	0.91787915	1.55927295	2.23575932	2.67139253
51	0.23389837	0.39825134	0.99407349	1.42730557	2.10979325	2.86880012
52	0.22395165	0.41898851	0.84189764	1.44872387	2.00252595	2.64261025
53	0.12193604	0.40347348	0.78343763	1.27713383	1.92778304	2.54328822
54	0.0473776	0.22251704	0.79161657	1.0676963	1.6587284	2.35082612
55	0.20254193	0.05162733	0.56341932	1.17014514	1.49094031	2.04357166
56	0.02159723	0.28693183	0.22881087	0.80653456	1.5079791	1.83467922
57	0.02076596	0.10073288	0.58618854	0.44135969	1.09468859	1.84927745
58	0.12144621	0.16537658	0.01325609	0.90479046	0.57150647	1.23324332
59	0.037571	0.40367511	0.0938626	0.1149354	1.21333977	0.67312764
60	0.01414566	0.20433484	0.2686919	0.00576781	0.38070874	1.5155581
61	0.06231489	0.2433423	0.18936825	0.15405969	0.08352874	0.4327642
62	0.21274282	0.3209864	0.08716488	0.18354171	0.03692749	0.12931821
63	0.04131028	0.52495305	0.20040341	0.1080486	0.1076702	0.06856081
64	0.11962231	0.14953532	0.58589238	0.02379621	0.37532387	0.08154842
65	0.05034674	0.26814615	0.3010198	0.50016362	0.54604957	0.80006751
66	0.12661935	0.12638664	0.12989668	0.87052447	0.39379547	1.05575464
67	0.08022635	0.39896094	0.01532584	0.3280849	1.52569969	0.48210808
68	0.11546683	0.2939493	0.24834691	0.4511808	0.94167293	2.11823306
69	0.07464664	0.00970967	0.0346592	0.0282906	1.12256481	1.6312585
70	0.12089964	0.16811362	0.32311175	0.42752063	0.61768351	1.90801409
71	0.31751597	0.09869548	0.178775	0.87883746	1.12502894	1.31830553
72	0.25044448	0.3541212	0.47702724	0.74750204	1.74116187	1.96021025
73	0.4432005	0.3376187	0.83180356	1.19014816	1.76833994	2.80523239
74	0.39324515	0.61561533	1.04211174	1.52860328	2.15898847	2.740171
75	0.54437486	0.62696486	1.31427057	1.80490826	2.78108754	3.22574625
76	0.57931915	0.84083708	1.22663204	2.27181312	3.01115411	4.08784584
77	0.56487826	0.88804058	1.67572457	1.99194749	3.66675817	4.32151825
78	0.77079073	0.86775947	1.76630391	2.71065708	3.24656538	5.11409386

EDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008
79	0.73509749	1.08117488	1.67893657	2.54013956	4.2862938	4.48237868
80	0.60911999	1.08482067	1.97228799	2.38731058	3.91737585	5.93899994
81	0.27842469	0.61227408	1.9347237	2.88079408	3.82410447	5.2967959
82	0.14888568	0.14287661	1.39766924	2.84524539	4.40063113	4.88178889
83	0.65312572	1.16510051	0.57667066	2.08927943	4.44179123	5.58455537
84	0.19330064	0.77200242	1.66466615	1.30008123	3.68003659	5.87545363

**Tabla 140.** Errores Relativos en % correspondientes a la población de hombres en la Validación del Modelo Estructurado por Edades II para el caso de España.

### Modelo Estructurado por Edades III. Poblaciones Recalculadas

EDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	2.1021292	3.89246004	2.0140756	3.0680722	2.53899105	6.47292079
1	0.10084067	2.22217914	3.91927779	4.36661915	4.3785111	6.89268455
2	0.05246566	0.04847233	2.48298506	3.69587524	3.1428947	9.90340594
3	0.01606504	0.07833618	0.19039719	2.79578782	4.4958955	6.8789842
4	0.11521295	0.19230006	0.20598895	0.25892861	2.80093712	5.19713811
5	0.05152258	0.30688453	0.26523689	0.16184724	0.08740157	2.89049584
6	0.01213203	0.20217179	0.45485593	0.11641935	0.26058598	0.15630279
7	0.01422128	0.08223896	0.2444697	0.32020089	0.41159143	0.76582786
8	0.03307816	0.06499696	0.0650151	0.00847996	0.19546809	1.06621017
9	0.01074867	0.00082921	0.03760117	0.24671309	0.55934697	0.8145534
10	0.00130775	0.05506526	0.00189275	0.30373772	0.81241123	1.16373864
11	0.0410914	0.03723414	0.07074683	0.2774113	0.85468976	1.47704611
12	0.01396989	0.14515348	0.05287252	0.06340443	0.70355739	1.44770199
13	0.04529538	0.10206206	0.09343471	0.09416169	0.48884201	1.32131869
14	0.03730788	0.01230069	0.00140268	0.14768609	0.62282624	1.05410365
15	0.07023922	0.17868559	0.24949569	0.41323762	0.73001379	1.32871335
16	0.09739799	0.09746774	0.43353677	0.69105287	1.0580847	1.62134825
17	0.16099374	0.11062325	0.40052513	1.00797188	1.54099188	2.27242351
18	0.04897819	0.01240197	0.52466081	1.57070943	2.77482346	4.00025522
19	0.02273676	0.12075215	0.92946803	1.95491465	3.75833063	5.48778276
20	0.01793412	0.07101703	1.12050543	2.38350122	4.00586307	6.45735254
21	0.02405815	0.0408875	1.13656528	2.48605521	4.35713667	6.51628731



<i>EDAD</i>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
22	0.00109427	0.01676141	1.20766795	2.56098343	4.48194149	6.8042292
23	0.00139156	0.12297765	1.21212516	2.62526687	4.43442923	6.72685028
24	0.00301462	0.10245362	1.3479874	2.52286365	4.50746945	6.45362373
25	0.00105941	0.05847551	1.18251807	2.58274024	4.25034821	6.35843821
26	0.00514869	0.01121303	1.07794149	2.20287411	4.12625647	5.81089177
27	0.03693536	0.04363603	0.78762226	1.97195221	3.44927897	5.40641897
28	0.03761096	0.04126622	0.6541293	1.52736851	2.96536156	4.40780187
29	0.05217862	0.08001659	0.60413634	1.28165632	2.3871843	3.79536753
30	0.03198444	0.13383077	0.44003179	1.15491246	2.05767431	3.02169734
31	0.04059131	0.03816274	0.31070393	0.88681625	1.78194011	2.59470382
32	0.01241633	0.00284241	0.44163573	0.76806167	1.53359266	2.31238259
33	0.00445069	0.06045393	0.44577053	0.7993221	1.29076248	1.98044802
34	0.02848772	0.03832961	0.41073248	0.83495785	1.34957457	1.69444811
35	0.05287542	0.02312198	0.41699927	0.84697321	1.32212633	1.77311911
36	0.07311935	0.15121584	0.50107312	0.80197406	1.39941013	1.81643941
37	0.10783132	0.17301794	0.1424238	0.8710188	1.31365084	1.85780678
38	0.0011957	0.2461435	0.05145958	0.3951616	1.42509548	1.74171865
39	0.01143502	0.0548349	0.03555939	0.27294853	0.76564969	1.95607551
40	0.00992527	0.00278327	0.16179503	0.19514223	0.58328618	1.08765819
41	0.09284443	0.086077	0.26159299	0.42666659	0.5082487	0.82348485
42	0.03077104	0.14674368	0.1716527	0.49774058	0.73445447	0.72554468
43	0.00088992	0.03673216	0.05872059	0.36719369	0.82088567	1.00677614
44	0.01847938	0.06709671	0.18154289	0.29242461	0.71484405	1.08801852
45	0.00821628	0.08942391	0.16231214	0.41591675	0.59458643	1.00213833
46	0.20266286	0.18333421	0.18259596	0.3086021	0.81986485	0.86302253
47	0.33986677	0.39862502	0.54682667	0.48290171	0.77785952	1.0865513
48	0.26256079	0.50302777	0.78631925	0.85472488	0.86200353	1.19413966
49	0.29940708	0.47163245	0.98105073	1.13023217	1.2117996	1.26459186
50	0.36168663	0.69534656	0.98900894	1.31876258	1.59916584	1.63233266
51	0.48831217	0.67519006	1.14395042	1.27018627	1.8148837	2.05883054
52	0.3614844	0.83347737	1.08879556	1.47755505	1.78711117	2.35191638
53	0.28457198	0.75622823	1.38678669	1.39190726	1.95082589	2.19324266
54	0.39718615	0.64547526	1.26958961	1.7744183	1.96828949	2.2649864

EDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008
55	0.45091364	0.77375418	1.03147152	1.71586753	2.2934437	2.42196429
56	0.47629556	0.85353492	1.21042817	1.36186816	2.12235765	2.67823977
57	0.40964512	0.71653727	1.41782347	1.5913836	1.83962536	2.65739019
58	0.39367224	0.67544488	1.24670993	1.86315154	1.93731327	2.15441261
59	0.33539657	0.60535183	1.10208831	1.42247725	2.3804129	2.22614105
60	0.48006949	0.56984582	1.04284895	1.30545215	1.83763967	2.73740855
61	0.36378158	0.80779113	0.83007324	1.30128409	1.5748589	2.00141646
62	0.30099679	0.64266806	1.19939518	0.96013879	1.54619561	1.63482926
63	0.31378762	0.44923836	0.7872504	1.24848579	1.14764137	1.59438494
64	0.25685591	0.41759493	0.62900615	0.7268278	1.43661165	1.14763725
65	0.17995274	0.20702566	0.53753435	0.54911	0.66538162	1.39587612
66	0.09332224	0.01398849	0.03268712	0.24305404	0.51742878	0.33776292
67	0.04849959	0.35757502	0.33632188	0.40768989	0.05534432	0.29977448
68	0.21048765	0.48705874	0.73115846	0.95375323	0.66262689	0.32483269
69	0.25032047	0.65102645	1.07917352	1.54792299	1.42088888	1.31434213
70	0.29631013	0.81535261	1.30445184	2.06654725	2.21255765	1.9730324
71	0.25605527	0.9728518	1.57866762	2.35587972	2.73786642	2.97764857
72	0.27649007	0.86482841	1.70263092	2.65579499	3.01720012	3.41230938
73	0.14757734	0.84599981	1.54988312	2.77105609	3.21868433	3.59630379
74	0.1980817	0.65113139	1.58196442	2.71145859	3.37441156	3.9511381
75	0.08747263	0.63956398	1.2515723	2.53613262	3.16400443	3.9444047
76	0.0739842	0.28750082	0.96584259	2.14611777	2.8553392	3.5881956
77	0.27761543	0.05114991	0.56403854	1.74561459	2.43817326	3.03314597
78	0.34808186	0.16781714	0.10383927	1.24769176	1.75009745	2.45020192
79	0.72667941	0.51193278	0.28823293	0.52116116	0.94070519	1.63812232
80	0.54203109	1.191148	0.73925109	0.00500352	0.15406035	0.5210978
81	1.07989366	0.86961534	1.9155192	0.42034792	0.64091737	0.34330986
82	0.39938702	1.80230914	1.05393937	2.08357592	1.31493029	1.46936347
83	1.40121212	0.20936532	2.79545568	0.92602789	3.53358358	2.03549718
84	0.90727022	2.22563787	0.24523161	3.56028255	1.67139128	4.90621048

**Tabla 141 .** Errores Relativos en % correspondientes a la población de mujeres en la Validación del Modelo Estructurado por Edades III para el caso de España.

<i>EDAD</i>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
0	1.81046689	4.72364791	2.83478254	3.1125003	2.91869077	6.72524891
1	0.04969935	2.07791437	3.42601288	4.76739001	4.1284001	7.10957824
2	0.00726493	0.24929702	2.37243034	3.09318862	3.38440834	9.68888262
3	0.02612032	0.07795043	0.42845702	2.65841097	4.88379669	7.1415311
4	0.03153396	0.19301687	0.15363079	0.46749111	2.67090028	7.63652887
5	0.0119081	0.16923489	0.23465332	0.05670587	0.20410348	2.68767893
6	0.00203901	0.02773733	0.16945203	0.01146355	0.47079559	0.0879311
7	0.0457927	0.06394159	0.0156231	0.02456101	0.50370732	1.03524303
8	0.03463561	0.00233126	0.01941363	0.26670646	0.58231176	1.05869963
9	0.03919792	0.08801193	0.00195706	0.23459135	0.79589725	1.12124837
10	0.07894143	0.16142932	0.12091699	0.207962	0.71633603	1.38572277
11	0.04117737	0.12539299	0.14885074	0.10579388	0.74645715	1.33705432
12	0.04524948	0.13001435	0.09101083	0.08985244	0.57332122	1.39999164
13	0.01959451	0.06079791	0.00410741	0.19180135	0.5481187	1.24805652
14	0.02712279	0.01604565	0.13474035	0.34782725	0.70252839	1.2722501
15	0.02427122	0.03364779	0.19948609	0.5216978	0.91676476	1.5034709
16	0.2306218	0.17680318	0.22995751	0.6074381	1.0517404	1.73924231
17	0.24536591	0.35111613	0.09282392	0.85278718	1.4521477	2.40894067
18	0.22731144	0.37917648	0.19496715	1.12495693	2.2970826	3.80058257
19	0.07426083	0.18773605	0.53298736	1.37867487	2.99864599	4.98677088
20	0.03115059	0.02142092	0.97463625	1.93476891	3.2933183	5.88290555
21	0.05966396	0.08597636	1.29925963	2.49343326	3.74934126	6.08188534
22	0.06344166	0.06676558	1.64690257	2.83828484	4.27531034	6.43767635
23	0.04909998	0.06236073	1.60023411	3.28547542	4.50163922	6.72109952
24	0.04057851	0.08382358	1.64567566	3.18935115	4.87037121	6.68060005
25	0.02840143	0.1343339	1.42535894	3.19072522	4.62741784	6.87245941
26	0.03100482	0.19398609	1.3074338	2.70417204	4.5332077	6.33432323
27	0.02078948	0.17085725	1.06478712	2.44063428	3.73090191	5.99174219
28	0.00981375	0.1749608	0.96537494	2.11849174	3.41993288	4.81008146
29	0.02682413	0.11019447	0.90373002	1.89478102	2.92047804	4.38968049
30	0.04280717	0.12046521	0.94667744	1.82673625	2.61665499	3.68689481
31	0.07308276	0.06138975	0.83762114	1.79977778	2.49024464	3.28674078
32	0.09164673	0.02067155	0.9018172	1.62188239	2.39126528	3.18214665

*Modelo Socio-Demográfico Dinámico para el Estudio de la Sostenibilidad demográfica desde factores de Calidad de Vida*

<i>EDAD</i>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
33	0.06896647	0.11010479	0.86194069	1.67204537	2.24756591	2.94884055
34	0.049339	0.07067291	1.05162765	1.65733106	2.29166922	2.77888468
35	0.02743654	0.09118849	0.90931602	1.7422661	2.28005081	2.88570278
36	0.02685533	0.04432854	0.8779931	1.63135781	2.31463118	2.82541953
37	0.01318548	0.12236803	0.49958402	1.60138398	2.20291643	2.91765525
38	0.01536867	0.18464477	0.36787774	0.93593883	2.13781648	2.72968933
39	0.01222106	0.06419847	0.1810118	0.77071063	1.26774496	2.70712939
40	0.04464124	0.08941818	0.34896781	0.50510874	1.02702444	1.57290885
41	0.08141679	0.17062904	0.29340996	0.65142525	0.78771394	1.21812241
42	0.06132962	0.22399848	0.16430736	0.60630152	0.8997523	0.94894221
43	0.09860206	0.19811848	0.02345418	0.47452957	0.86733711	1.0849717
44	0.08636672	0.23386117	0.10425819	0.26813077	0.71636009	1.09174545
45	0.56557409	0.15463473	0.30395335	0.42012569	0.67274248	1.03408358
46	0.66574964	0.85957043	0.68539611	0.37132802	0.84839689	1.14316033
47	0.64691848	0.95799297	1.29626859	0.93522233	0.79075288	1.23572063
48	0.53594014	0.97546759	1.49867868	1.41476189	1.33158934	1.14403135
49	0.55895239	0.74662095	1.3142709	1.59600073	1.7736706	1.64482276
50	0.46964672	0.85159419	0.99494315	1.25370534	1.82619877	2.06100076
51	0.47402373	0.70997727	1.12031759	1.02471286	1.52971975	2.13981654
52	0.47650784	0.61642275	0.87459598	1.01265063	1.24049481	1.66312477
53	0.40532888	0.61762734	0.68348389	0.73460786	1.17662481	1.33046808
54	0.15211306	0.40185732	0.66205603	0.43029713	0.71087286	1.12450986
55	0.37383334	0.1113741	0.43536765	0.36317554	0.35141221	0.74006475
56	0.18007953	0.35613772	3.8301E-05	0.01289716	0.22249007	0.1729668
57	0.25646168	0.01081014	0.3707958	0.42134842	0.22427727	0.00755802
58	0.12432198	0.04515988	0.18010614	0.00972938	0.63309999	0.52178469
59	0.07848859	0.01488346	0.09928018	0.69900572	0.07471614	0.85367309
60	0.19220543	0.05697368	0.07383356	0.54099568	0.83554288	0.21417095
61	0.25446646	0.1696242	0.17301862	0.54228831	0.75404018	1.18035933
62	0.042322	0.17120026	0.12671913	0.5307279	0.73326163	1.01599283
63	0.22290919	0.30245428	0.1334323	0.10048364	0.75142465	0.94244049
64	0.12053314	0.18538187	0.51654597	0.25439688	0.2277853	1.0876166
65	0.21578722	0.08968857	0.2777563	0.77052482	0.12147216	0.25399638

EDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008
66	0.03712712	0.11224624	0.06597042	0.10222686	0.930076	0.31129287
67	0.08488235	0.29923329	0.17946782	0.56040515	0.2212053	1.38367318
68	0.05565293	0.44412414	0.66741954	0.88200971	0.70757539	0.62087648
69	0.1618278	0.2954285	0.78165761	1.5250403	1.22381351	1.12882959
70	0.08664822	0.56855525	0.83372147	1.71110787	1.98298603	1.69557686
71	0.03266992	0.58890626	1.19378656	1.87997449	2.24520625	2.43640869
72	0.07469596	0.69672859	1.25239557	2.52765943	2.5591295	2.91680326
73	0.08763017	0.6863606	1.50234631	2.35765426	2.96718973	3.13486345
74	0.02107697	0.6893207	1.2054773	2.92068049	2.80631859	3.69128412
75	0.0755137	0.51003489	1.37921209	2.49485465	3.24567728	3.39456225
76	0.11212161	0.60887186	1.17525189	2.69518643	2.8073547	3.66296365
77	0.02739242	0.27634351	1.18195944	2.43620882	2.95162619	3.02066342
78	0.16996924	0.4930355	0.650159	2.17963886	2.5839531	3.23405193
79	0.32544104	0.03388375	0.65834473	1.69636204	2.15328845	2.67274005
80	0.3741315	0.19387583	0.10562523	1.64802559	1.50247765	1.90411387
81	0.27036054	0.19519949	0.3259121	0.66787617	1.30857851	1.1799164
82	0.03691266	0.17752725	0.53147952	0.01871537	0.04115911	1.1907378
83	1.02498102	0.90268528	0.33773094	0.23511466	0.98360759	0.58285192
84	0.58302261	1.47916382	1.45494667	0.47655269	1.32275079	1.84048792

**Tabla 142 .** Errores Relativos en % correspondientes a la población de hombres en la Validación del Modelo Estructurado por Edades III para el caso de España.

**II.4.2. Errores Relativos Validaciones Bélgica**  
**Modelo Estructurado por Edades II. Extraídos directamente de Statistics Belgium**

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	1.48756546	3.45058815	11.0586249	10.5642638	10.6697219	6.90155648	7.39664104	8.89374949
1	1.65694975	1.58517258	5.00737381	13.0043302	13.1981415	12.7863062	9.78083201	7.8900174
2	0.18717483	1.22871819	2.06990924	5.35452801	12.3545149	12.2501202	11.6718311	8.9378767
3	0.19422471	0.60925873	0.76039285	2.37603059	5.74443796	11.4429101	11.5495909	11.0068296
4	0.0121718	0.5293923	0.85469558	0.57206451	2.52034482	6.30651072	10.8398871	10.8788883
5	0.02772604	0.29952402	0.76092951	1.0890435	0.31098955	3.15617251	6.68256542	10.2152128
6	0.06754221	0.31223762	0.51021746	0.96833048	1.311109439	0.26879092	3.59113784	7.18177884
7	0.00739699	0.26867703	0.61556279	0.76769273	1.22460289	1.825173	0.6975763	4.01740948
8	0.0344861	0.43428258	0.52947927	0.88953277	1.10859156	1.81855466	2.27990042	1.2329866
9	0.03811648	0.199704	0.68174579	0.81810151	1.10284222	1.50809238	2.33465817	2.83138946
10	0.00546334	0.38619125	0.4763943	0.98246542	1.10002244	1.6509541	2.01351877	2.90881633
11	0.06305359	0.22817641	0.64702533	0.71505273	1.16098831	1.59395645	2.09983927	2.45017252
12	0.04229838	0.39197657	0.45157994	0.90108089	0.93113224	1.66457002	2.08266253	2.58354861
13	0.01953503	0.29493491	0.52252149	0.64048055	1.1165233	1.40697251	1.97217241	2.45107285
14	0.10719164	0.14526565	0.42447192	0.64964963	0.73364849	1.41638167	1.6253348	2.20301826
15	0.16909326	0.06540881	0.30963033	0.53880215	0.78923338	0.96515042	1.51974923	1.9200213
16	0.10020119	0.01049066	0.34010778	0.46520073	0.71746011	1.06169045	1.19375088	1.6987976
17	0.00754916	0.11243827	0.3580783	0.71862691	0.7504196	1.11060221	1.45804938	1.55811455
18	0.34412728	0.4660399	0.75115737	1.08541713	1.27511902	1.57223689	1.84634447	2.16414356
19	0.32156624	0.61333596	0.95759853	1.39559651	1.731145	2.27008444	2.48073753	2.55786898

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
20	0.22744882	0.59961643	1.37942408	1.75022633	2.23046053	2.90096754	3.39905335	3.50675354
21	0.22475098	0.61438744	1.24625489	2.02264789	2.77890634	3.33322257	4.33826546	4.57109796
22	0.20614966	0.65880704	1.23769194	1.94951767	2.87894002	3.77427913	4.48156361	5.42555991
23	0.05744775	0.39818721	0.94416133	1.94975164	2.35433574	3.7228977	4.58089775	5.65084293
24	0.1426513	0.02724629	0.78515074	1.29619871	2.25106377	3.01024895	4.4093769	5.5209795
25	0.22028911	0.04538316	0.36321782	0.98109818	1.70338725	2.88336904	3.65418072	5.29099304
26	0.16615409	0.19355098	0.32936371	0.46552975	1.20632361	2.40354434	3.61948321	4.44392312
27	0.12455889	0.01531681	0.10331446	0.63006275	0.80066364	1.88908416	3.2192663	4.59146228
28	0.17092341	0.01563406	0.38353904	0.46722061	0.94706028	1.52342393	2.62059705	4.22286697
29	0.07876755	0.16085516	0.40956733	0.8006789	1.10687142	1.81838432	2.35607994	3.63107691
30	0.12225968	0.3954556	0.77378218	0.79473021	1.26341207	2.01001003	2.67337517	3.42788143
31	0.11854508	0.66931792	0.91915548	1.24461933	1.43771249	2.16560491	2.94896356	3.61054249
32	0.11216568	0.72310716	1.32448714	1.37297041	1.79013291	2.22088417	2.84186191	3.96020636
33	0.21567857	0.73976094	1.37069281	1.96861984	1.87944763	2.47640238	2.99854236	3.95491851
34	0.22432802	0.81414653	1.30389512	1.96562791	2.49108688	2.58430349	3.25357985	3.8649361
35	0.17380977	0.75174907	1.2965433	1.84589438	2.49800043	3.22166864	3.16314823	4.3123371
36	0.11866188	0.64840212	1.18913616	1.69470488	2.37379136	3.10426148	3.87540055	3.92276482
37	0.07308464	0.55741397	1.07128179	1.47669221	2.04549395	2.94421805	3.58209511	4.57710572
38	0.08538463	0.42662896	0.89976084	1.3836421	1.74856989	2.58671268	3.44817037	4.18573052
39	0.00789336	0.4558544	0.72318953	1.1370049	1.63054806	2.24142036	2.97050495	4.08454448
40	0.00605057	0.12707354	0.81026259	0.93243576	1.37581984	2.08654808	2.60093184	3.58526795
41	0.01093451	0.3246438	0.41398699	1.00865247	1.13737952	1.64249387	2.38892981	3.08507527

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
42	0.03249316	0.20907327	0.67022599	0.56887054	1.20399469	1.42474596	1.98876729	2.77229831
43	0.09787479	0.22656561	0.36702494	0.91822593	0.75525119	1.51098963	1.74832798	2.45255141
44	0.00975339	0.22507798	0.36882813	0.54484726	1.10451391	1.10038332	1.76942688	2.08748013
45	0.01000027	0.11381598	0.39071303	0.45387819	0.7010143	1.41185768	1.2614131	2.01548162
46	0.01273398	0.16342158	0.24002696	0.5409297	0.57768064	0.889989	1.71498908	1.46582373
47	0.03375865	0.07166004	0.21948773	0.30679172	0.62425108	0.75410026	1.04745059	1.97044726
48	0.07666638	0.01031232	0.16170294	0.31448645	0.33752301	0.77876686	0.89171991	1.26742791
49	0.0723968	0.01867123	0.04990225	0.2388971	0.31459244	0.39114352	0.84086346	1.14095977
50	0.07738571	0.03212869	0.02227828	0.073011	0.28372507	0.35503999	0.45612592	1.0362644
51	0.11962285	0.1225675	0.1211552	0.01606813	0.08815854	0.28985229	0.35109486	0.55137555
52	0.08197691	0.24443953	0.18305174	0.18456401	0.00985397	0.1037192	0.37927196	0.51453778
53	0.06029609	0.15716601	0.26700527	0.17786388	0.107739	0.01447871	0.20279562	0.42359906
54	0.08107203	0.14083395	0.20893855	0.23827986	0.18332258	0.07048992	0.024446	0.23870373
55	0.11117968	0.19945339	0.22176585	0.14591332	0.31924722	0.1689646	0.06772307	0.05472095
56	0.12298156	0.1279543	0.36730529	0.21630731	0.16102622	0.30624776	0.20081441	0.01054821
57	0.12862338	0.21540472	0.10864342	0.3789959	0.24615748	0.15062774	0.24967097	0.04104969
58	0.05300375	0.18361776	0.18754639	0.03922616	0.41700812	0.23765272	0.12971709	0.12704155
59	0.04867502	0.11364666	0.15122969	0.17235519	0.031316	0.39624491	0.15950262	0.0136964
60	0.08239894	0.0030347	0.1010515	0.32311937	0.16669282	0.02088228	0.4163183	0.018332966
61	0.07272034	0.22792813	0.15679896	0.10020403	0.4120189	0.12203889	0.10118298	0.40135135
62	0.06373859	0.13255061	0.37982303	0.2664438	0.01852201	0.39960404	0.11133491	0.26836954
63	0.03947097	0.06763093	0.0221854	0.67951253	0.42906212	0.02536102	0.33314713	0.00654106



EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
64	0.09087806	0.13465384	0.21859511	0.16335119	0.98046502	0.64582904	0.14220515	0.27660093
65	0.16048139	0.22285267	0.30828597	0.41241016	0.34130618	1.28039946	0.97311282	0.26694063
66	0.1414915	0.21505211	0.41540299	0.51885291	0.66206604	0.61411211	1.68629999	1.51529888
67	0.42682995	0.22125176	0.51037047	0.68531876	0.85979593	0.89787646	1.00385624	2.28501652
68	0.28812924	0.59103779	0.48639449	0.76870828	1.08056416	1.17610321	1.16682003	1.49507285
69	0.08405926	4.0235192	1.34033733	0.98128682	1.99960767	3.00612838	6.27067175	0.57624617
70	0.42757944	4.25795613	3.14525851	0.12723393	0.38304759	4.09852255	8.15974009	5.90912577
71	0.19053421	0.2543618	0.6963825	1.16625862	1.8775858	1.52974734	2.14498104	2.51733523
72	0.26694439	0.31428129	0.53756993	1.0891194	1.57489169	2.4972469	2.14558368	2.77549256
73	0.28407338	0.28822937	0.68038149	0.8573926	1.48705575	2.16532976	3.2057279	2.82285377
74	0.24576016	0.517926	0.56394329	1.02650845	1.19529532	1.94855454	2.77641278	4.06867827
75	0.23012909	0.33892762	0.89564615	0.80831905	1.60064888	1.5358707	2.66442622	3.57193478
76	0.20228895	0.34520211	0.63180137	1.27850967	1.21973066	2.13244768	1.94831728	3.59213313
77	0.34287629	0.23104255	0.49078158	0.93266943	1.69501466	1.86909811	2.72908142	2.78224674
78	0.34070999	0.24062206	0.36920831	0.66357495	1.45594595	2.39226393	2.57343613	3.61856913
79	0.23246808	0.46842269	0.60511317	0.46934857	0.96202444	2.14914351	3.11177759	3.53235008
80	1.19639045	0.08554768	0.84205929	0.80522167	1.02015981	1.53294616	2.89292417	4.30754558
81	0.67744521	2.56027387	0.29810586	1.05714135	1.17405751	1.58049182	2.44341152	4.35659171
82	51.2603797	0.81127806	4.36890532	0.52412783	1.62210632	1.62562549	2.40134152	3.81910499
83	0.72630566	55.0612507	1.47296866	6.66789073	1.34392816	2.50398477	2.37944823	3.80538075
84	2.0004921	1.50651416	60.218625	2.56726895	9.07396783	2.95977103	3.52912606	3.62564324

Tabla 143 . Errores Relativos en % correspondientes a la población de mujeres en la Validación del Modelo Estructurado por Edades II para el caso de Bélgica.

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	0.99271643	3.42104537	11.6160058	9.83960232	10.2208358	7.79544946	7.96381594	8.44624445
1	3.04058046	1.08437103	3.94313032	13.1312334	14.4302181	12.4373027	9.74481321	8.92881464
2	0.28851488	2.46980477	1.63304345	4.46021417	12.3931102	13.3451653	11.4199163	8.77270726
3	0.15727664	0.7132257	1.84722839	2.02896508	4.88210995	11.5957104	12.4050149	10.5990358
4	0.08042514	0.51884841	1.16446759	1.46028832	2.48852541	5.48349256	10.826215	11.6661611
5	0.08607612	0.4717883	0.84988127	1.47124759	1.15657327	3.10236403	6.09982581	10.1408427
6	0.07525917	0.39624284	0.70307133	1.11103209	1.77215169	0.57457217	3.46545473	6.5444376
7	0.09154296	0.26825035	0.62735385	0.84757792	1.35875259	2.22479578	0.17083243	3.95996988
8	0.08169541	0.20065574	0.54860265	0.83785625	1.14384769	1.79395388	2.62300225	0.33728076
9	0.00209969	0.13656937	0.46555925	0.82222222	1.03917932	1.66208611	2.18633247	2.99178861
10	0.03956851	0.20315983	0.34057437	0.6710044	1.05888307	1.55330383	2.00052094	2.582977
11	0.06343208	0.110631	0.4951235	0.54724048	0.86820712	1.60011997	1.88007531	2.50191664
12	0.03957579	0.17667646	0.42834043	0.66039951	0.72818715	1.29561074	1.97411249	2.36202857
13	0.0527097	0.18217903	0.38140252	0.64742459	0.87035648	1.11327935	1.63617581	2.351092
14	0.03112314	0.21810964	0.43593164	0.64293472	0.87074047	1.26463169	1.49287913	1.95474732
15	0.04256841	0.23752248	0.49119465	0.70941267	0.81667982	1.31003827	1.61559375	1.83762558
16	0.01889185	0.29537431	0.57703744	0.79628862	0.96018754	1.30989575	1.67166529	2.11721368
17	0.00782521	0.27806855	0.54953111	0.92160451	1.09878248	1.51757317	1.73964895	2.08159947
18	0.0520749	0.28818336	0.69861338	0.948229568	1.38029795	1.58597249	1.98070567	2.39267516
19	0.01807992	0.31298712	0.57822877	0.86883168	1.11774041	1.85260942	2.11248376	2.56610076
20	0.11887809	0.33743245	1.00413404	1.04503265	1.37332043	1.68647684	2.38465615	2.74800608
21	0.00529426	0.40994123	0.75480037	1.37649656	1.39490122	1.94389386	2.29888789	2.83627449

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
22	0.02311976	0.2766338	0.82574995	1.1067804	1.57668712	1.91937211	2.53064422	3.15959894
23	0.12901759	0.45488021	0.8159213	1.32107888	1.43442512	2.01847854	2.58224913	3.41522832
24	0.00410326	0.46272949	1.13075317	1.14342958	1.58973436	1.81723564	2.73553732	3.49461739
25	0.18940775	0.31035235	0.7675089	1.47073505	1.48895336	1.98183681	2.47875779	3.64512093
26	0.05632776	0.113306604	0.81151792	1.00197408	1.69683648	2.04556094	2.79997069	3.28698577
27	0.05322092	0.36104753	0.61110678	1.0861049	1.37446492	2.34737456	2.78679391	3.8244363
28	0.13779384	0.32747405	0.97107956	1.06182779	1.55294726	1.9887088	3.28301497	3.88781054
29	0.01623095	0.36715621	0.97760392	1.3727972	1.45412802	2.41258741	2.94883755	4.45358711
30	0.14500594	0.61744271	1.21555797	1.4203101	1.8218639	2.33270485	3.40962153	4.3918504
31	0.23591512	0.90005039	1.28408422	1.74946558	1.9514892	2.70792065	3.34900975	4.81865748
32	0.01893706	0.92361037	1.6992798	1.68173331	2.41658151	2.85097587	3.74011749	4.79097655
33	0.2395403	0.81261795	1.69573771	2.15232431	2.17330675	3.11177363	3.92897043	4.96725816
34	0.17788632	0.95525029	1.68290493	2.42357499	2.84885057	3.03949193	4.06552726	5.0015323
35	0.20020356	0.84780993	1.69918215	2.15007375	2.81018185	3.67611557	4.01819563	5.06909935
36	0.16178707	0.84388165	1.51036559	2.24031318	2.73198636	3.59978626	4.59496509	4.92155027
37	0.04157425	0.66406056	1.36954087	1.83395758	2.58375517	3.37557956	4.24809962	5.53822653
38	0.0167619	0.38259803	1.07058434	1.64361637	2.09031846	3.26987544	4.00921677	5.18766891
39	0.06234076	0.4515916	0.7729814	1.2989133	1.9201696	2.58527456	3.87091753	4.86818704
40	0.01824175	0.30854827	0.75502503	0.86560857	1.50440378	2.32395288	3.13100594	4.57734561
41	0.12236172	0.21160634	0.6186581	0.73141578	0.9901398	1.86611761	2.78913792	3.76335189
42	0.01461341	0.12710525	0.54459914	0.77613551	0.80908935	1.3088491	2.22269001	3.2903455
43	0.01944611	0.14949744	0.31549831	0.58966452	0.86850765	1.09873734	1.76282174	2.67079551

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
44	0.05236142	0.11509844	0.48225034	0.4427964	0.79006045	1.10332846	1.42314791	2.21699183
45	0.20704869	0.36106243	0.51703084	0.83590544	0.78652005	1.22066537	1.64757509	2.13085697
46	0.08100239	0.47798149	0.62429238	0.74813009	1.12863772	1.14748389	1.75895822	2.17589413
47	0.02103675	0.30362666	0.59680684	0.79912778	0.93757313	1.44148681	1.49616153	2.35292299
48	0.06440109	0.1026096	0.45080491	0.71362004	0.81891892	1.0246186	1.69901305	1.90310942
49	0.08969243	0.05388824	0.14555241	0.45982119	0.74272892	0.97081478	1.19568195	1.9509918
50	0.14701205	0.1053347	0.11825182	0.08845216	0.51723997	0.84311118	1.06521307	1.45064794
51	0.1648691	0.20653785	0.21089414	0.16016436	0.05667335	0.47771773	0.9487794	1.13852837
52	0.15239606	0.29672772	0.26693929	0.33106036	0.31647253	0.06358406	0.5661343	1.03872431
53	0.20462227	0.29455293	0.38761894	0.49565255	0.43903262	0.48346776	0.00655108	0.58882662
54	0.2987593	0.45219859	0.43318885	0.50737192	0.64021992	0.52250033	0.51357847	0.02616791
55	0.35524125	0.61410308	0.68700609	0.59870018	0.67789894	0.84622292	0.61186504	0.58470567
56	0.4220879	0.66753211	0.96861791	0.96186291	0.85490322	0.95860702	0.9311121	0.64922825
57	0.4220438	0.57276301	0.89494625	1.20408463	1.1742422	1.03850583	1.01953631	0.96605978
58	0.40992249	0.63608596	0.87829721	1.13723384	1.53651165	1.34136684	1.12754593	1.02701487
59	0.19826578	0.50354059	0.84640238	1.05239648	1.33147756	1.9112395	1.5377256	1.15335243
60	0.24068667	0.31391894	0.83817057	1.24137348	1.28119231	1.59794093	2.28601275	1.6636731
61	0.1268253	0.26229611	0.32227967	0.92106168	1.5638468	1.37866841	1.70268646	2.54242712
62	0.16297683	0.0915879	0.19066231	0.24849929	0.99406031	1.79739167	1.46783819	1.70176086
63	0.04730858	0.0717173	0.01004604	0.03938415	0.10262104	1.04140106	1.819444526	1.3582492
64	0.0015672	0.06006789	0.12216892	0.38216213	0.26580145	0.54817699	0.87449972	1.74070625
65	0.01516939	0.03761518	0.20459921	0.29535907	0.70012952	0.65891231	1.10461875	0.75941489

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
66	0.06031287	0.49138783	0.187931	0.61948329	0.56687872	1.11955179	1.19281535	1.79495747
67	0.33833855	0.63696828	1.13373494	0.71815831	1.29446375	1.03244053	1.92473989	1.98073636
68	0.46245117	1.13835198	1.29012643	1.75284702	1.55973887	2.02242718	1.78445515	2.83364116
69	0.25742386	1.1555361	1.90889906	2.07091626	2.80140299	2.47979521	3.07458048	2.719787
70	0.14071172	1.296983	1.93564193	3.0441096	3.17672335	3.81255882	3.65802891	4.03351587
71	0.46487785	0.84620919	2.2743226	2.90648786	4.44933818	4.40071282	5.14929448	4.85341871
72	0.36528756	1.6407277	1.92927887	3.36662804	4.32993976	5.73953016	5.80845118	6.76215398
73	0.78970228	1.62099579	2.56005225	2.98462315	4.78074892	5.67024518	7.46795272	7.41204144
74	0.82893251	2.3913115	2.94283475	3.75989643	3.88984897	6.41992528	7.44219595	9.25336885
75	0.65043933	2.62692851	3.59941882	4.1081502	5.25805912	5.15167894	8.3447588	9.01047994
76	0.96528114	2.46888178	3.96754848	5.05104542	5.57481627	6.88310929	6.51123442	10.3013351
77	0.37363319	2.74715079	3.80357652	5.3520517	6.73842763	7.24352867	8.82107106	7.93038991
78	1.32491117	2.02652557	4.07239866	5.39087476	7.34247657	8.45178886	9.02859987	10.5481883
79	0.72314097	3.32862382	3.22024388	5.50806808	7.18932756	9.44124437	10.3988381	11.0074881
80	1.61080162	3.13784054	4.96717404	4.22224023	7.44140423	8.7536919	11.6208826	12.2868546
81	3.38932349	2.444874	5.22266673	6.65759358	5.53181537	9.59498732	10.8582882	14.0863428
82	0.58478416	5.50855644	3.96874839	7.4868942	8.71178058	6.74113492	12.1664016	12.5927313
83	2.65403676	2.42479818	9.14349568	5.94200301	10.77222299	10.6718802	8.00010697	14.5183743
84	3.10756438	6.68703947	3.21834357	14.0694674	6.62202632	14.0797079	12.3521835	9.19460936

Tabla 144 . Errores Relativos en % correspondientes a la población de hombres en la Validación del Modelo Estructurado por Edades II para el caso de Bélgica.

**Modelo Estructurado por Edades III. Extraídos directamente de Statistics Belgium**

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	2.83370906	0.21445687	14.4705079	13.9956098	14.3921171	9.98753816	12.4243244	13.0765748
1	1.68074006	2.73523728	1.40327447	16.4850179	16.7415569	16.6144682	12.9599582	12.9480573
2	0.17322358	1.26050045	2.27699357	1.7247832	15.8318722	15.7741671	15.5050085	12.1251634
3	0.18300665	0.5692722	0.82830754	1.95356629	2.13120925	14.9027583	15.0943049	14.8634761
4	0.03268997	0.50701724	0.80303806	0.66141426	1.82052493	2.69173578	14.2820815	14.4335964
5	0.02089117	0.22848983	0.69895084	1.01333544	0.4138671	1.17366952	3.06162509	13.6659043
6	0.08172748	0.2911419	0.41254376	0.89122134	1.20142815	0.11476211	0.74825066	3.57213336
7	0.03238277	0.21175157	0.55126352	0.66648344	1.12409865	1.69183155	0.53276155	0.31755171
8	0.04809011	0.37667893	0.4348257	0.7937783	0.98693481	1.6849912	2.11780367	1.05416688
9	0.01733726	0.1712461	0.58947945	0.68905249	0.97143945	1.36462499	2.18150318	2.64343748
10	0.03377629	0.33836364	0.43060966	0.86673057	0.94728757	1.49324394	1.84027884	2.73254029
11	0.03833829	0.17753641	0.6051175	0.64178651	1.00090656	1.44259313	1.90024622	2.23527729
12	0.04913247	0.33831253	0.3851251	0.82636372	0.83622406	1.49569206	1.91952043	2.36237254
13	0.03340625	0.26747836	0.46067507	0.54655104	1.02725104	1.29309554	1.8085977	2.27427699
14	0.11116992	0.08917983	0.39733944	0.57954379	0.63426242	1.31860701	1.49018434	2.01609736
15	0.18302434	0.04006459	0.23564533	0.49537523	0.71318708	0.86164336	1.41041676	1.76853795
16	0.12941723	0.04835432	0.2894768	0.39866459	0.66606846	0.94201033	1.07634846	1.56921125
17	0.01773968	0.08894243	0.29023642	0.63921155	0.66826196	1.02228552	1.31645307	1.43212183
18	0.29490954	0.43397023	0.68426655	1.01766899	1.17807674	1.48979056	1.73911653	2.03371495
19	0.31024169	0.55374069	0.88642285	1.32520407	1.64714884	2.13131033	2.36765134	2.40353591
20	0.16209449	0.55251062	1.29762809	1.65669701	2.13304276	2.80043259	3.25723225	3.38290164

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
21	0.18489123	0.54042474	1.15576231	1.92411362	2.66541591	3.23821905	4.2121731	4.40220095
22	0.18912885	0.59380365	1.12099786	1.83628687	2.75676609	3.64456271	4.35738723	5.26683679
23	0.08372182	0.3427057	0.84700859	1.80389811	2.24217739	3.59720722	4.42483824	5.51445248
24	0.16857189	0.01490449	0.73077579	1.19288433	2.07602181	2.89111808	4.27817629	5.36817379
25	0.26916858	0.00583747	0.31249611	0.89193256	1.58614335	2.6910676	3.50841766	5.15856319
26	0.18799317	0.2525199	0.29666929	0.40095686	1.09780591	2.26153037	3.40918228	4.25760247
27	0.16071535	0.02223558	0.02040524	0.59717529	0.70072022	1.75299296	3.04504945	4.3472714
28	0.19965641	0.07035325	0.29576561	0.35820825	0.89589706	1.39061532	2.47372326	4.00682335
29	0.09073591	0.12671111	0.34660573	0.68973617	0.98372271	1.74374857	2.18931626	3.4842655
30	0.10807129	0.38494429	0.72029253	0.71831976	1.13539943	1.84873453	2.57739424	3.25291199
31	0.10356721	0.62449264	0.86835371	1.15802445	1.33791009	2.01617945	2.77652873	3.5183218
32	0.09903991	0.69351514	1.26218387	1.29987135	1.66943149	2.08066723	2.67197979	3.76398359
33	0.19981029	0.71006256	1.28470499	1.88287705	1.78745706	2.33733191	2.84750486	3.77895905
34	0.22181582	0.78119905	1.25850405	1.8450087	2.40569796	2.44750435	3.09710868	3.7003429
35	0.16136121	0.72518916	1.24706798	1.7831296	2.34372484	3.11971972	3.00390001	4.12961555
36	0.10640715	0.61021988	1.14984252	1.62420587	2.28052482	2.94477291	3.77190752	3.73491046
37	0.04142825	0.52459555	0.9994831	1.4460617	1.97612601	2.81646069	3.38207384	4.46030598
38	0.08640713	0.40211431	0.83045415	1.24067716	1.71663817	2.52003717	3.32418628	3.94699833
39	0.02466519	0.4164978	0.67868101	1.05857614	1.460958	2.19460836	2.88991955	3.94800111
40	0.03036749	0.08188242	0.7443139	0.87178793	1.29475544	1.88938507	2.52808272	3.49788113
41	0.00864239	0.27964971	0.36432845	0.9138891	1.0500713	1.54988584	2.196637	2.9923965
42	0.02105371	0.1610913	0.59267761	0.48626568	1.0899807	1.31742428	1.87098057	2.5627739

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
43	0.09174288	0.17651744	0.30635252	0.83035839	0.65112232	1.39237419	1.61422377	2.30806746
44	0.03545846	0.20784293	0.30851952	0.4761315	0.9982142	0.96583593	1.64116824	1.93507764
45	0.15136768	0.21055692	0.56262939	0.55870633	0.81248671	1.44790613	1.25538565	1.93291716
46	0.18988933	0.43067713	0.45207127	0.86137096	0.86181538	1.14152665	1.96422214	1.59930581
47	0.16208363	0.39145713	0.6223099	0.70904329	1.04199169	1.17330334	1.44959312	2.43204006
48	0.04496479	0.39075825	0.61578451	0.85603212	0.86483981	1.38470312	1.45434444	1.83106791
49	0.05047743	0.30125748	0.59677351	0.84491539	1.02750154	1.03285383	1.59792665	1.82888044
50	0.08501242	0.25799558	0.3961339	0.7901638	1.03990955	1.2346224	1.30506158	1.99330867
51	0.09653542	0.16859035	0.34231921	0.53444996	0.9925763	1.14992312	1.41311683	1.50152101
52	0.11790765	0.12912064	0.23101053	0.39768431	0.67210318	1.10336593	1.38721469	1.73853519
53	0.14754911	0.19962962	0.30012255	0.35463119	0.5992015	0.76343841	1.37404148	1.57410161
54	0.08732066	0.22627556	0.30364942	0.49007044	0.50826689	0.77135812	0.9150748	1.51029641
55	0.02790658	0.09875479	0.27627584	0.56425247	0.53076169	0.72385054	0.87731951	1.15628625
56	0.02541139	0.14302083	0.01631065	0.45314593	0.67498504	0.6728568	0.8798743	1.08162234
57	0.00988441	0.04477997	0.29447	0.12389146	0.59055037	0.8328328	0.90334111	1.16132897
58	0.10701183	0.05477619	0.18792618	0.55212927	0.24169046	0.72922821	1.07114799	1.17704455
59	0.24492738	0.09997117	0.23668209	0.38570933	0.62178444	0.37344405	0.98064737	1.35476198
60	0.23648018	0.3534754	0.27183722	0.16070091	0.5430026	0.79310885	0.51612422	1.2741363
61	0.10213531	0.57669066	0.66069145	0.40608344	0.21465218	0.69926882	1.08168837	0.64175676
62	0.10475439	0.19846016	0.89610546	0.83009577	0.58814173	0.35214447	0.89367674	1.4002042
63	0.20314344	0.3985536	0.42838995	1.37528752	1.1401242	0.72516075	0.58293301	1.17413793
64	0.19777782	0.43423882	0.70861853	0.76656964	1.77374353	1.43071316	0.99318587	0.72651369



EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
65	0.31434655	0.46064496	0.73341951	1.02988241	1.0138279	2.27532436	1.9711956	1.24157784
66	0.32828339	0.48989424	0.72789456	1.0460636	1.39485516	1.33365992	2.8692487	2.69953696
67	0.61323203	0.56948706	0.90315084	1.13322186	1.48544815	1.83920934	1.90933095	3.65048947
68	0.40564084	0.92222885	0.92863527	1.25435042	1.64965279	1.88317037	2.26021146	2.51811733
69	0.09991075	3.78058817	1.87155108	0.45091706	2.60657539	3.70693054	7.12152341	1.75431365
70	0.28602285	3.9330288	2.78400426	0.68371601	1.04919769	4.82022757	9.05395406	6.94497699
71	0.35102616	0.51036209	1.07866279	1.64014393	2.55961056	2.27094355	3.10291463	3.60534173
72	0.42108119	0.59303361	0.92412885	1.61433644	2.13008099	3.20595543	3.08080424	3.93337863
73	0.44502933	0.54203798	1.07519508	1.31750046	2.13353015	2.79810472	4.06921554	3.86115346
74	0.3917712	0.79329724	0.86158562	1.54770716	1.73396391	2.67800243	3.58874459	5.11306512
75	0.38260128	0.61485778	1.23280712	1.17030505	2.17283722	2.14003333	3.5783104	4.490773
76	0.37738345	0.57330776	0.99547808	1.69785894	1.65919197	2.77392732	2.80498362	4.67410993
77	0.45791078	0.45344051	0.79762494	1.44541294	2.20356794	2.40238359	3.60814877	3.79564005
78	0.52261157	0.45437637	0.62266143	1.04042273	2.03871622	2.92328164	3.3326983	4.66262504
79	0.33160439	0.7663732	0.8199223	0.70151735	1.40702015	2.70171298	3.85530325	4.45394462
80	1.10560548	0.26527901	1.10803055	1.06146284	1.27651932	2.03663642	3.6899359	5.19195898
81	0.87145894	2.3953537	0.44211209	1.2873657	1.5240639	1.81953902	3.25510411	5.34475031
82	51.1362404	1.02826934	4.2136821	0.67157418	1.9237742	1.96426929	2.89504128	4.79314481
83	0.88700277	54.9126186	1.69910693	6.52613823	1.540218	2.74907815	3.05114928	4.43854281
84	2.13751435	1.70719922	60.0835455	2.79513844	8.92683792	3.16085228	4.10081483	4.36107602

Tabla 145. Errores Relativos en % correspondientes a la población de mujeres en la Validación del Modelo Estructurado por Edades III para el caso de Bélgica.

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	4.31131324	1.0532168	16.1619263	14.1218558	14.8682631	11.7648516	14.1152313	13.6391464
1	3.03900838	4.20969081	0.50621395	17.7624406	18.915287	17.2099213	13.7901182	15.1201114
2	0.27876385	2.45832474	3.65845889	0.00409899	17.0075535	17.7943528	16.1539754	12.79027
3	0.14985509	0.6791577	1.82670173	3.27897766	0.42107231	16.1556966	16.8548146	15.3135643
4	0.0642899	0.48435415	1.11795831	1.44379845	2.80974714	1.01034669	15.3882191	16.1232283
5	0.08086244	0.43873031	0.81402879	1.40753419	1.15105392	2.15675165	1.61992496	14.7091505
6	0.08271863	0.3543348	0.65400634	1.04846179	1.66996325	0.58897892	1.7785872	2.0812345
7	0.12320866	0.2378331	0.57596531	0.79789557	1.28826068	2.10973301	0.21201077	1.26375677
8	0.09878546	0.14994002	0.51035255	0.77367678	1.084128	1.71891786	2.46588958	0.29878089
9	0.02192502	0.10707248	0.39123095	0.78177647	0.95923099	1.5876685	2.09975408	2.82192771
10	0.04348695	0.16199415	0.30877209	0.56823195	0.99733908	1.47288339	1.90961629	2.47512148
11	0.07291944	0.08841286	0.46053506	0.49390002	0.7378693	1.51291321	1.78845776	2.39374383
12	0.05414803	0.15955253	0.38635913	0.59952432	0.67140136	1.16761288	1.86191713	2.25950994
13	0.06451977	0.16323027	0.35128401	0.57800718	0.81460421	1.05672307	1.48564676	2.23760772
14	0.02163477	0.20653799	0.42976413	0.59148877	0.79749693	1.19720875	1.44276145	1.78927275
15	0.02866173	0.19580229	0.46373795	0.70412869	0.76200863	1.21568273	1.54875277	1.77999189
16	0.01052476	0.29880504	0.51499504	0.77070114	0.93688572	1.23354039	1.55379771	2.04404187
17	0.00213119	0.25454068	0.53387928	0.83711494	1.06827309	1.47715179	1.64011375	1.97173624
18	0.05379008	0.28233579	0.68109299	0.95171089	1.30881516	1.54652703	1.94073334	2.2874128
19	0.011199667	0.30400759	0.56625185	0.84934335	1.10632137	1.78197757	2.07240046	2.52470294
20	0.0926568	0.30880005	0.96617601	1.03939956	1.35430277	1.66155593	2.30536505	2.70296062
21	0.00671017	0.38054214	0.72430661	1.34263146	1.37261789	1.92129156	2.24824826	2.75974759

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
22	0.02860952	0.2828709	0.80388477	1.08013068	1.53137797	1.89240168	2.5082525	3.11037076
23	0.11462482	0.41446816	0.80102913	1.27870958	1.36294618	1.94794776	2.54007408	3.39395736
24	0.01499811	0.4676108	1.07651448	1.10969204	1.52281585	1.73269299	2.66485269	3.43264837
25	0.2390708	0.30486436	0.75200025	1.4016588	1.47365915	1.91187216	2.37096016	3.5491481
26	0.06401434	0.04720126	0.78646621	0.97271489	1.61288373	2.03444672	2.70912155	3.17960166
27	0.07261634	0.34297633	0.51267233	1.05680042	1.32508576	2.23013359	2.75656645	3.72640529
28	0.14855286	0.27968429	0.94791636	0.95221906	1.50715339	1.94844539	3.13832879	3.83598779
29	0.0043391	0.32508623	0.91245039	1.34314002	1.32976534	2.3591849	2.8932036	4.30380667
30	0.13362455	0.58017128	1.16016696	1.34805905	1.78164105	2.19888394	3.34002528	4.3283964
31	0.19625294	0.88477552	1.23002836	1.67900406	1.85795495	2.62653753	3.19556646	4.73681665
32	0.01650306	0.87881284	1.65847718	1.62344955	2.33116697	2.73876483	3.64053999	4.62499258
33	0.24079546	0.78119933	1.63295217	2.08911294	2.1203988	2.98697691	3.81669383	4.87650258
34	0.14070962	0.93910657	1.63668528	2.31929341	2.78070794	2.97125579	3.94028185	4.88143291
35	0.1896575	0.8055832	1.68059941	2.05297882	2.70672453	3.59930431	3.94698508	4.90209259
36	0.14264496	0.80887255	1.45195962	2.20462285	2.60610076	3.49945914	4.5240537	4.8386006
37	0.05132594	0.61038653	1.33939091	1.75099275	2.52531654	3.25930231	4.12814892	5.4708875
38	0.00342105	0.37066965	1.00893533	1.59760903	1.99192579	3.19519196	3.88159896	5.07404834
39	0.07505508	0.41309479	0.76487103	1.22002126	1.86302119	2.47185796	3.80418198	4.72918522
40	0.03360845	0.26588062	0.69350348	0.8387639	1.41619835	2.23874103	2.99491686	4.49248998
41	0.14042806	0.16510421	0.56885493	0.62594206	0.94438173	1.76067772	2.67313478	3.63063698
42	0.03569093	0.10838643	0.47421979	0.70891852	0.69607867	1.23604399	2.08929474	3.1567938
43	0.00806956	0.11148151	0.2980996	0.50945499	0.77969598	0.96839671	1.68817577	2.5296643

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
44	0.06458649	0.08111736	0.4449792	0.41505982	0.68761768	0.99669732	1.29244741	2.12131734
45	0.18713481	0.24193759	0.44455538	0.78241988	0.73145362	1.00572867	1.52437183	1.96456237
46	0.13779437	0.54486677	0.52632613	0.74458913	1.18967822	1.15050818	1.61392923	2.16586126
47	0.14984915	0.41923415	0.766838	0.78687211	1.07510512	1.61375742	1.59999256	2.43049011
48	0.21001611	0.38984496	0.73982859	1.02822543	1.03603164	1.27850354	2.09271732	2.21426269
49	0.18229489	0.45805007	0.67076116	1.06079135	1.3189363	1.40478801	1.73161404	2.55697804
50	0.17477829	0.40314674	0.69626084	0.86847211	1.37123855	1.7309614	1.77393332	2.27428158
51	0.24286596	0.37604132	0.66772731	0.93226548	1.17857739	1.67784087	2.1492049	2.20804495
52	0.28015264	0.42978392	0.70430473	0.90725112	1.08348267	1.60760271	2.13620647	2.69316249
53	0.18389829	0.4327198	0.71848167	0.84120914	1.20029937	1.28907845	1.95365149	2.57518005
54	0.18360665	0.28152374	0.6923566	1.01402925	1.15895831	1.49599552	1.6462813	2.44693886
55	0.12425548	0.1806126	0.37988802	0.92378488	1.28140364	1.42900671	1.87747868	2.04258373
56	0.04510837	0.18998165	0.19031863	0.49177003	1.06725176	1.37494822	1.79001925	2.39418388
57	0.00354015	0.115980726	0.33852785	0.29197316	0.68496844	1.29726857	1.77939753	2.2663667
58	0.00643857	0.01265916	0.21681711	0.51876574	0.28807834	0.88251554	1.68105334	2.36567522
59	0.26015645	0.09751844	0.09664841	0.3721462	0.6753882	0.22812795	1.13400133	2.1420452
60	0.26050403	0.38135475	0.00718675	0.0608743	0.45878367	0.7934808	0.27037379	1.50270641
61	0.35982314	0.47385635	0.63774383	0.16857941	0.16064494	0.70266645	1.10461707	0.45533746
62	0.21336746	0.51016879	0.77433196	0.94244879	0.28238545	0.10817224	0.99355478	1.56030239
63	0.33451936	0.38154275	0.7055522	1.20193798	1.43184341	0.42349516	0.15962001	1.57618862
64	0.30205799	0.35703318	0.69485294	1.22074011	1.57349208	2.08513921	0.84737842	0.62821021
65	0.30109135	0.22179913	0.52136084	0.98257652	1.62377418	2.03038668	2.91606112	1.31086176

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
66	0.31146992	0.55010524	0.30696685	0.97577674	1.29434793	2.17007016	2.70116116	3.96704131
67	0.56374249	0.6070703	1.12153341	0.80121406	1.6255516	1.77329063	3.09080249	3.85097242
68	0.56167401	0.91275081	1.07894046	1.60287392	1.53610714	2.29586043	2.62529433	4.22491906
69	0.26886633	0.71264785	1.39677004	1.70201273	2.40549277	2.29491223	3.30475895	3.7779726
70	0.20171945	0.59220536	1.13721957	2.23696088	2.47679228	3.21350932	3.40277843	4.41259742
71	0.50671995	0.22423329	1.11333737	1.74737224	3.28623638	3.43422947	4.50164299	4.70381562
72	0.28463998	0.75131109	0.79168696	1.76915411	2.72614767	4.28882491	4.65784614	6.27339022
73	0.69954461	0.47663673	1.03491202	1.37509911	2.60950552	3.63078485	5.86346485	6.36482158
74	0.63567279	1.10309363	1.01994702	1.65913034	1.70448569	3.73863014	5.2189441	7.75514057
75	0.43364518	1.12146379	1.45196651	1.54717943	2.45803123	2.45655126	5.34828229	6.86884434
76	0.72179472	0.82151509	1.55928643	2.10109232	2.29167782	3.54558738	3.48734419	7.33744122
77	0.01951888	0.88266076	1.08399125	2.11431341	2.90336389	3.31294265	5.14112878	4.98801606
78	0.98449557	0.01267101	1.09921805	1.84403453	3.16214082	3.94836699	4.67047113	6.94063646
79	0.43367642	1.08442386	0.01103464	1.53735632	2.70373175	4.49770987	5.52643164	6.73366145
80	1.90865405	0.71827876	1.40357113	0.05410115	2.342679	3.56326753	6.18605201	7.57856785
81	3.63276801	4.54473893	1.33681866	1.96019696	0.12968847	3.69184472	5.1969945	8.81421668
82	0.24627003	7.40339498	7.35016245	2.21585726	2.83997802	0.49910503	5.78480539	7.17427632
83	2.26060959	0.40581012	12.1264642	10.5726842	3.9893363	4.02423174	1.28460633	8.47065758
84	2.71602956	3.23051316	1.09400922	17.9473547	12.6582615	6.07820985	5.38567223	2.85650677

**Tabla 146.** Errores Relativos en % correspondientes a la población de hombres en la Validación del Modelo Estructurado por Edades III para el caso de Bélgica.

### II.4.3. $\chi^2$ Validaciones España

#### Modelo Estructurado por Edades II. Poblaciones Recalculadas

EDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	8.581309	22.73593	8.749761	4.380566	12.5917	9.09928
1	7.456192	7.564356	14.0361	8.509144	15.0272	10.65081
2	7.469931	22.1538	5.753409	12.83059	7.795647	8.076057
3	12.21627	7.768342	12.46003	7.475327	8.487391	4.89107
4	3.8186	17.92283	10.10889	0.8453174	3.412613	14.40771
5	11.74793	2193.625	18.79338	33.62682	5.55093	4.266239
6	5.212817	28.96812	13.68566	11.9508	17.2078	8.837235
7	5.863007	19.40154	12.26485	6.39706	25.27563	6.705767
8	10.72699	4.047621	8.292225	62.869	8.8185	5.69245
9	6.370452	39.53497	2.621457	12.8479	14.70818	6.095848
10	2.010717	12.17346	0	22.02582	11.16971	8.3113
11	2.331374	23.9019	13.41996	17.7681	0	17.42913
12	14.24482	3502.402	0	1747.585	7.321885	7.503483
13	3.316319	24.17964	359.3844	11.07384	84.15392	26.42716
14	9.860659	14.75646	7.881858	13.72169	19.12319	10.45734
15	13.0836	16.71716	7.264361	1554.598	3.751652	12.27433
16	16.85295	2017.698	12.71744	7.027447	48.61722	6.932584
17	14.28009	32.51105	16.70529	14.26641	26.50412	35.79742
18	78.6894	16.06197	62.99172	0	10.34064	8.738475
19	26.66993	17.6134	5.94356	22.83828	10.61666	12.45716
20	12.23432	586.3	6.41464	147.5168	7.30208	3.71672
21	8.061128	29.09287	10.1979	55.46289	9.952617	9.570407
22	15.33047	85.29726	30.50412	6.931117	8.288278	13.99551
23	9.840192	26.82161	6.224291	11.33071	12.86081	6.104195
24	5.9546	223.3208	27.17479	213.4144	45.60687	11.90899
25	29.86076	0	378.7967	33.32207	5.391744	7.203545
26	16.07413	10.34572	15.4172	11.63243	11.93366	96.83666
27	7.076822	23.68808	5.292407	7.678107	15.475	15.6116
28	12.13791	0	3.950342	10.56385	20.35102	7.169805
29	19.62439	18.43702	0	17.91928	17.36446	7.538826
30	7.062568	192.7044	22.97668	9.684393	6.435473	26.04434

<i>EDAD</i>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
<b>31</b>	139.4206	25.64735	890.1417	12.15799	9.81535	41.29192
<b>32</b>	9.958035	21.88935	17.93119	17.41331	9.952082	19.06683
<b>33</b>	6.447255	24.89565	471.3182	11.58729	7.504007	8.464559
<b>34</b>	8.830019	35.01886	3.354561	181.9731	7.97208	32.33039
<b>35</b>	6.235937	8.733434	58.08903	18.92956	14.33854	10.57051
<b>36</b>	10.63216	0	163.5393	11.27339	20.93625	9.81562
<b>37</b>	4.432543	29.29649	191.4625	51.86563	16.86992	25.80962
<b>38</b>	7.312615	0	5.085155	0	8.286404	12.64915
<b>39</b>	11.74635	13.63159	6.08825	4.599685	54.13905	28.5823
<b>40</b>	7.988076	1133.765	7.781956	20.69863	8.095083	111.7649
<b>41</b>	20.05822	67.58369	21.10524	5.405532	4.347175	5.894831
<b>42</b>	15.12	18.07668	55.59154	21.16057	10.9276	7.8584
<b>43</b>	23.2377	41.02552	4.760154	7.628613	8.311906	7.929106
<b>44</b>	39.16817	50.40942	9.152965	10.10903	6.512182	2.905652
<b>45</b>	46.39689	78.85027	58.32225	44.6718	43.10235	33.01807
<b>46</b>	14.88767	26.35587	27.74664	27.97908	20.24765	14.40147
<b>47</b>	13.21886	25.04685	5.158129	7.763985	12.72608	9.442939
<b>48</b>	5.003073	39.13336	6.963854	8.501309	16.4721	13.3593
<b>49</b>	12.72063	22.13504	13.14065	7.020565	11.45908	11.90878
<b>50</b>	7.419589	13.82597	11.58568	12.97106	15.47817	11.80941
<b>51</b>	7.777814	18.1534	7.871841	9.501049	11.21742	11.78257
<b>52</b>	5.971044	32.947	4.806253	11.84647	5.763069	7.535729
<b>53</b>	4.237273	25.47704	7.754879	3.457399	26.54347	8.142245
<b>54</b>	5.734486	27.17763	6.143093	16.61203	5.780722	30.50382
<b>55</b>	20.29185	13.31674	14.51456	15.49723	4.614426	7.720145
<b>56</b>	8.227597	14.81795	10.30295	21.56592	10.61158	12.54739
<b>57</b>	10.6472	16.60361	6.797668	8.913085	20.05485	11.24137
<b>58</b>	3.797006	7.332774	25.38165	9.802186	10.70784	13.41949
<b>59</b>	13.20465	12.98039	11.95744	13.15434	4.301358	8.315243
<b>60</b>	5.508792	22.2059	15.19232	11.45059	8.381766	5.776215
<b>61</b>	4.226709	15.03584	10.44348	8.274549	6.101138	2.85709
<b>62</b>	7.280754	31.97046	7.464125	14.11021	3.787356	9.321148
<b>63</b>	5.348825	34.74062	15.72388	9.102747	5.837958	4.867627
<b>64</b>	6.027036	15.23917	9.606781	5.42636	10.70047	4.072796

EDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008
65	2.836046	29.65543	8.80003	3.426689	5.767227	3.435965
66	10.14822	20.12651	13.4107	3.982964	13.76977	6.362072
67	5.760496	18.33077	11.89236	7.810712	8.937317	6.493609
68	6.369043	24.09979	22.87824	7.129565	5.018892	4.207767
69	3.305484	28.70195	7.946045	11.46074	4.094186	11.98908
70	4.60966	26.48347	14.61556	9.172626	8.749196	7.543116
71	10.67684	39.96811	16.74939	18.33944	9.941132	7.697692
72	8.632887	18.1849	7.056648	11.09733	34.78575	14.60275
73	7.332345	26.1469	17.0642	4.445765	5.857837	9.088148
74	4.294544	20.39938	8.056125	14.92824	7.781032	10.97383
75	14.51159	16.59757	9.813457	9.602731	12.87048	10.19288
76	4.037687	23.58162	8.555955	4.423801	15.33371	36.36176
77	19.15912	16.62841	6.748482	3.096726	11.51135	6.270872
78	7.124922	9.194802	5.812348	5.166248	2.176496	9.579581
79	11.0587	13.95014	9.215167	7.467404	10.81384	9.703959
80	13.47952	25.958	14.84271	14.12569	4.256522	10.37136
81	15.04639	16.15637	19.2102	4.96667	8.551516	4.350457
82	9.847228	10.77691	11.7339	5.7742	11.03551	20.68277
83	8.165391	26.87084	7.354297	3.523194	10.83209	3.924848
84	5.009082	25.17207	11.22543	5.336114	3.601773	16.49125

**Tabla 147.** Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados, correspondientes a la población de mujeres en la validación del Modelo Estructurado por edades II para el caso de España.  $\chi^2_{83,0.05}=101.8795$

EDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	5.626024	5.680887	4.414212	3.378974	5.026177	11.06207
1	12.64813	3.099016	8.007756	8.153479	2.579052	4.482907
2	4.064454	743.4219	8.080505	8.321041	7.944615	3.922099
3	4.257473	210.4124	41.89348	6.927367	7.897765	9.231839
4	12.14854	9.027425	185.6613	8.123056	6.440829	8.124387
5	9.409424	15.01964	11.01184	9.240774	4.607067	8.381326
6	3.956575	16.44341	11.59597	23.12513	9.090429	15.98556
7	4.765074	12.98908	0	39.87001	25.14455	10.13621
8	48.81465	23.08347	3.649618	10.23719	12.30989	6.776167



<i>EDAD</i>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
<b>9</b>	24.50821	10.96111	5.054843	16.64003	10.17041	4.698696
<b>10</b>	22.55274	17824.91	11.48366	16.84015	12.60778	8.399395
<b>11</b>	13.80974	16.57012	2.905742	7.545982	12.98685	16.71619
<b>12</b>	6.303555	3300.254	19.83838	16.36089	4.583117	8.303197
<b>13</b>	8.023314	12.76303	9.904863	4.879964	6.946335	14.12927
<b>14</b>	4.547373	197.8121	8.246146	4.447572	7.269597	16.8925
<b>15</b>	7.657315	7.828114	9.056016	6.727292	8.887974	14.58706
<b>16</b>	9.566906	15.17081	0	8.366192	12.20176	52.76797
<b>17</b>	17.42775	20.18784	15.20334	22.65895	3.151102	9.155955
<b>18</b>	9.152136	104.0815	39.5701	118.1759	3.577872	13.88696
<b>19</b>	9.315723	11.75365	6.689054	19.60482	6.734756	4.030269
<b>20</b>	2.364454	29.23378	15.979	6.390346	3.722371	15.70217
<b>21</b>	6.777578	54.19879	13.9554	8.546918	6.201928	4.078017
<b>22</b>	11.09417	26.43486	5.214081	16.75181	9.144294	6.123482
<b>23</b>	7.650829	29.48766	80.60269	22.52402	8.560233	8.16771
<b>24</b>	9.846551	14.17195	8.094934	37.83495	7.15421	5.9087
<b>25</b>	5.841652	267.8889	124.1101	236.5912	21.02952	3.59635
<b>26</b>	4.887187	19.91633	6.565172	4.543553	2.829836	4.597852
<b>27</b>	7.010749	42.16072	15.88917	58.44841	80.68498	11.5489
<b>28</b>	10.40104	22.93684	26.1216	21.34718	7.681367	3.010645
<b>29</b>	4.888031	0	8.778493	18.87823	9.753552	3.814187
<b>30</b>	8.317674	9.593471	12.14314	9.991572	26.47265	11.56327
<b>31</b>	4.351777	33.71101	11.03789	25.00568	5.865571	13.92582
<b>32</b>	7.986991	18.18234	5.837869	10.74605	6.298449	15.7314
<b>33</b>	6.626819	30.31912	12.77566	46.29522	2.670461	8.427894
<b>34</b>	12.47608	15.60177	11.63288	9.781819	5.671415	5.793749
<b>35</b>	8.533658	45.3526	5.157115	19.83486	5.087696	4.129358
<b>36</b>	46.99765	10.77486	5.412092	2.935545	4.590971	30.4146
<b>37</b>	8.641682	8.87454	12.01025	417.4527	6.422581	19.25528
<b>38</b>	4.49637	13.88558	8.328961	11.79483	19.58044	30.11075
<b>39</b>	9.694399	1908.515	13.40362	17.19508	21.75417	12.38481
<b>40</b>	7.691397	9.742663	12.93367	33.34633	8.977653	11.37009
<b>41</b>	3.964936	259.0552	7.613173	23.27425	12.23693	4.030938
<b>42</b>	8.949992	1745.272	11.55663	4.776669	6.261487	10.63437

*Modelo Socio-Demográfico Dinámico para el Estudio de la Sostenibilidad demográfica desde factores de Calidad de Vida*

<i>EDAD</i>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
<b>43</b>	3.880023	7.578138	13.20796	6.530687	19.29398	12.25102
<b>44</b>	11.763	54.76079	8.409522	46.21844	7.626247	13.28865
<b>45</b>	32.53812	36.91303	29.03734	29.46428	9.21616	9.794699
<b>46</b>	10.98274	13.44589	15.7249	11.17007	6.944489	4.113205
<b>47</b>	7.562878	23.82726	12.0766	5.421127	15.61118	13.32522
<b>48</b>	8.079884	9.64122	15.00879	6.883742	3.788495	8.545362
<b>49</b>	15.68999	26.96885	16.50813	10.49923	5.458818	14.68294
<b>50</b>	3.818013	17.93474	4.059745	7.922841	5.160489	9.186808
<b>51</b>	8.586707	10.57076	12.91612	8.53855	11.13048	10.30355
<b>52</b>	16.24811	23.29441	16.04415	4.631567	5.092705	9.934715
<b>53</b>	6.368092	12.45063	5.915887	10.46795	7.405766	11.30488
<b>54</b>	2.00757	14.03737	13.74972	3.61651	3.117535	4.726504
<b>55</b>	8.043834	10.29416	10.48696	15.13468	12.38684	4.801007
<b>56</b>	5.620931	26.23008	34.76294	10.1654	7.198041	15.32551
<b>57</b>	17.68479	15.63382	5.79359	18.22912	10.22336	16.14545
<b>58</b>	8.523157	15.93905	15.86388	9.17833	9.718192	7.737479
<b>59</b>	6.049286	35.81754	9.015915	3.945502	3.604359	1.98964
<b>60</b>	12.35159	9.401621	5.409391	10.18212	4.353334	8.42689
<b>61</b>	7.151159	17.83988	3.140391	6.001594	8.130287	5.4008
<b>62</b>	16.805	20.43038	15.00364	12.79385	7.165912	10.40566
<b>63</b>	3.906053	13.0424	5.006147	10.9515	7.973596	4.044827
<b>64</b>	3.560853	9.175056	10.48704	5.220928	10.88594	4.965649
<b>65</b>	3.920659	20.06398	6.216528	5.590927	3.477093	5.042879
<b>66</b>	6.654481	16.8172	5.280466	9.977869	15.48249	4.651989
<b>67</b>	5.198498	23.98823	9.415903	6.207024	8.191376	5.206559
<b>68</b>	4.678956	11.41166	12.78247	7.709795	5.493784	7.004018
<b>69</b>	1.678194	22.15035	2.811725	8.608656	13.22383	13.32121
<b>70</b>	9.449339	22.16819	11.64164	7.612887	5.753577	4.815032
<b>71</b>	9.962952	16.01	14.02629	8.682331	12.12274	5.556411
<b>72</b>	4.250408	11.67996	14.48489	10.49531	8.875422	5.341009
<b>73</b>	3.047544	24.89009	4.648718	8.896053	13.72733	11.78829
<b>74</b>	5.626614	19.80767	10.986	12.23488	10.42064	9.412017
<b>75</b>	3.758677	26.41957	13.03383	6.328588	3.644616	15.55578
<b>76</b>	3.491983	27.49575	8.664193	10.57802	5.902581	4.894971

EDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008
77	2.846585	24.58708	13.96043	14.06948	7.045457	5.992977
78	11.12155	30.6501	21.75937	10.25056	5.808723	8.680217
79	5.775337	10.24102	11.18828	11.6778	9.61716	11.52321
80	3.014621	6.445436	17.11093	10.89018	4.483757	2.506021
81	3.460726	11.04095	9.027862	4.618526	7.805532	6.607843
82	14.02469	14.51665	23.99828	4.824936	5.621449	6.832091
83	4.782371	15.08441	5.842059	13.69018	8.982355	6.894726
84	11.81568	16.54508	7.114148	5.737477	16.05995	4.2243

Tabla 148 . Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados, correspondientes a la población de hombres en la validación del Modelo Estructurado por edades II para el caso de España.  $\chi^2_{83,0.05} = 101.8795$

### Modelo Estructurado por Edades III. Poblaciones Recalculadas

EDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	5.851243	8.336162	4.032158	10.08467	4.768148	21.7041
1	551.3567	11.62901	2.772008	7.756556	12.03759	4.679883
2	63.91654	23.56101	14.39676	9.731671	4.824733	7.407453
3	53.1277	0	0	8.511246	2.804873	3.687945
4	70.20441	12.45	17.91644	260.6482	1.623415	6.385545
5	0	253.4326	5.5777	23.79524	12.65424	10.24367
6	54.27885	28.03021	8.077993	15.65151	7.181624	57.20423
7	0	19.69313	0	2.218867	12.19324	4.332291
8	23.29095	0	9.059098	1920.986	15.12981	47.20322
9	47.53525	0	10.51758	7.37924	20.5757	45.13156
10	0	29.31839	9.81302	9.914569	12.87495	8.974084
11	89.35687	30.03784	7.823138	83.90554	47.82662	2.910437
12	87.98186	82.45361	26.16653	23.13424	31.70722	9.414644
13	0	44.02656	9.404818	12.63259	8.332548	80.75612
14	63.74657	780.369	16.0892	19.42273	14.79846	23.64073
15	93.82122	11.77566	14.78518	15.73209	10.89449	17.93842
16	35.07923	16.3776	11.21716	21.32859	364.0221	13.5587
17	41.6538	23.925	18.86375	44.19566	11.75295	17.39902
18	58.67561	103.2175	10.12801	9.113125	4.81789	10.17512
19	0	26.53366	28.59755	701.7128	26.12338	31.12325

*Modelo Socio-Demográfico Dinámico para el Estudio de la Sostenibilidad demográfica desde factores de Calidad de Vida*

<i>EDAD</i>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
<b>20</b>	46.01172	6.938491	16.8037	95.33526	18.84921	5.247494
<b>21</b>	51.85976	31.98118	11.92937	23.8515	12.08378	9.687621
<b>22</b>	0	12.74412	13.69144	10.67561	12.99677	15.16254
<b>23</b>	44.64694	10.88154	10.72162	6.074485	10.48919	20.88997
<b>24</b>	0	10.42995	28.8631	8.312986	9.492146	6.684619
<b>25</b>	55.02935	11.78188	29.81974	8.362352	8.060689	9.727019
<b>26</b>	49.49257	1362.108	128.6859	42.31034	4.063526	5.101749
<b>27</b>	0	38.56905	7.266584	19.31635	223.3384	9.618866
<b>28</b>	74.75893	16.09216	16.05501	43.87818	127.7882	11.4318
<b>29</b>	33.98971	0	2.751276	80.29385	36.11496	59.97993
<b>30</b>	17.76726	0	25.01811	13.13685	14.82825	7.885405
<b>31</b>	0	1719.51	0	12.89617	8.698156	6.741063
<b>32</b>	58.05821	0	36.86123	12.14722	11.2488	10.21745
<b>33</b>	137.6937	10.22162	18.32959	14.81146	67.40712	22.13461
<b>34</b>	0	13.98973	298.3873	28.34996	8.84006	6.95942
<b>35</b>	0	0	5.53922	17.95899	7.584621	876.0833
<b>36</b>	42.01014	18.88598	17.45413	39.64986	3.730114	13.10252
<b>37</b>	38.32382	61.68109	18.34996	9.602383	19.30182	16.15469
<b>38</b>	38.66586	18.92399	2.425754	106.5417	96.63124	13.45328
<b>39</b>	0	52.02057	9.140242	372.7702	19.72035	46.1972
<b>40</b>	47.45328	192.5876	5.686871	5.285055	10.36255	11.00167
<b>41</b>	147.5096	6.876024	9.460412	5.809681	10.3189	6.436995
<b>42</b>	0	226.2725	9.050097	13.20578	6.519054	15.23615
<b>43</b>	93.50265	44.7882	45.14698	8.082823	6.738726	19.29922
<b>44</b>	1573.378	13.90678	8.811194	5.551064	16.61435	7.266194
<b>45</b>	0	0	0	15.30931	11.33448	14.27304
<b>46</b>	74.38562	74.5303	49.11344	45.38656	38.33424	48.99345
<b>47</b>	85.91236	35.44401	23.72806	16.56959	16.73754	30.63538
<b>48</b>	57.85026	25.11788	13.77353	7.753239	32.76072	13.2095
<b>49</b>	76.28525	31.42009	22.84231	7.508702	5.464014	10.85576
<b>50</b>	63.87446	21.3442	13.76416	36.98119	6.511454	6.024777
<b>51</b>	79.45226	23.0746	17.34578	13.97425	30.89037	3.694623
<b>52</b>	66.80894	21.81325	5.319748	6.423831	15.89677	13.76791
<b>53</b>	88.56448	26.56873	13.6111	6.589677	4.937158	10.36543

EDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008
54	68.9262	33.32499	3.454581	4.510871	6.8701	4.75487
55	66.81294	17.97205	8.785898	4.668893	3.320389	4.204573
56	75.4198	25.0794	13.06893	7.654419	3.019034	6.209844
57	89.43754	12.26042	10.01037	5.036864	8.04822	7.180317
58	89.15101	41.67702	10.15068	14.99664	2.661416	5.19578
59	87.46114	35.41589	12.08671	10.39265	6.552138	6.953575
60	62.46273	34.76337	20.46582	10.13171	2.993225	4.229714
61	73.37894	18.24756	12.70469	8.647903	13.38638	10.59517
62	83.49139	12.24397	11.78303	15.04181	4.388317	10.01879
63	72.26492	24.54115	13.93709	10.08661	10.10461	9.601458
64	52.41877	32.89631	7.679678	9.531324	8.470661	8.606547
65	72.01522	14.89169	26.98541	9.061461	12.90507	16.97448
66	79.8522	29.07665	18.04491	1.37389	9.118731	15.35741
67	60.81402	17.42447	7.36702	6.096213	7.622715	10.20914
68	68.3624	7.869977	9.150162	10.61675	9.440655	3.765057
69	49.6654	16.42799	10.15085	5.186555	3.899694	4.692728
70	60.84245	14.3914	9.634874	4.670945	9.941957	5.813252
71	92.20206	16.91889	9.215948	14.35636	13.17427	4.46506
72	77.02724	26.64391	10.17586	10.14605	13.64899	5.283801
73	87.44994	19.81436	18.22404	18.4139	10.49155	7.160965
74	82.70979	24.59439	6.38521	16.47502	7.377418	3.735274
75	51.92426	14.36859	7.429904	7.635852	13.91049	5.47252
76	83.95694	75.78083	5.141605	7.073442	6.311936	7.784204
77	86.58062	16.85259	11.75564	10.64815	4.335707	7.71302
78	90.47929	37.19514	8.196512	27.22935	3.487689	3.77233
79	63.13774	23.36282	13.23255	5.054593	7.004512	15.1265
80	56.01704	28.28644	20.18699	11.1565	9.606483	15.76978
81	54.38484	16.85051	7.324268	8.011521	13.13481	8.409727
82	80.35821	13.15415	18.03943	6.790564	14.64157	9.09282
83	73.89202	24.84653	8.181576	8.625508	3.851526	12.77585
84	51.51911	17.60113	12.8275	16.10937	6.020059	9.337594

**Tabla 149 .** Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados, correspondientes a la población de mujeres en la validación del Modelo Estructurado por edades III para el caso de España.  $\chi^2_{83,0.05}=101.8795$

*Modelo Socio-Demográfico Dinámico para el Estudio de la Sostenibilidad demográfica desde factores de Calidad de Vida*

<i>EDAD</i>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
<b>0</b>	9.885423	5.718749	3.609439	4.798209	4.865641	14.47579
<b>1</b>	0	9.099621	6.984272	3.610033	3.702235	3.129508
<b>2</b>	40.23566	247.4996	7.214306	4.065245	4.573321	4.959351
<b>3</b>	79.48615	15.4417	934.3703	12.08985	9.627234	3.026324
<b>4</b>	455.6368	39.23916	7.222594	8.153119	7.17411	4.623733
<b>5</b>	56.81286	4916.739	5.763248	8.732642	4.300185	4.074359
<b>6</b>	0	16.0459	50.58478	6.330614	10.15769	16.83223
<b>7</b>	68.33662	14.38389	14.18423	7.563553	5.214796	7.71813
<b>8</b>	67.23405	21.49652	45.61604	9.772196	6.558918	8.268773
<b>9</b>	56.01815	28.79642	8.403254	10.53134	15.72213	8.29696
<b>10</b>	0	16.14983	14.19629	4.261377	10.84558	2.424122
<b>11</b>	61.46703	15.8375	24.14429	9.026046	14.0648	15.21894
<b>12</b>	34.84097	20.18567	12.15502	19.81414	25.7572	9.283252
<b>13</b>	27.90906	12.12696	10.38696	8.779222	28.43286	5.101602
<b>14</b>	68.48373	15.99203	0	60.76485	8.090251	17.00196
<b>15</b>	0	6.008782	9.286131	6.30722	21.42901	8.021448
<b>16</b>	36.7397	193.3894	8.400383	11.1398	3.711538	7.87264
<b>17</b>	41.98665	22460.21	12.43665	4.067068	7.295212	13.94349
<b>18</b>	689.0284	20.36676	96.96058	15.15021	4.530768	12.21373
<b>19</b>	0	13.75391	5.644555	9.867686	10.37209	6.640455
<b>20</b>	264.3355	15.03384	2.162484	24.57912	11.35853	10.09733
<b>21</b>	35.54835	29.01218	13.73179	22.15859	24.16008	12.1234
<b>22</b>	70.64439	10.51302	11.37076	14.80935	6.457541	24.32379
<b>23</b>	89.32497	9.495217	16.60779	12.11892	7.109961	14.91861
<b>24</b>	132.1044	13.97964	11.23062	7.524409	11.60701	2.848866
<b>25</b>	53.8061	12.05613	12.20405	6.40514	9.056908	5.113359
<b>26</b>	0	19.20649	61.97082	9.434695	12.38248	31.99647
<b>27</b>	136.0395	18.3431	34.43372	5.65274	75.23787	4.752097
<b>28</b>	39.46117	12.09035	13.52166	6.0508	11.36521	11.66428
<b>29</b>	30.5931	15.46516	24.70451	5.84414	5.701683	8.77986
<b>30</b>	50.14177	14.6107	10.00427	10.64341	6.126978	9.890993
<b>31</b>	0	0	12.46227	35.31705	6.071165	3.560258
<b>32</b>	0	3.076205	12.83218	16.567	19.22132	43.2485

<i>EDAD</i>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
<b>33</b>	41.99414	18.79324	15.23547	4.573731	21.84383	21.11415
<b>34</b>	989.9309	8.154469	8.890057	203.1203	5.248663	11.3429
<b>35</b>	57.08031	7.02373	11.05728	33.59002	16.86361	7.81935
<b>36</b>	139.8939	6.666915	20.04562	5.077048	6.199544	11.60715
<b>37</b>	71.26022	34.45425	6.538352	3.696701	18.24031	2.665258
<b>38</b>	40.24912	5.920302	17.22648	5.833235	5.600814	18.76661
<b>39</b>	17.37075	17.41678	9.233268	15.08121	9.928676	9.825558
<b>40</b>	61.96375	5.416094	20.05488	26.28792	9.43267	24.04193
<b>41</b>	0	7.22778	27.62837	27.87165	8.925996	12.49807
<b>42</b>	0	20.55624	7.138768	13.0435	7.173642	12.33666
<b>43</b>	50.51889	11.73914	8.142103	4.76683	12.66803	7.024478
<b>44</b>	0	0	4.428664	5.667635	5.597559	2.802389
<b>45</b>	79.3884	73.05171	52.64948	29.5444	40.36247	32.99601
<b>46</b>	54.82888	25.28902	15.29419	35.32287	10.69873	10.22028
<b>47</b>	57.6641	17.05092	26.39233	6.571596	33.22668	4.996043
<b>48</b>	67.54754	17.80714	15.08707	15.58825	9.61325	10.95401
<b>49</b>	65.76764	32.39342	10.76895	27.58883	23.10361	12.6948
<b>50</b>	63.58378	32.28252	8.530641	14.09122	6.100739	10.5503
<b>51</b>	58.27662	14.78197	8.033966	9.516441	1.791169	5.308783
<b>52</b>	68.72968	14.70643	14.06146	7.949324	9.881628	3.025166
<b>53</b>	56.84332	20.99188	17.20516	7.614337	5.156988	1.803053
<b>54</b>	74.78828	30.8225	8.454312	6.122547	6.031294	8.548115
<b>55</b>	60.81848	15.09381	15.52045	10.09997	5.52555	6.542406
<b>56</b>	51.51629	15.94323	2.810005	17.49985	11.91986	5.89972
<b>57</b>	80.30531	23.32143	11.39886	6.297268	7.305625	9.553983
<b>58</b>	71.85418	24.36688	13.9885	5.116885	4.34864	9.333246
<b>59</b>	63.56989	15.33856	10.60521	5.060233	4.657248	6.498785
<b>60</b>	71.11308	15.34927	14.58315	6.642055	7.240622	6.409394
<b>61</b>	59.7765	10.87803	10.47246	15.04761	2.757623	5.745213
<b>62</b>	61.39227	14.27879	18.02367	12.55978	8.057187	12.86537
<b>63</b>	81.24776	12.99606	18.53041	3.472099	12.02633	3.758044
<b>64</b>	61.90584	16.97006	24.22638	5.822199	4.326133	9.796217
<b>65</b>	62.64439	22.79336	14.89661	8.352462	3.399857	10.15101

EDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008
66	70.73061	13.37485	15.19355	18.45193	13.13559	7.126248
67	52.1558	25.28868	7.802639	3.292898	15.95289	12.51562
68	79.47112	16.50285	11.17518	8.138255	6.399026	14.41736
69	76.77518	18.07661	6.726789	10.60888	7.749846	7.75319
70	68.3241	27.66204	13.33953	9.863107	4.440685	8.254268
71	59.91432	29.93642	8.577197	8.147473	8.69552	4.231468
72	76.40474	16.40946	12.54974	15.89135	9.433389	13.93886
73	73.77467	17.81805	9.37343	4.811676	7.540771	15.4923
74	59.38576	22.22325	7.699273	13.63521	13.10273	3.923976
75	72.82613	15.28024	4.709486	3.482368	13.50442	5.389071
76	78.41148	21.89857	18.22259	8.317136	3.700628	7.261766
77	74.55056	11.0589	9.638283	10.90105	3.222445	7.750998
78	80.69705	15.09192	17.14465	2.398146	9.021963	3.047495
79	61.36307	27.06609	7.991745	6.018323	8.410242	6.193391
80	54.88152	38.05712	12.07207	4.015093	7.209109	16.03193
81	79.60243	3.948154	19.44328	12.1854	6.026124	2.025885
82	73.95937	12.16197	4.995524	9.728734	10.24921	8.443338
83	63.78387	23.59851	19.08744	7.079595	7.08642	13.57505
84	82.56756	16.04411	9.687955	7.695272	6.021072	4.730426

**Tabla 150 .** Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados, correspondientes a la población de hombres en la validación del Modelo Estructurado por edades III para el caso de España.  $\chi^2_{83,0.05}=101.8795$



**II.4.4.  $\chi^2$  Validaciones Bélgica**  
**Modelo Estructurado por Edades II. Extraídos directamente de Statistics Belgium**

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	9.860256	6.850727	5.814838	6.760394	3.207779	5.273483	8.272737	9.260663
1	13.65744	6.54826	7.4954	5.939443	11.19366	2.497839	14.31608	4.828974
2	23.37732	6.627713	9.541739	12.81036	9.375226	15.70416	7.349504	11.95987
3	12.76609	2.963274	1.902522	8.72469	5.919599	10.23607	18.40963	4.663727
4	27.19321	6.362755	3.052464	7.39105	8.404753	3.415542	2.938369	16.11821
5	9.122789	7.949915	8.692587	1.76139	13.08632	4.537624	9.398141	8.22823
6	25.45141	4.898224	6.579744	4.793676	5.627821	8.270551	13.88035	5.681677
7	11.18694	8.700148	7.03151	9.578965	10.61996	6.643896	11.76924	6.868886
8	20.6183	9.479196	9.762346	8.769746	5.291872	11.66152	3.155898	12.84203
9	8.302704	14.62007	6.344054	11.59139	1.447404	6.531193	6.531487	5.712007
10	34.23896	8.389368	13.01353	2.586274	8.741884	3.758964	9.822835	13.84283
11	11.52961	10.34282	4.377074	3.386207	2.949615	4.891438	8.806466	4.202143
12	3.019775	23.33728	11.09015	2.996329	9.34323	5.788775	11.0617	4.739378
13	6.922673	2.873798	7.679404	6.517486	8.006392	16.78097	18.69844	15.37337
14	16.52323	7.203699	4.104999	9.955377	11.1563	5.167037	9.219636	5.44157
15	12.55491	11.13118	10.87189	4.203007	4.055017	13.75549	8.159606	6.38301
16	27.74959	5.872322	10.56292	3.711447	3.532807	4.693504	16.81277	4.718382
17	19.09715	5.925732	11.9158	9.381039	3.410675	11.23125	7.929574	8.085141
18	22.12189	5.883504	5.827091	5.578279	6.348493	2.14611	12.74295	7.54071
19	31.26155	2.91165	3.630475	6.252512	5.07247	5.628607	6.783965	6.009007

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
20	10.22451	4.287242	6.798692	9.279567	3.128582	8.698591	3.293947	9.201643
21	14.73851	9.038606	10.47478	3.415514	3.626751	4.22924	4.33134	8.138975
22	11.79588	9.23624	14.4197	12.16701	8.212525	5.858478	12.21775	5.885421
23	5.88703	6.255905	7.647805	7.331139	9.591097	3.23376	4.33852	14.29298
24	12.43299	13.04893	7.973355	9.833194	10.74496	5.723193	1.758154	4.631885
25	10.94428	8.989488	12.62913	5.291795	12.97709	3.087741	13.81768	7.752512
26	19.04588	6.695961	8.300225	12.33138	5.422069	4.98374	3.710029	7.666111
27	18.53358	6.427326	12.15774	17.85079	3.387548	7.474372	13.08182	49.979
28	17.11366	11.19494	9.789175	5.181426	5.733952	8.197824	3.987659	3.727207
29	7.944398	11.23051	9.058329	17.85168	8.227757	3.566671	9.144434	8.277949
30	38.82838	6.666306	9.879924	9.335729	12.64542	6.111955	9.980325	15.15837
31	6.522403	7.961957	4.290709	4.45702	9.576369	10.36145	12.60648	14.42782
32	17.64539	8.89244	4.482045	20.83166	3.675223	3.476339	6.141297	6.001702
33	6.089368	6.526239	9.177771	7.086365	6.312938	6.555287	6.610452	7.588787
34	7.729114	16.64592	7.870596	19.44187	10.72649	6.186132	10.97399	7.484759
35	24.91002	2.36671	1.22903	6.28736	11.30715	13.89582	7.344801	5.310414
36	21.83788	5.03316	6.706878	3.860061	7.172884	10.51339	4.265558	9.589465
37	23.36813	9.743989	11.64453	4.263587	4.620507	2.54776	9.492737	5.571419
38	10.97299	9.81534	3.740592	10.50738	2.997287	6.335864	4.092899	13.61466
39	11.67794	14.00288	5.857128	3.846828	9.469041	4.935192	7.454968	0.9234222
40	9.113342	1.947906	10.24091	7.398524	7.05116	2.945195	6.280982	3.946739
41	18.06741	8.934497	13.25942	8.400745	5.564849	5.456054	5.00288	3.112896

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
42	12.54597	3.937917	12.35705	5.919166	4.328924	4.038122	7.898166	14.16462
43	22.40937	16.64864	10.07479	3.019631	2.9159	15.95743	10.99777	2.471623
44	13.56897	5.37035	6.078233	6.758177	7.14914	6.074099	12.24332	11.79854
45	20.47241	17.51342	7.278211	6.051558	3.701559	10.47075	3.184368	3.718912
46	14.83919	5.214052	8.997278	15.42028	5.035408	16.28171	10.10072	6.903863
47	9.985572	19.50646	13.51833	6.96251	4.812829	1.791257	4.201636	1.115548
48	11.16703	3.606262	6.920903	9.849751	3.313704	13.62181	7.500501	2.320841
49	13.93839	3.960072	5.444666	5.701875	4.074131	4.844306	12.4731	3.728386
50	19.04885	2.619154	5.853786	12.18881	6.421416	11.29477	9.730123	17.36003
51	30.4112	4.648966	13.16056	4.615324	6.281398	16.05788	8.293649	9.84791
52	11.66155	20.06145	3.333376	12.4688	8.561253	6.645639	3.50927	8.606962
53	13.51449	11.49544	3.848967	4.090945	6.80433	4.790713	8.442237	4.511416
54	12.49793	19.00652	8.036651	11.99724	4.431725	10.03273	5.903943	11.19267
55	20.63504	12.27248	11.33573	13.99583	5.841002	3.84904	3.02868	11.32096
56	20.74619	21.38919	8.638987	4.787027	10.17887	10.76075	4.002097	12.99947
57	31.09433	13.21048	13.13991	9.041485	4.926667	12.3029	4.795778	4.157767
58	17.15974	7.657544	11.80433	6.241526	11.16987	3.039964	13.08708	3.847531
59	20.33804	4.82291	8.2032	6.70242	4.208964	6.474487	16.0189	10.8233
60	21.92981	7.939748	10.60534	15.56887	9.118437	2.671315	6.596819	10.37972
61	11.47043	9.504653	9.731678	0.6203755	15.60455	9.338443	2.737066	5.879497
62	26.92072	10.06858	7.519252	9.726821	3.723089	14.23035	7.43216	7.486023
63	15.22798	61.60743	13.94696	8.254284	3.571861	3.655986	7.954656	5.712995

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
64	15.67371	14.78216	6.008104	12.48968	10.79295	10.08959	14.40813	8.797816
65	11.63802	6.937036	4.102918	9.874589	4.184457	5.87179	1.478287	12.74959
66	15.84678	5.332874	6.856375	9.67124	10.92593	3.614193	13.83559	6.812566
67	21.20154	7.20272	7.684961	8.479088	7.027746	9.342573	7.341598	10.68276
68	22.53616	10.20508	11.38089	12.21489	6.16019	6.557688	7.33884	8.105799
69	15.02954	8.437137	12.548	11.24548	1.779537	4.728871	11.49249	5.557592
70	23.27891	4.247814	9.078951	6.225122	19.4161	10.2143	9.163044	16.23215
71	18.99562	8.022388	3.217722	8.054765	9.901745	15.15915	19.31959	11.4489
72	36.55589	46.83238	10.59654	6.488689	6.041146	3.77846	5.960673	7.16024
73	20.61126	13.83719	20.23022	8.135985	6.858369	12.87503	5.917674	8.967516
74	31.85875	12.7302	8.963627	13.30124	13.23791	12.51273	8.973681	9.714721
75	29.15359	14.60606	3.173668	8.10077	16.13866	3.972228	20.77095	5.601029
76	14.36716	16.62419	11.97981	3.307798	4.728983	10.83182	3.799164	10.47533
77	14.51887	8.308675	6.86671	10.12159	4.10499	7.530971	4.339013	3.729887
78	27.36499	16.0283	3.773543	3.251449	9.73445	2.641289	3.002784	5.753618
79	19.22815	9.169652	7.682051	12.15794	2.796872	3.902187	11.06518	3.113621
80	29.93622	8.352551	4.057698	3.582733	10.99718	12.80614	7.281398	15.29288
81	11.7192	13.66875	9.04195	8.109876	5.55141	4.290818	4.545014	9.824829
82	17.73109	8.711343	8.331575	7.561577	11.68288	7.032532	6.017234	18.32651
83	20.37494	2.276696	4.055859	14.38966	7.017057	10.98289	10.90908	16.40294
84	13.14	16.40811	7.225562	7.017955	6.73719	6.601486	4.637246	6.777249

Tabla 151. Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados para la población de mujeres en la validación del Modelo Estructurado por edades II para el caso de Bélgica.  $\chi^2_{83,0.05} = 101.8795$

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	8.847711	19.19881	14.01838	7.263599	3.341039	14.14503	8.393067	2.461416
1	17.15169	4.680018	10.94417	17.22288	1.66512	1.723087	11.459	5.382685
2	7.724107	8.508161	10.17563	10.0249	21.56344	2.582374	5.570376	5.574402
3	16.55591	17.12646	5.661085	13.8662	9.282986	9.883029	3.301234	14.6214
4	29.8242	10.71928	8.333411	5.532595	9.018872	21.92294	11.00663	4.860133
5	18.35025	12.20481	20.14397	8.310624	5.7367	20.7267	11.16822	11.62561
6	33.04879	12.29942	7.145042	3.907341	11.44903	7.927961	15.56804	7.238748
7	3.945065	7.649042	9.072965	11.44157	8.298753	7.352183	17.81908	12.18429
8	36.07768	18.08768	8.465371	7.182795	6.341271	6.020123	11.45235	5.120966
9	17.45625	10.80683	6.75297	4.16218	5.569555	7.419135	3.622475	6.552972
10	38.04961	8.259452	2.497145	3.379371	10.38227	2.807858	9.007161	11.88847
11	12.32397	5.575131	3.17195	11.23928	3.883539	4.533313	1.141669	8.085903
12	12.11367	11.76083	8.867985	6.147371	9.277259	1.965367	9.274837	6.430763
13	29.22841	2.587375	4.670727	9.765328	5.808051	3.9828	7.35029	3.985453
14	17.34415	8.284199	6.861183	7.337433	6.858904	6.544417	6.213409	6.862987
15	6.662782	8.854713	7.574525	7.303105	12.03502	8.387455	5.468597	4.681373
16	16.53799	2.224903	10.61385	9.554798	8.252463	2.600995	6.942934	6.606418
17	23.54969	7.315156	2.188503	8.317505	2.792255	7.141725	5.226202	9.488461
18	22.3764	2.374859	6.341555	5.412815	14.10088	6.235803	12.29376	7.214364
19	38.65194	9.736188	7.157891	15.35231	5.576565	10.24055	4.359062	14.0157
20	18.12146	8.786397	9.907676	5.282545	4.171023	4.832362	2.815086	4.106168
21	14.26004	7.05453	3.816388	1.479517	5.505681	11.76662	6.160782	6.970713

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
22	17.74667	3.906806	2.604365	4.791306	12.26573	6.653371	11.86796	4.657865
23	11.11679	17.46742	9.871075	5.194183	5.911391	6.753376	5.551811	9.970588
24	8.570798	5.382642	8.544833	1.852121	16.31243	21.80021	10.34687	5.836746
25	10.12944	13.61777	12.36483	12.14831	7.129315	25.70249	13.61758	4.605865
26	16.50008	7.91087	13.28748	7.201498	12.3301	5.01895	15.78586	5.126856
27	9.858907	8.1818	17.03117	6.065917	13.6724	9.461889	15.60971	3.274774
28	16.37348	8.699071	8.745564	9.959948	5.404376	11.2451	9.782394	11.15435
29	19.10553	12.16774	19.31434	5.809751	5.918915	6.36091	5.848266	4.143077
30	239.6572	8.776339	5.113442	4.276775	10.85166	10.5841	4.624715	7.55175
31	26.98014	13.61967	9.93544	5.349738	9.441137	10.81331	7.134734	2.614893
32	13.44602	10.34841	7.394335	6.29242	6.483863	11.05553	11.11633	16.89156
33	17.32573	11.08978	5.746667	6.733435	6.580454	9.034651	9.407619	5.410485
34	20.12198	2.331725	6.957507	11.33184	3.442195	3.578144	4.005414	15.638
35	12.16336	10.03166	8.767955	9.465719	7.338725	12.49514	12.42659	12.83199
36	15.87117	1.570068	4.880718	6.84248	8.839165	8.558335	2.844734	9.074281
37	20.7004	3.201278	3.875006	7.48673	4.115338	2.949093	7.808444	5.868608
38	18.99781	2.522656	17.12621	5.162078	2.237919	4.355708	2.312502	17.3258
39	25.89161	6.322406	10.25471	7.255124	5.840111	8.255898	2.511775	2.286061
40	28.55589	11.29716	14.4551	14.35574	6.973765	6.433167	4.032388	4.877879
41	5.12361	12.96438	7.938927	5.055384	3.69268	5.061848	4.878592	3.822693
42	12.0193	4.609599	17.78103	5.030952	10.39316	9.291062	8.484464	2.328409
43	23.72681	7.179108	14.29518	5.503994	3.201687	10.06876	7.327153	7.249302

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
44	22.93573	121.1553	5.561722	14.51063	4.773619	8.925935	8.138431	5.278876
45	42.19744	37.21275	33.98672	27.84659	11.90198	14.12053	25.69802	18.11496
46	48.18705	10.48291	15.08153	12.78574	13.05811	1.425986	22.72368	19.93459
47	68.93769	10.58843	5.748313	15.70778	8.095778	6.221323	6.152744	8.867539
48	48.97961	19.54956	5.253435	13.49518	10.35647	4.725842	8.785259	6.891561
49	51.99841	15.56238	5.62621	7.436795	7.669892	18.24505	4.389174	6.676342
50	42.96574	12.83691	13.15593	1.985297	4.525982	6.775172	3.400014	4.089035
51	33.2889	32.83298	9.866054	6.496557	8.631516	3.376971	3.363219	7.809203
52	52.18024	6.135548	9.439181	12.30159	5.310682	9.871535	12.92815	4.073211
53	56.03106	13.7802	3.497007	4.836832	20.13999	4.369151	9.138365	6.989383
54	58.44236	24.32681	12.29235	8.423749	3.035427	20.89636	5.482999	12.33124
55	63.42573	23.84686	5.855661	7.13144	6.745893	8.849745	11.90069	2.409913
56	72.29077	10.37899	6.013236	7.557409	9.588395	8.132735	7.193696	4.979684
57	38.90314	28.43769	6.072739	3.267601	5.579427	6.579638	21.2077	9.740437
58	45.65961	9.836285	8.300879	4.220177	9.169849	2.380944	10.05391	11.42106
59	49.05521	12.71335	9.61638	16.09479	9.876808	3.967523	2.523595	23.37252
60	51.03801	13.89609	4.051952	8.407572	6.712651	5.731298	6.165951	4.411595
61	61.19944	7.95001	10.69053	4.610963	11.48724	6.659904	12.51172	9.740803
62	31.5935	12.67237	8.246591	6.705349	11.04139	13.00791	4.851997	4.639313
63	55.64196	9.998331	7.544216	11.27425	3.613495	5.581645	16.19355	3.069442
64	55.80413	14.53839	4.002426	9.907851	7.604438	5.102937	13.39175	10.89863
65	48.23965	10.47102	8.034613	9.439253	4.714143	10.16515	5.840984	5.82992

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
66	43.92395	11.82718	16.10674	7.17342	8.321364	8.005261	11.94881	7.247358
67	42.02217	11.87319	3.660173	10.79623	4.66315	12.69042	10.26423	6.108456
68	54.99427	18.86187	16.56134	8.481997	7.266658	8.020532	4.408801	7.379104
69	38.08784	18.31278	6.717769	33.25843	6.511075	4.356399	11.4735	3.815743
70	50.26519	14.08155	10.06192	7.214717	21.43421	12.00528	12.75309	9.431323
71	45.6408	13.92718	8.250811	8.407424	7.331303	23.73664	6.082612	3.421957
72	50.46181	15.66149	5.8261	8.056189	5.473462	3.410427	5.837456	7.793231
73	73.93848	26.40991	13.05714	12.18868	6.913212	4.117153	6.232419	11.33212
74	61.23154	32.52293	8.558867	5.069554	11.4743	4.795448	10.99464	1.65905
75	51.32513	15.21721	10.85068	15.26104	8.770171	17.01521	8.576115	16.18911
76	52.50888	22.43024	4.999572	7.293002	2.63021	23.26627	3.461703	8.765311
77	72.54118	13.2838	13.29427	7.15934	6.726848	3.274766	11.62884	7.224059
78	44.44174	8.584064	8.093251	2.892931	7.906014	5.075214	19.4174	9.630067
79	60.12748	16.01457	9.837655	3.283229	6.362827	4.600345	5.733465	10.70249
80	60.89765	15.84144	8.024934	17.62278	5.679495	3.972646	6.441091	9.258207
81	47.34035	21.88245	18.07095	7.864168	8.5116676	9.054391	5.32659	4.513125
82	49.66339	10.63742	5.671709	5.101256	8.067214	4.408966	4.907663	7.841962
83	58.75526	6.817494	12.76024	3.914506	4.256289	8.602658	9.638649	5.661131
84	30.73351	12.97847	11.13729	6.235574	9.938459	4.010806	9.447964	8.317698

**Tabla 152.** Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados, correspondientes a la población de hombres en la validación del Modelo Estructurado por edades II para el caso de Bélgica.  $\chi^2_{83,0.05} = 101.8795$



**Modelo Estructurado por Edades III. Extraídos directamente de Statistics Belgium**

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	6.236049	10.10774	3.672463	7.945157	9.997587	4.869531	6.445004	2.588821
1	19.75492	12.02709	11.79359	9.266036	12.42859	7.572446	3.427642	6.231687
2	13.90154	4.140787	1.892145	17.04813	2.346693	8.316155	4.170344	8.390687
3	26.57547	8.052242	2.880529	2.87214	15.24684	5.136076	6.157709	4.616577
4	17.9769	3.240867	9.098875	4.2027	2.248689	9.32847	9.103833	5.348813
5	5.927574	8.951525	14.38682	5.03441	6.692516	3.295045	7.989524	7.419515
6	16.13475	5.897902	6.445656	9.226954	4.516659	6.072529	4.240927	10.15656
7	24.20675	8.406012	5.742497	11.2177	13.73917	30.20429	5.475677	2.506867
8	12.76089	2.980823	7.931055	8.525119	4.652811	15.85515	5.041574	6.674171
9	19.76359	6.448943	4.665981	1.481777	3.988721	4.775634	5.613756	4.506268
10	45.38495	5.683799	8.339624	7.479709	6.805066	8.359246	14.55427	11.38743
11	19.88811	5.597388	10.06193	4.630413	6.379395	0.7645146	4.874437	24.23069
12	16.7936	5.028265	5.969032	10.36673	9.974418	6.750262	3.06063	4.048515
13	5.86571	4.227597	2.262407	11.00056	15.05545	6.143059	11.82877	3.270994
14	21.14733	8.058356	3.476819	8.262835	7.705992	4.279803	8.608871	4.716186
15	18.47344	27.10424	9.73424	6.545973	5.195367	6.155803	8.281829	3.937343
16	30.3303	4.75464	12.63788	5.209184	6.323828	12.9466	3.88869	4.056796
17	10.26029	6.196252	11.43342	7.115334	7.302616	10.38466	2.426075	1.611681
18	19.82279	6.188556	6.393332	6.118526	4.732169	7.204823	9.519488	12.46732
19	10.20346	5.384338	8.24347	4.169742	8.010833	7.317719	12.0118	6.654689
20	8.916896	3.913652	15.63154	4.197234	3.684649	7.255289	5.285362	2.020597

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
21	11.23632	5.082475	4.884729	6.176743	6.311755	3.59944	14.62056	10.01329
22	11.31894	3.356725	12.81664	13.48925	3.240514	5.368067	4.436549	7.218403
23	8.918783	2.263608	6.342435	14.72627	11.87357	3.932249	6.082418	9.647911
24	13.19888	8.380253	4.172078	1.527629	3.885689	7.278542	9.244871	9.079729
25	12.20395	8.075232	11.38627	10.31888	7.276543	3.918811	14.92267	3.355965
26	10.56012	11.89389	3.401891	7.284884	13.18918	10.07719	10.28335	4.932702
27	24.9768	3.433461	8.722748	10.41835	3.453164	9.465688	7.890281	7.879754
28	8.533346	22.81428	4.424734	2.7399	13.85739	2.983323	8.757677	6.215264
29	7.905654	3.831959	13.01025	4.398602	7.424643	6.47216	7.891155	8.410107
30	10.57981	5.854643	7.517193	6.185415	9.063668	13.73853	8.286051	2.685342
31	14.55849	5.183107	6.988234	10.39698	3.124574	10.28982	11.31023	9.63697
32	28.46345	15.03729	9.375524	5.997397	10.66603	2.290237	10.00242	20.38361
33	14.35865	10.34214	7.081051	7.613842	4.234834	5.385899	5.127798	7.863689
34	226.8423	3.334664	12.40467	14.03119	3.151581	11.4481	4.726485	4.248214
35	22.04224	5.820486	7.732383	8.033302	9.751143	11.61578	14.65988	5.620109
36	36.30761	3.287562	10.30384	4.591882	16.61341	4.558469	2.528307	13.62093
37	15.24238	11.25845	5.972845	13.33101	5.481388	7.517106	3.418323	5.456272
38	15.23591	6.942824	7.981143	6.585622	17.6964	3.117727	8.102873	5.407581
39	20.73967	5.871983	6.833277	5.969277	4.404975	9.38394	5.283106	4.881743
40	17.53131	19.32132	5.601612	6.624548	3.491737	3.846545	5.182341	3.930289
41	38.58339	6.705225	9.680174	9.654346	6.104852	13.15271	6.393104	5.369447
42	9.776785	3.748892	5.697326	8.434961	10.03051	8.544961	16.46268	7.765848

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
43	16.83997	10.79088	5.424881	6.127189	15.00706	3.918149	4.592669	5.572706
44	21.59657	6.662623	12.48824	13.32036	17.07477	5.638307	7.298245	5.561609
45	12.39592	6.10479	10.96801	6.062161	8.223701	9.132997	3.023804	5.051822
46	15.91173	4.61333	6.06431	16.09315	11.98613	5.012105	5.611866	11.98673
47	10.50305	5.442521	4.848694	3.567265	6.544396	5.384951	6.259193	8.822289
48	17.38008	7.140717	8.278899	13.00487	16.13199	7.972571	3.476192	4.173151
49	13.45176	10.19671	5.04288	13.50052	10.79152	5.241385	12.1865	7.372241
50	20.50797	6.402104	5.970228	3.901678	9.366496	8.779285	10.67321	7.135876
51	15.32126	12.00701	9.983056	11.23201	8.441586	8.373494	15.17576	8.824187
52	17.28921	3.908827	7.646725	4.895871	6.711009	4.275182	8.906956	6.588845
53	13.50673	31.07679	3.20534	4.458403	7.58977	12.36519	6.398476	10.40899
54	19.98505	9.693025	6.585475	6.244155	8.408599	7.089769	9.297279	6.965162
55	30.74873	3.321165	10.1951	5.284788	1.992149	6.079777	5.470088	9.071175
56	21.09608	5.059499	13.90401	10.40067	21.78963	7.542143	9.32397	5.406856
57	13.80932	9.63623	5.423877	13.02057	4.28296	6.446831	9.030617	8.767754
58	14.14996	5.802292	11.30131	3.063137	16.25017	6.563639	6.329615	5.784859
59	26.32481	6.172122	11.87902	7.424938	12.45912	6.04926	8.643986	3.78213
60	32.13631	5.934487	5.219287	5.596149	9.562624	4.358737	1.184801	3.896783
61	13.99613	9.486582	7.523898	8.390985	7.423017	6.228314	3.38442	2.457456
62	11.75834	7.800552	7.139616	7.880151	5.648052	18.65347	4.541607	13.27404
63	13.59624	12.05548	25.34342	7.382334	11.84634	7.699319	6.056752	11.50162
64	24.97399	16.24893	10.83377	6.42654	9.983963	6.58116	11.92224	11.58721

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
65	10.71407	11.20512	9.900321	4.226057	20.09779	3.892028	12.3121	5.444867
66	19.16034	5.116424	7.05862	7.342835	4.45554	7.267913	7.163834	15.84972
67	22.26468	10.77841	9.787762	6.294981	9.225586	8.255957	11.15366	9.430009
68	20.01805	9.965974	11.59311	6.979865	11.22138	5.395108	9.302817	4.247604
69	21.70487	11.69315	6.746682	9.326823	9.059546	6.756266	7.321229	9.503082
70	14.73235	5.823131	6.580006	4.920824	4.195168	7.774059	5.621924	7.911357
71	16.14275	8.914372	4.207571	10.10024	8.589915	2.28302	6.56213	7.179293
72	21.38674	6.398816	6.626153	7.837678	13.22534	4.881123	4.702113	12.94542
73	25.31393	7.355994	10.57209	5.17654	8.032414	3.370503	5.066308	8.317281
74	27.66199	7.528759	5.469108	9.638577	3.202049	9.219797	4.770657	6.40247
75	10.24119	8.578114	15.13679	14.07659	9.173734	12.22753	4.986658	6.006874
76	9.830961	7.612995	6.27143	4.671822	9.287539	8.392142	7.801407	5.234503
77	10.83902	8.062616	4.439193	8.867231	14.32094	5.051722	8.056632	5.911791
78	19.49809	8.899556	11.53848	6.098713	7.908335	6.816115	7.069181	7.561937
79	37.86646	3.444247	23.47067	6.894001	5.38803	6.902887	13.41232	4.772284
80	39.31115	10.0458	10.95444	11.6255	10.70055	4.573997	3.177229	18.19262
81	10.74121	9.876164	4.668789	11.19275	12.6321	7.015319	4.437737	6.17049
82	16.98479	7.27292	8.072586	5.284447	7.754576	46.48853	5.375572	3.025126
83	30.84319	8.799769	11.73138	3.814137	3.003173	6.521699	32.52153	2.49483
84	15.97532	12.81966	2.968168	9.787415	7.616391	10.49264	11.26757	16.50167

Tabla 153 . Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados, correspondientes a la población de mujeres en la validación del Modelo Estructurado por edades III para el caso de Bélgica.  $\chi^2_{83,0,05} = 101.8795$

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	5.227848	8.780289	3.077581	6.523273	5.627745	7.63757	8.699487	2.486261
1	10.38301	4.877131	11.29	2.713103	5.128878	4.715908	8.073244	8.642928
2	42.61225	3.706171	9.683134	8.484162	2.301832	6.247777	5.160381	9.208714
3	8.694917	2.60946	7.238463	7.647446	5.643707	1.670551	14.56569	3.997417
4	3.743551	13.33792	6.593388	13.94562	6.651785	9.725691	2.727583	5.220631
5	16.92936	11.45977	9.042589	7.155628	2.413427	6.442803	10.69251	5.064843
6	24.49636	7.924976	2.300138	9.419884	5.184831	7.101525	3.254405	10.0093
7	22.58553	4.957011	6.670527	12.44339	8.447774	10.62694	3.406391	3.110082
8	28.52195	6.029248	10.75556	9.532018	1.760429	15.64008	12.3056	8.751106
9	11.60756	17.20155	7.778604	12.29452	5.125123	13.26291	5.281098	12.68698
10	19.39481	4.863059	5.671812	1.012688	7.099806	6.375541	5.558759	2.930504
11	9.625032	7.264605	8.247542	20.92349	8.806979	3.262022	11.25348	6.977346
12	33.25639	2.18438	9.294821	5.706337	11.21774	1.34046	5.061035	7.095395
13	27.75901	6.586294	3.603914	11.50688	5.814546	15.01466	6.653049	7.221211
14	19.5894	8.941351	7.333779	11.14352	2.968305	6.719913	1.732426	5.87781
15	15.8841	8.109589	6.81651	11.2995	7.858924	8.222761	7.025104	12.36725
16	16.12655	14.02137	7.269225	4.78021	10.60462	3.751807	7.30564	7.754655
17	6.92913	15.43117	7.874261	5.325133	9.514205	5.210522	5.668198	8.775695
18	14.07082	3.089125	9.186961	8.2005	12.20069	7.125701	9.774492	4.406183
19	8.074459	5.125738	5.028995	2.995406	9.425139	8.356643	9.032604	8.952188
20	10.61409	7.633398	9.918629	10.37215	22.17958	8.460095	9.668732	6.846853
21	24.28662	3.128539	3.840591	9.54156	5.792466	6.507963	6.554265	4.683165

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
22	6.76811	6.234334	9.984217	7.996944	10.14375	8.707263	6.639456	5.938946
23	7.793672	15.68086	7.9238	8.7658	9.101741	2.936761	11.27429	9.975102
24	32.5603	4.927073	10.48859	8.413977	2.637012	6.170365	11.49858	7.695829
25	12.55065	6.223102	3.79155	10.04651	5.476224	6.553343	8.505673	20.344
26	6.182826	3.721307	8.015277	8.478693	11.95244	7.588048	4.691994	6.225519
27	42.58718	4.159219	7.043726	7.608817	14.8821	6.185412	4.660057	3.173362
28	35.83541	13.74529	4.158252	12.28673	18.21903	13.20296	3.576115	2.154919
29	8.938048	5.00125	9.0428	9.984987	15.52283	8.508229	6.549462	11.24694
30	15.86137	2.039864	7.699091	4.71394	9.009706	4.906769	2.241958	7.30304
31	10.54955	4.051798	8.026642	5.326833	2.439343	6.246766	5.850783	3.551291
32	16.06247	4.459347	8.910029	1.796037	7.864439	7.00221	7.556328	17.25021
33	9.570304	9.83634	2.461422	11.97264	8.787672	6.196307	9.864083	9.32199
34	15.96146	7.833757	3.341913	14.94008	5.843529	7.981994	24.55977	12.30301
35	11.3713	12.04132	11.6475	7.47202	9.972539	6.741504	2.031455	19.68163
36	12.30764	4.89051	1.277068	7.724708	3.882297	6.779926	4.813139	8.387261
37	25.51771	8.104625	8.840649	8.701405	4.878449	3.151461	13.51359	8.050093
38	10.48778	10.39383	5.529442	6.228018	7.90154	4.951862	12.54465	5.334213
39	7.834687	5.882001	5.736383	4.076529	11.75605	10.28809	3.668946	25.70127
40	15.29369	5.349021	8.017143	7.919427	3.842674	3.156992	7.335508	3.693787
41	9.917948	7.999593	17.41408	9.697489	9.677299	12.42909	5.546149	13.20527
42	9.664458	5.199093	9.88887	24.41549	3.177243	6.809409	11.79593	7.606471
43	15.99842	12.67971	12.8732	8.511349	9.130568	8.945568	4.211659	10.04713

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
44	7.293047	11.34156	9.391939	9.055349	3.55118	13.55314	2.839017	6.383669
45	12.52257	10.51978	8.519758	11.51703	10.0709	16.05178	4.197306	8.206505
46	41.2017	9.117173	18.85235	6.076911	14.16471	5.618635	6.893078	23.02772
47	16.6669	8.04319	8.188533	12.63367	6.597902	10.32357	13.43726	5.553751
48	24.78209	13.39124	6.880495	24.00446	3.81876	9.515436	2.941721	30.24701
49	15.73925	2.827582	10.29192	9.750514	10.10826	5.019001	7.865136	7.473395
50	13.4505	8.173184	2.753165	10.33762	21.50617	18.59876	2.216006	6.93647
51	18.26494	8.043843	5.210628	3.172264	15.48707	26.34044	5.186701	5.879099
52	15.07207	16.93194	11.79849	8.778305	7.08963	17.54746	19.28967	6.002192
53	16.85105	10.46023	8.383144	14.4789	6.202378	4.578616	5.693491	53.03203
54	12.3526	17.83881	3.035032	4.261737	7.096322	9.468183	4.998925	50.38892
55	17.04606	6.655238	5.915689	9.268899	4.726063	8.585262	6.27802	8.010245
56	20.12509	13.61595	10.01524	6.961862	3.681782	5.27396	3.287754	10.71442
57	22.65276	19.95877	3.732323	4.462066	4.10533	11.24457	7.679807	2.292427
58	34.16095	16.66947	8.308164	6.724312	7.761433	3.885044	3.998981	7.965566
59	39.68564	13.12737	15.54889	11.4842	10.44723	6.10437	5.222035	3.258396
60	14.44413	17.1885	6.714747	12.03231	8.044859	10.41607	14.32344	6.868394
61	14.01954	7.784791	6.48601	6.393868	27.43419	14.48487	4.696304	1.719417
62	17.6776	8.996321	9.147445	60.89024	9.401018	11.83829	15.29154	5.431946
63	22.0484	20.06679	5.316679	11.4666	33.3763	9.550511	3.482308	3.913904
64	11.12382	3.896653	11.06633	11.08294	7.854546	24.30065	5.021904	6.10277
65	8.54395	22.58171	8.331721	5.177941	14.64588	9.90073	6.733634	6.374129

EDAD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
66	26.36374	11.80163	10.98007	5.865343	5.104541	11.1213	10.72313	12.54279
67	19.59842	7.53164	5.347538	7.343778	5.640243	12.51253	10.9238	8.776052
68	24.24883	7.126628	9.930058	7.99281	8.702426	3.521714	10.53038	8.390272
69	13.93412	5.352086	3.320242	11.84735	7.913845	12.31143	7.752423	5.949398
70	21.42072	10.00799	7.266954	5.76878	5.242506	9.674892	4.464281	7.108594
71	9.914867	12.77178	20.81745	5.459275	3.830143	4.71687	4.812239	3.781007
72	20.77115	7.364061	3.295125	7.148048	7.924121	5.521209	2.153713	6.908476
73	20.46886	11.8597	8.16436	7.005005	13.18789	3.532241	5.036417	2.292468
74	26.20063	8.521895	12.15878	5.235351	7.726861	5.780052	15.3696	3.892659
75	10.65775	7.850262	3.895287	3.24886	6.360381	15.1253	4.717143	10.16959
76	20.71872	7.864297	7.86874	9.504757	11.68683	2.785707	14.24385	6.454569
77	17.1814	10.05877	3.911366	5.913857	9.170863	6.071717	2.743181	6.019594
78	22.13067	6.083435	3.465069	7.632291	6.468075	12.00033	3.286108	4.153409
79	30.85906	12.3906	4.593584	10.10495	6.766482	7.111818	11.40839	10.05535
80	33.24279	5.767976	6.356257	8.678646	5.785465	15.6826	4.482852	5.498518
81	10.84685	17.25221	6.559386	2.944825	5.569148	10.54309	17.12937	9.360971
82	14.7842	16.87086	11.09336	11.38321	12.85042	13.19822	3.083223	8.451641
83	16.22046	4.353163	9.878715	14.24961	8.02453	6.991184	3.605298	4.446047
84	15.73392	12.86187	16.42939	7.722063	8.189215	21.77731	5.117225	8.531887

Tabla 154 . Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados, correspondientes a la población de hombres en la validación del Modelo Estructurado por edades III para el caso de Bélgica.  $\chi^2_{83,0.05} = 101.8795$







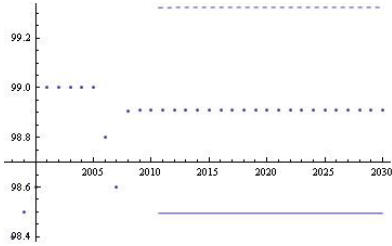
## **Apéndice III**

---

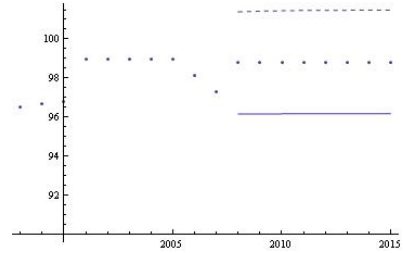
Simulaciones. Estrategias y Escenarios.



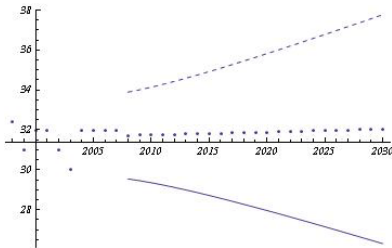
**III.1. Extrapolación con un intervalo de confianza del 95 % de las variables de escenario, periodo 2009-2030.**



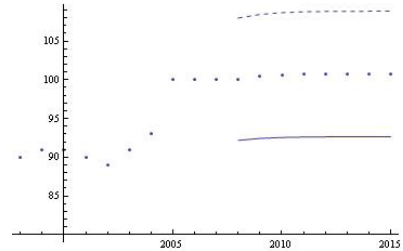
**Figura 371:**  $AAHO(t)$ . Porcentaje de población de hombres adultos alfabetizados.



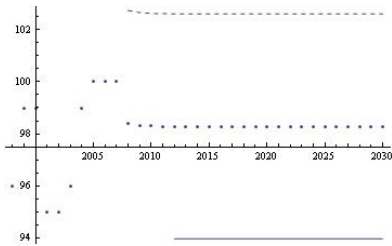
**Figura 372:**  $AAMU(t)$ . Porcentaje de población de mujeres adultas alfabetizadas.



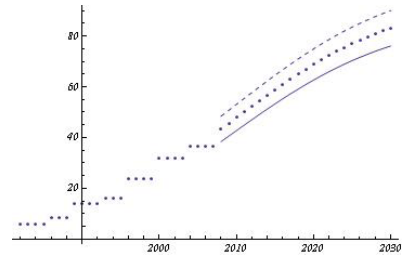
**Figura 373:**  $AEMU(t)$ . Porcentaje de participación de altos cargos femeninos.



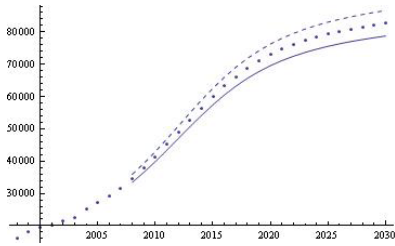
**Figura 374:**  $BMHO(t)$ . Porcentaje de población de hombres matriculados escolarmente.



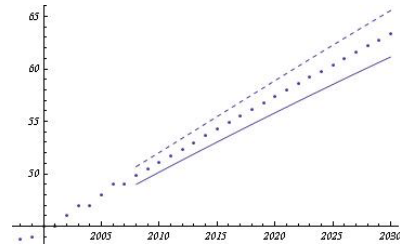
**Figura 375:**  $BMMU(t)$ . Porcentaje de población de mujeres matriculadas escolarmente.



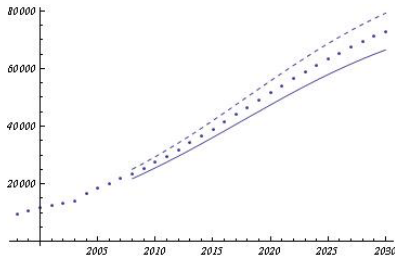
**Figura 376:**  $EPIM(t)$ . Porcentaje de participación parlamentaria de mujeres.



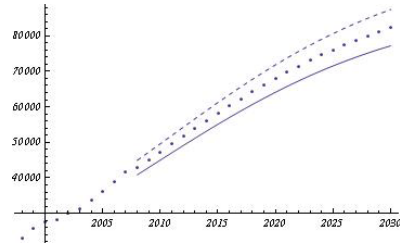
**Figura 377:**  $PIBR(t)$ . Producto Interior Bruto, (PPP US\$).



**Figura 378:**  $PMUJ(t)$ . Porcentaje de participación de profesionales mujeres.



**Figura 379:**  $YMUJ(t)$ . Ingresos de Mujeres, (PPP US\$).



**Figura 380:**  $YVAR(t)$ . Ingresos de Varones, (PPP US\$).







## **Apéndice IV**

---

Datos Auxiliares para los índices definidos en UNDP 2010



## IV.1. Listado de Variables por Subsistemas

### Demografía

- DEFH** Defunciones de hombres totales [población] (variable de nivel)
- DEFM** Defunciones de mujeres totales [población] (variable de nivel)
- POBB** Población a principio de año [población] (variable auxiliar)
- POBL** Población a final de año por cohortes [población] (variable auxiliar)
- POHH** Población de hombres a principio de año [población] (variable auxiliar)
- POHI** Población de hombres a principio de año por cohortes [población] (constante)
- POHL** Población de hombres a final de año por cohortes [población] (variable auxiliar)
- POMI** Población de mujeres a principio de año por cohortes [población] (constante)
- POML** Población de mujeres a final de año por cohortes [población] (variable auxiliar)
- POMM** Población de mujeres a principio de año [población] (variable auxiliar)
- PRPM** Proporción de mujeres [población mujeres/población total] (variable auxiliar)
- PRPV** Proporción de hombres [población hombres/población total] (variable auxiliar)
- TDEH** Tasa de defunción de hombres por cohortes [defunciones hombres/población hombres] (variable auxiliar)
- TDEM** Tasa de defunción de mujeres por cohortes [defunciones mujeres/población mujeres] (variable auxiliar)
- TEMH** Tasa de emigración de hombres [emigrantes hombres/población hombres] (variable auxiliar)
- TEMI** Tiempo inicial [años] (constante)
- TEMM** Tasa de emigración de mujeres [emigrantes mujeres/población mujeres] (variable auxiliar)
- TEMS** Tiempo [años] (variable de nivel)
- TINH** Tasa de inmigración de hombres [inmigrantes hombres/población hombres] (variable auxiliar)
- TINM** Tasa de inmigración de mujeres [inmigrantes mujeres/población mujeres] (variable auxiliar)
- TNAH** Tasa de natalidad de hombres por cohortes [nacimientos hombres/población mujeres] (variable auxiliar)
- TNAM** Tasa de natalidad de mujeres por cohortes [nacimientos mujeres/población mujeres] (variable auxiliar)
- XACH** Nacimientos de hombres totales [población] (variable de nivel)
- XACM** Nacimientos de mujeres totales [población] (variable de nivel)

### Índice de Desarrollo Humano Híbrido

- ESPV** Esperanza de vida al nacer [años] (variable auxiliar)
- PAAF** Tasa de población adulta alfabetizada [%] (variable auxiliar)
- PIBR** Producto interior bruto [PPP US\$] (variable de entrada)
- POME** Tasa de población matriculada escolarmente [%] (variable auxiliar)

**YEDU** Índice educacional [%] (variable auxiliar)  
**YEPV** Índice de esperanza de vida al nacer [%] (variable auxiliar)  
**YPAA** Índice de población adulta alfabetizada [%] (variable auxiliar)  
**YPIB** Índice del producto interior bruto [%] (variable auxiliar)  
**YPOM** Índice de población matriculada escolarmente [%] (variable auxiliar)  
**XIDH** Índice de Desarrollo Humano [%] (variable auxiliar)  
**XIDI** Índice de Desarrollo Humano a principio de año [%] (variable auxiliar)

### **Índice de Desigualdad de Género**

**AFFR** Tasa de fecundidad de adolescentes [%] (variable de entrada)  
**DANO** Índice de agregación de mujeres y hombres [%] (variable auxiliar)  
**EMPO** Índice auxiliar educación [%] (variable auxiliar)  
**GMCH** Índice auxiliar [%] (variable auxiliar)  
**PRMM** Proporción de escaños de mujeres [%] (variable de entrada)  
**SALU** Índice auxiliar de salud [%] (variable auxiliar)  
**SEMH** Proporción de hombres en educación secundaria y superior [%] (variable de entrada)  
**SEMM** Proporción de mujeres en educación secundaria y superior [%] (variable de entrada)  
**XIDG** Índice de Desigualdad de Género [%] (variable auxiliar)  
**XIGI** Índice de Desigualdad de Género a principio de año [%] (variable auxiliar)  
**YFPH** Participación de hombres en el mercado laboral [%] (variable auxiliar)  
**YFPM** Participación de mujeres en el mercado laboral [%] (variable auxiliar)  
**YFPR** Índice laboral [%] (variable auxiliar)  
**YMMH** Índice de agregación de hombres [%] (variable auxiliar)  
**YMMM** Índice de agregación de mujeres [%] (variable auxiliar)  
**YMMR** Tasa de mortalidad materna [%] (variable de entrada)

## IV.2. Diagrama de Forrester

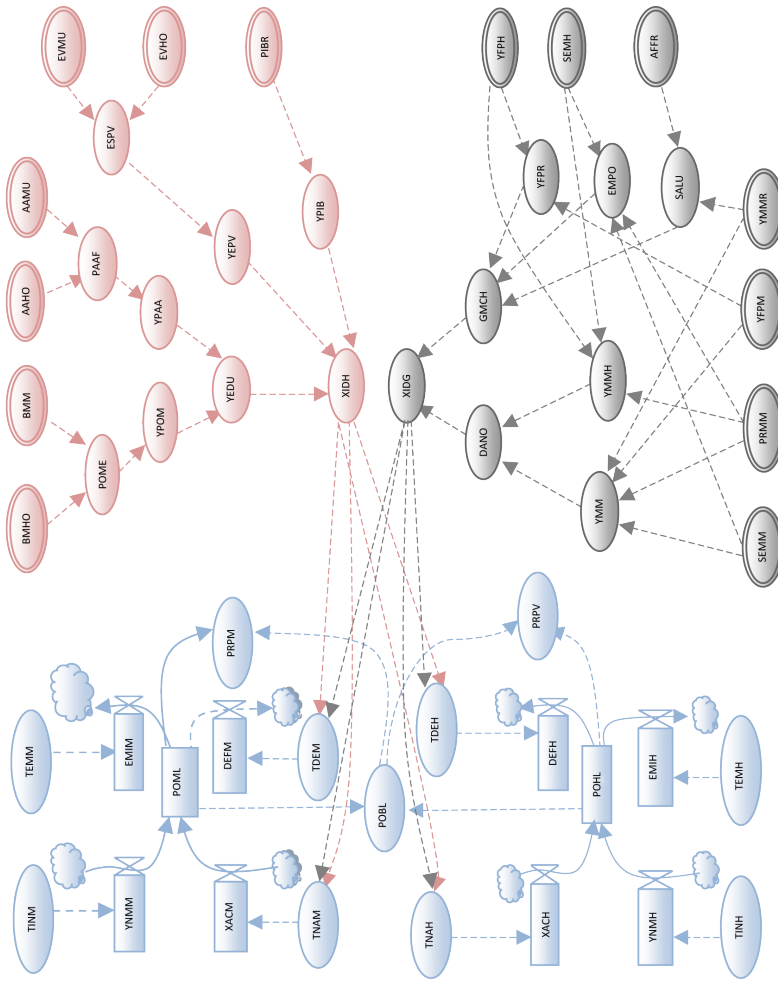


Figura 404: Diagrama de Forrester para el Modelo Temporal I, IDH-Híbrido e IDG-2010.

### IV.3. Tasas por Modelos

#### IV.3.1. ESPAÑA

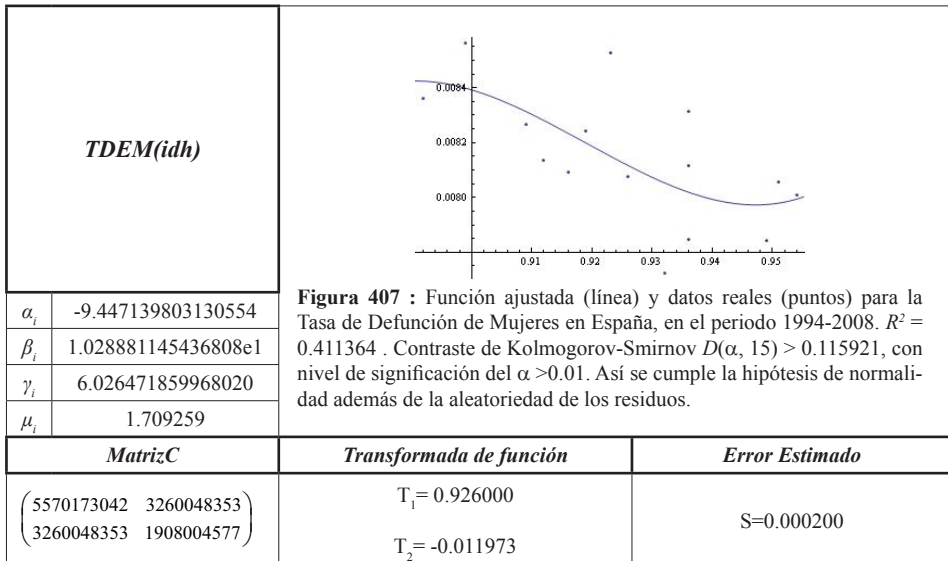
##### Tasas Demográficas para el Modelo Temporal I, IDH Híbrido.

<b><math>TNAM(idh)</math></b>		
$\alpha_i$	6.911671718812325e4	
$\beta_i$	-8.685892441818825e1	<p><b>Figura 405 :</b> Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Mujeres en España, en el periodo 1994-2008. <math>R^2 = 0.411838</math>. Contraste de Kolmogorov-Smirnov <math>D(\alpha, 15) &gt; 0.148092</math>, con nivel de significación del <math>\alpha &gt; 0.01</math>. Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.</p>
$\gamma_i$	-6.907675795378830e4	
$\mu_i$	0.037393	
<b>MatrizC</b>		
$\begin{pmatrix} 1966244 & 1521353668 \\ 1521353668 & 1177250634532 \end{pmatrix}$		<b>Transformada de función</b> $T_1 = 0.926000$ $T_2 = 0.999400$
		<b>Error Estimado</b> $S = 0.061648$

**Tabla 157.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de mujeres,  $TNAM(idh)$ . España.

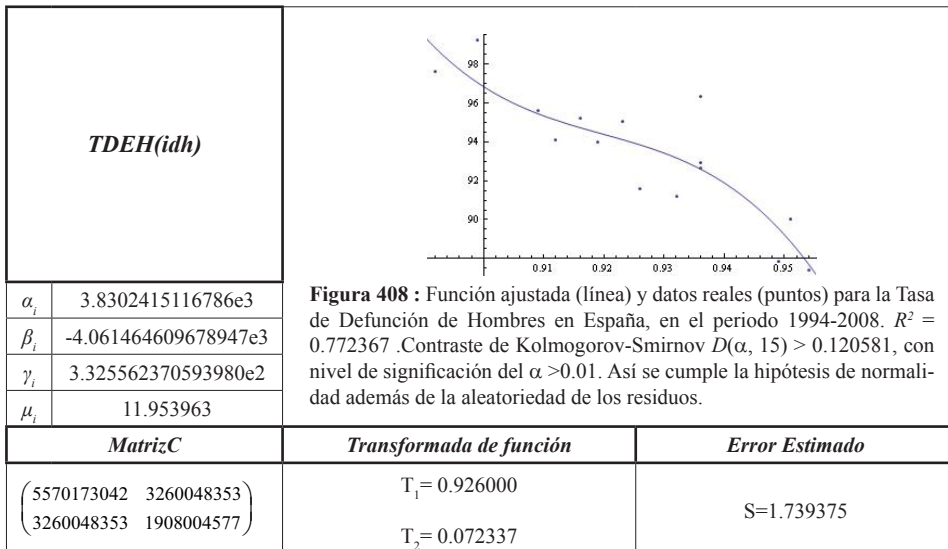
<b><math>TNAH(idh)</math></b>		
$\alpha_i$	-4.209759095133619e3	
$\beta_i$	4.585726576404569e3	<p><b>Figura 406:</b> Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Hombres en España, en el periodo 1994-2008. <math>R^2 = 0.566938</math>. Contraste de Kolmogorov-Smirnov <math>D(\alpha, 15) &gt; 0.140119</math>, con nivel de significación del <math>\alpha &gt; 0.01</math>. Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.</p>
$\gamma_i$	5.390952770278402e2	
$\mu_i$	8.535292	
<b>MatrizC</b>		
$\begin{pmatrix} 10998247 & 1300150 \\ 1300150 & 153699 \end{pmatrix}$		<b>Transformada de función</b> $T_1 = 0.926000$ $T_2 = -0.49204$
		<b>Error Estimado</b> $S = 0.564794$

**Tabla 158.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de hombres  $TNAH(idh)$ . España.



**Figura 407 :** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Mujeres en España, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.411364$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.115921$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

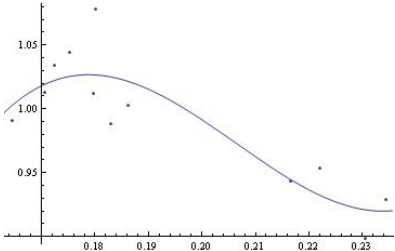
**Tabla 159.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres, *TDEM(idh)*. España.



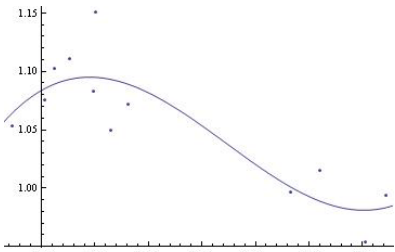
**Figura 408 :** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Hombres en España, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.772367$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.120581$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 160.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres, *TDEH(idh)*. España.

**Tasas Demográficas para el Modelo Temporal I, IDG-2010**

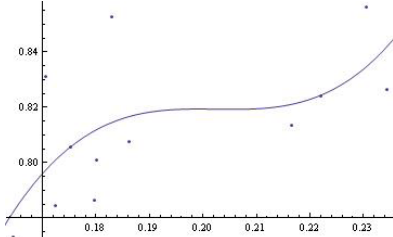
<b><i>TNAM(idg)</i></b>			
$\alpha_i$	-1.59332	<p><b>Figura 409 :</b> Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Mujeres en España, en el periodo 1998-2009. <math>R^2 = 0.786332</math>. Contraste de Kolmogorov-Smirnov <math>D(\alpha, 12) &gt; 0.106501</math>, con nivel de significación del <math>\alpha &gt; 0.01</math>. Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.</p>	
$\beta_i$	12.4418		
$\gamma_i$	-0.673072		
$\mu_i$	0.037393		
<b>Matriz C</b>		<b>Transformada de función</b>	<b>Error Estimado</b>
$\begin{pmatrix} 76613 & -3637 \\ -3637 & 172 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.192920$ $T_2 = -0.272766$	S= 0.026495

**Tabla 161.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de mujeres, *TNAM(idg)*. España.

<b><i>TNAH(idg)</i></b>			
$\alpha_i$	-2.33594	<p><b>Figura 410 :</b> Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Hombres en España, en el periodo 1998-2009. <math>R^2 = 0.778645</math>. Contraste de Kolmogorov-Smirnov <math>D(\alpha, 12) &gt; 0.14634</math>, con nivel de significación del <math>\alpha &gt; 0.01</math>. Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.</p>	
$\beta_i$	16.4879		
$\gamma_i$	0.861812		
$\mu_i$	23.0286		
<b>Matriz C</b>		<b>Transformada de función</b>	<b>Error Estimado</b>
$\begin{pmatrix} 91480 & -4296 \\ -4296 & 202 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.192920$ $T_2 = -0.243561$	S= 0.029405

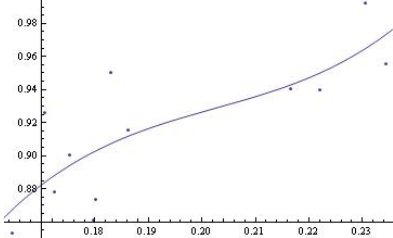
**Tabla 162.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de hombres *TNAH(idg)*. España.



<b><i>TDEM(idg)</i></b>		
$\alpha_i$	-0.810957	
$\beta_i$	8.05711	
$\gamma_i$	-0.346988	
$\mu_i$	23.2887	
<b><i>MatrizC</i></b>		<b><i>Transformada de función</i></b>
$\begin{pmatrix} 114466 & -5308 \\ -5308 & 246 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.192920$ $T_2 = -0.202205$
		<b><i>Error Estimado</i></b>
		S= 0.022548

**Figura 411 :** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Mujeres en España, en el periodo 1998-2009.  $R^2 = 0.387725$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 12) > 0.279769$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 163.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres, *TDEM(idg)*. España.

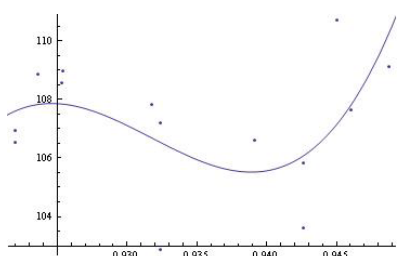
<b><i>TDEH(idg)</i></b>		
$\alpha_i$	-9.14551	
$\beta_i$	49.7275	
$\gamma_i$	6.29672	
$\mu_i$	7.75353	
<b><i>MatrizC</i></b>		<b><i>Transformada de función</i></b>
$\begin{pmatrix} 9564503 & 1244212 \\ 1244212 & 161857 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.192920$ $T_2 = 0.074288$
		<b><i>Error Estimado</i></b>
		S= 0.029263

**Figura 412 :** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Hombres en España, en el periodo 1998-2008.  $R^2 = 0.620819$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 12) > 0.156488$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 164.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres, *TDEH(idg)*. España.

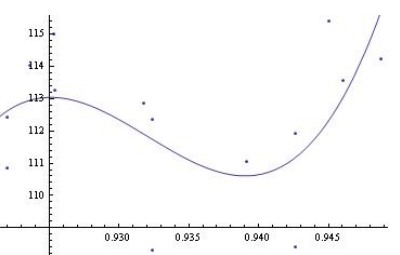
### IV.3.2. BÉLGICA

#### Tasas Demográficas para el Modelo Temporal I, IDH Híbrido.

<b><i>TNAM(idh)</i></b>		
$\alpha_i$	-4.740049083801924e3	
$\beta_i$	5.201793841409454e3	
$\gamma_i$	1.292530855651339e2	
$\mu_i$	42.146686	
<b><i>MatrizC</i></b>		<b><i>Transformada de función</i></b>
$\begin{pmatrix} 1537591 & 38179 \\ 38179 & 948 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.934210$ $T_2 = -0.095028$
		<b><i>Error Estimado</i></b>
		S=1.930402

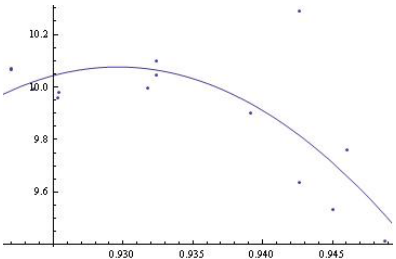
**Figura 413 :** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Mujeres en Bélgica, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.300547$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.189121$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 165.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de mujeres, *TNAM(idh)*. Bélgica.

<b><i>TNAH(idh)</i></b>		
$\alpha_i$	-4.570177755851682e3	
$\beta_i$	5.023237938999992e3	
$\gamma_i$	-1.161615837200076e2	
$\mu_i$	45.502574	
<b><i>MatrizC</i></b>		<b><i>Transformada de función</i></b>
$\begin{pmatrix} 1288065 & -29794 \\ -29794 & 689 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.934210$ $T_2 = 0.087644$
		<b><i>Error Estimado</i></b>
		S=1.947853

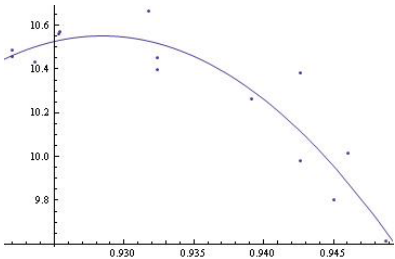
**Figura 414 :** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Fertilidad de Hombres en Bélgica, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.31947$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.129901$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 166.** Valores de los parámetros para la tasa de fertilidad de hombres *TNAH(idh)*. Bélgica.

<b><i>TDEM(idh)</i></b>		
$\alpha_i$	-3.630351611972023e5	
$\beta_i$	2.879535627202739e3	
$\gamma_i$	3.617075974462265e5	
$\mu_i$	0.092596	
<b><i>MatrizC</i></b>		<b><i>Transformada de función</i></b>
$\begin{pmatrix} 68093994 & 8507807823 \\ 8507807823 & 1062996366497 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.934210$ $T_2 = 0.996260$
		<b><i>Error Estimado</i></b>
		S= 0.177019

**Figura 415 :** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Mujeres en Bélgica, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.543988$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.195641$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 167.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de mujeres, *TDEM(idh)*. Bélgica.

<b><i>TDEH(idh)</i></b>		
$\alpha_i$	-1.645727931373605e5	
$\beta_i$	4.044681569338895e3	
$\gamma_i$	1.627093801425794e5	
$\mu_i$	0.163946	
<b><i>MatrizC</i></b>		<b><i>Transformada de función</i></b>
$\begin{pmatrix} 68560473 & 2739842215 \\ 2739842215 & 109492030920 \end{pmatrix}$		$T_1 = 0.934210$ $T_2 = 0.988293$
		<b><i>Error Estimado</i></b>
		S= 0.128509

**Figura 416 :** Función ajustada (línea) y datos reales (puntos) para la Tasa de Defunción de Hombres en Bélgica, en el periodo 1994-2008.  $R^2 = 0.860004$ . Contraste de Kolmogorov-Smirnov  $D(\alpha, 15) > 0.15946$ , con nivel de significación del  $\alpha > 0.01$ . Así se cumple la hipótesis de normalidad además de la aleatoriedad de los residuos.

**Tabla 168.** Valores de los parámetros para la tasa de defunción de hombres, *TDEH(idh)*. Bélgica.

## IV.4. Validaciones

### IV.4.1. Errores Relativos Validaciones España

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	0.4322038	0.51819356	0.474278
2000	0.59505067	0.54831691	0.57217826
2001	1.14822316	1.36423004	1.25416247
2002	1.74475135	2.20150282	1.96925304
2003	2.51295754	3.12045178	2.81209401
2004	2.22525226	2.77608712	2.49667089
2005	2.48342628	3.25757893	2.86570421
2006	1.93855426	2.58893184	2.2600479
2007	1.08449954	1.36272389	1.22200884
2008	1.04454789	1.17655854	1.10989206
2009	0.66338059	0.12275821	0.3960291

**Tabla 169.** Errores Relativos en %, correspondientes a la población en la Validación del Modelo Temporal I, IDH Híbrido, para el caso de España.

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
1999	0.41286767	0.46227266	0.43701632
2000	0.55723345	0.59094764	0.57370913
2001	1.09233171	1.43281247	1.25931851
2002	1.6856646	2.32453283	1.9997039
2003	2.36131618	3.13395352	2.74177083
2004	2.00053969	2.64773531	2.31941601
2005	2.23615452	2.97935312	2.60319263
2006	1.69156748	2.2739611	1.97941066
2007	0.88004453	1.04602685	0.96207945
2008	0.92022401	0.97837698	0.94903091
2009	0.60104147	0.10818018	0.35728766
2010	0.09529795	0.87993357	0.38642071

**Tabla 170.** Errores Relativos en %, correspondientes a la población en la Validación del Modelo Temporal I, IDG-2010, para el caso de España.

#### IV.4.2. Errores Relativos Validaciones Bélgica

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Varones</i>	<i>Total</i>
1999	0.03247105	0.00436548	0.01441194
2000	0.06038519	0.02824603	0.01704254
2001	0.03467804	0.13513301	0.04838546
2002	0.14168181	0.08853124	0.02914724
2003	0.19712764	0.06274072	0.06995084
2004	0.18966915	0.13551723	0.03050088
2005	0.23201682	0.1472221	0.04644906
2006	0.33831008	0.09039972	0.12854637
2007	0.4420404	0.03879254	0.20666002
2008	0.5200313	0.01431768	0.25833267
2009	0.55201736	0.0621791	0.25109085

**Tabla 171.** Errores Relativos en %, correspondientes a la población en la Validación del Modelo Temporal I, IDH Híbrido, para el caso de Bélgica.

#### IV.4.3. $\chi^2$ Validaciones España

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Varones</i>	<i>Total</i>
1999	5.30075	44.06561	8.199783
2000	8.660765	23.97154	9.242104
2001	2.366935	4.179265	8.710269
2002	7.366794	9.595319	4.310976
2003	11.09586	9.696894	7.583823
2004	10.63472	7.861327	5.569562
2005	8.390071	10.73851	3.730176
2006	7.546784	2.188422	11.27566
2007	7.543014	4.967758	13.73869
2008	6.200275	4.029551	11.49852
2009	7.991435	6.476478	6.873681

**Tabla 172.** Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados, correspondientes a la población en la validación del Modelo Temporal I, IDH Híbrido, para el caso de España.  $\chi^2_{10,0.05}=18.31$

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Varones</i>	<i>Total</i>
<b>1999</b>	30.50756	64.05153	8.127219
<b>2000</b>	7.526241	21.44951	8.031653
<b>2001</b>	5.511229	12.52145	4.756786
<b>2002</b>	13.26074	15.44501	13.76222
<b>2003</b>	7.835203	9.065153	6.743978
<b>2004</b>	8.944262	5.823405	14.05818
<b>2005</b>	8.752414	2.860905	3.868293
<b>2006</b>	5.222349	5.502641	6.784359
<b>2007</b>	10.09239	7.340732	6.988594
<b>2008</b>	5.713374	3.860054	10.75536
<b>2009</b>	9.271396	3.774352	2.523772
<b>2010</b>	6.254072	10.50731	7.87115

**Tabla 173.** Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados, correspondientes a la población en la validación del Modelo Temporal I, IDG-2010, para el caso de España.  $\chi^2_{10,0.05}=18.31$

#### IV.4.4. $\chi^2$ Validaciones Bélgica

<i>AÑO</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Total</i>
<b>1999</b>	150.5946	49.78722	7.325278
<b>2000</b>	20.15536	23.45467	0
<b>2001</b>	10.97453	25.62637	7.756215
<b>2002</b>	2.788495	26.98017	23.99878
<b>2003</b>	4.031875	9.433599	8.790915
<b>2004</b>	7.479243	7.773386	99.32265
<b>2005</b>	88.24148	10.82909	9.838189
<b>2006</b>	5.614461	7.479502	3.697273
<b>2007</b>	12.85666	7.225686	11.40733
<b>2008</b>	7.602742	8.115557	9.626332
<b>2009</b>	11.95287	7.707304	14.05107

**Tabla 174.** Valores del  $\chi^2$  para la prueba de normalidad de las distribuciones de los resultados, correspondientes a la población en la validación del Modelo Temporal I, IDH-Híbrido, para el caso de Bélgica.  $\chi^2_{10,0.05}=18.31$







## **Apéndice V**

---

Los Modelos Temporales I, II y III



Aquí tan sólo mostramos unos ejemplos que nos pueden ayudar al en el manejo de estos programas, si se desea más información sobre los mismos puede encontrarse en <http://www.uv.es/caselles/>

### V.1. Programa Informático *Regint*

Adjuntamos el ejemplo para el cálculo en el caso de la tasa de mortalidad femenina para España en el modelo temporal con el índice calidad de vida *IDH*.

Se debe crear un archivo *.txt* que empiece por “D” y cómo mucho tenga extensión de 6 letras, en este caso lo hemos llamado *DTDEFM.txt*.

El contenido del archivo tendrá la siguiente forma

<b>xidh</b>	<b>tasdefmuj</b>
0.933	0.7722646185070929
0.934	0.7846253616313789
0.935	0.8117871646280472
0.911	0.8093019171713012
0.894	0.8362376969057345
0.899	0.8564734473115919
0.908	0.8265772116778628
0.913	0.8133947404193185
0.918	0.8242484125430312
0.922	0.8528950541209325
0.928	0.8077878330009574
0.938	0.8311932002192258
0.949	0.7843245491142313
0.952	0.8058563193942463
0.955	0.8008422105710897

Se debe tener en cuenta que a la izquierda se pondrán todas las variables independientes, en este caso se observan los valores del IDH, y cómo última columna el valor que se desee ajustar, en éste caso la tasa de defunción femenina multiplicada por 100.

El único dato importante en el momento de construir éste archivo es que deberá existir un espaciado de 14 espacios entre inicio de una variable hasta la siguiente. Y que a la hora de ejecutar el programa y nos pida el nombre del archivo le in-

dicaremos tan sólo el nombre, sin extensión y eliminaremos la D inicial, en éste caso se insertaría *TDEFM*.

## V.2. Programa Informático *SIGEM*

### V.2.1. Modelo Temporal III

Se adjuntan los ficheros de entrada a *SIGEM* para el caso de España con los 4 índices, IDH, IDG, IPG e IPH-2. Para cualquier otro país se deben modificar los parámetros de las tasas de fertilidad, mortalidad, emigración e inmigración, según el ajuste obtenido en cada uno de ellos. Se expresa con */\*coment\*/* los distintos comentarios, estos no se incluirán cuando se realice el archivo para introducirlo en el *SIGEM* (Caselles, 2008).

En el fichero L debemos observar lo siguiente:

- El nombre de cada variable va precedido del nombre codificado (es el que usaremos en el fichero G). Debe tener siempre el mismo número de caracteres. Las mayúsculas no son obligatorias, pero si se recomiendan su uso para distinguir correctamente el nombre codificado del nombre completo.
- Las especificaciones de cada variable van al final entre corchetes, significando cada una de ellas : *ince* (si la variable lleva incertidumbre o no), *cval* (si es variable de entrada los cambios de valor que se realizan), *ndim* (nos indica si tiene dimensión o no), *dl* (nos indica la dimensión de la variable), *esta* (indica si la variable es de estado), *inic* (nos indica el valor inicial de dicha variable), *tabl* (si la función viene o no dada por una tabla), *npun* (nos indicaría el número de puntos de esa tabla).

En el caso del fichero D nos debemos fijar en que:

- Cada ecuación va precedida por el nombre codificado de la variable y después un espacio en blanco.
- Las funciones no necesitan estar ordenadas, el propio programa se encarga de ello.
- Las funciones suelen venir dadas por ecuaciones pero muchas veces

son pequeños algoritmos que incluyen ecuaciones o reglas lógicas y a veces bucles de repetición. Todo ello necesita ser escrito en Visual Basic 6.

### V.2.1.a. Archivo LTemporal.dat

**/\*VARIABLES DEMOGRÁFICAS\*/**

**DEFH** Defunciones de Hombres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**DEFM** Defunciones de Mujeres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**DEFU** Defunciones totales [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**EMIH** Emigraciones de Hombres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**EMIM** Emigraciones de Mujeres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**EMIG** Emigraciones totales [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**POBI** Población a principio de año [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**POBL** Población a final de año [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**POHI** Población de Hombres a principio de año [ince=s;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**POHL** Población de Hombres a final de año [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=s;inic=POHI;tabl=n;npun=..;]

**POMI** Población de Mujeres a principio de año [ince=s;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**POML** Población de Mujeres a final de año [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=s;inic=POMI;tabl=n;npun=..;]

**PRPM** Proporción de Mujeres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**PRPV** Proporción de hombres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**TDEH** Tasa de Defunciones de Hombres [ince=s;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**TDEM** Tasa de Defunciones de Mujeres [ince=s;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**TEMH** Tasa de Emigración de Hombres [ince=s;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**TEMI** Tiempo inicial [ince=s;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**TEMM** Tasa de Emigración de Mujeres [ince=s;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

c=...;tabl=n;npun=..;]  
**TEMS** Tiempo [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=s;inic=TEMI;tabl=n;npun=..;]  
**TINH** Tasa de Inmigración de Hombres [ince=s;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**TINM** Tasa de Inmigración de Mujeres [ince=s;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**TNAH** Tasa de Natalidad de Hombre [ince=s;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**TNAM** Tasa de Natalidad de Mujeres [ince=s;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**XACH** Nacimientos de Hombres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**XACI** Nacimiento totales [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**XACM** Nacimientos de Mujeres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**YNMH** Inmigraciones de Hombres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**YNMI** Inmigraciones totales [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**YNMM** Inmigraciones de Mujeres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]

*/\*VARIABLES IDH\*/*

**ESPV** Esperanza de Vida al Nacer [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**PAAF** Tasa de población adulta alfabetizada [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**PIBR** Producto Interior Bruto [ince=n;cval=09;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**POME** Tasa de población matriculada escolarmente [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**XIDH** Índice de Desarrollo Humano [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=s;inic=XIDI;tabl=n;npun=..;]  
**XIDI** Índice de Desarrollo Humano a principio de año [ince=s;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**YEDU** Índice Educativo [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**YEPV** Índice Esperanza de Vida al Nacer [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**YPAA** Índice Población Adulta Alfabetizada [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**YPIB** Índice Producto Interior Bruto [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...

- ...,tabl=n;npun=..;]
- YPOM** Índice Población Matriculada Escolarmente [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]
- /\*VARIABLES IDG\*/**
- AAHO** Población de hombres adultos alfabetizados [ince=n;cval=09;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]
- AAMU** Población de mujeres adultas alfabetizadas [ince=n;cval=09;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]
- BMHO** Porcentaje Población de hombres matriculados [ince=n;cval=09;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]
- BMMU** Porcentaje Población de mujeres matriculadas [ince=n;cval=09;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]
- EVHO** Esperanza de vida de los hombres [ince=n;cval=09;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]
- EVMU** Esperanza de vida de las mujeres [ince=n;cval=09;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]
- XIDG** Índice de Desarrollo de Genero [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=s;inic=XIGI;tabl=n;npun=..;]
- XIGI** Índice de Diferenciación de Género a inicio de año [ince=s;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]
- YAAH** Índice de Población de hombres alfabetizadas [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]
- YAAM** Índice de Población de mujeres alfabetizadas [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]
- YBMH** Índice Población de mujeres matriculada [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]
- YBMM** Índice Población de mujeres matriculada [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]
- YEID** Índice de Educación Igualmente Distribuida [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]
- YEMU** Índice de Educación Mujeres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]
- YEVA** Índice de Educación Hombres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]
- YEVD** Índice de Esperanza de Vida Distribuido [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]
- YEVH** Índice esperanza de vida hombres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]
- YEVN** Índice esperanza de vida mujeres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]
- YIID** Índice de Ingresos Igualmente Distribuidos [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]
- YIMU** Índice de Ingresos Mujeres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

...;tabl=n;npun=..;]  
**YIVA** Índice de Ingresos Hombres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=.  
...;tabl=n;npun=..;]  
**YMUI** Ingresos de Mujeres [ince=n;cval=09;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n  
;npun=..;]  
**YVAR** Ingresos de hombres [ince=n;cval=09;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n  
;npun=..;]  
  
**/\*VARIABLES IPG\*/**  
**AEMU** Participación de altos cargos femeninos [ince=n;cval=09;ndim=00;d1=.;d2=.;est  
a=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]  
**AEVA** Participación de altos Cargos masculinos [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;es  
ta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]  
**EPID** Participación Parlamentaria [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;  
tabl=n;npun=..;]  
**EPIH** Participación Parlamentaria de Hombres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;est  
a=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]  
**EPIM** Participación Parlamentaria de Mujeres [ince=n;cval=09;ndim=00;d1=.;d2=.;esta  
=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]  
**PEID** PEID Medio [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]  
**PMUI** Participación de profesionales mujeres [ince=n;cval=09;ndim=00;d1=.;d2=.;esta  
=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]  
**PPTE** PEID sin indexar [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;np  
un=..;]  
**PPTI** PEID Indexado de profesionales [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic  
=....;tabl=n;npun=..;]  
**PVAR** Participación de profesionales hombres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta  
=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]  
**XAEE** PEID sin indexar [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;np  
un=..;]  
**XAEI** PEID Indexado de altos cargos [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=..  
...;tabl=n;npun=..;]  
**XIPG** Índice de Potenciación de Genero [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=s;ini  
c=XIPI;tabl=n;npun=..;]  
**XIPI** Índice de Potenciación de Genero a principio de año [ince=s;cval=00;ndim=00;d1  
=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]  
**YIIC** Ingresos Totales [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;np  
un=..;]  
**YMUI** Ingresos Mujeres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;np  
un=..;]  
**YVAI** Ingresos Hombres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;np  
un=..;]



**/\*VARIABLES IPH-2\*/**

**PDES** Tasa de desempleo de larga duración [ince=n;cval=09;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n,npun=..;]

**PPUP** Porcentaje población debajo umbral de pobreza [ince=n;cval=09;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n,npun=..;]

**XIHI** Índice de Pobreza Humana a principio de año [ince=s;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n,npun=..;]

**XIPH** Índice de Pobreza Humana [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=s;inic=XIHI;tabl=n,npun=..;]

**YACA** Porcentaje Adultos carecen Aptitudes Funcionales [ince=n;cval=09;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n,npun=..;]

**YPNN** Porcentaje de gente que no pasa a los 60 años [ince=n;cval=09;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n,npun=..;]

**/\*VARIABLES IDH-HÍBRIDO, se utilizan las mismas que para el IDH, tan sólo cambia el cálculo del índice\*/****/\*VARIABLES IDG-2010\*/**

**AFFR** Tasa fecundidad adolescentes [ince=n;cval=11;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n,npun=..;]

**DANO** Indice mujeres y hombres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n,npun=..;]

**EMPO** Indice auxiloar educacion[ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n,npun=..;]

**GMCH** Indice auxiliar [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n,npun=..;]PRMM Proporción escaños mujeres [ince=n;cval=11;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n,npun=..;]

**SALU** Indice auxiliar salud [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n,npun=..;]

**SEMH** Educacion secundaria y superior [ince=n;cval=11;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n,npun=..;]

**SEMM** Educacion secundaria y superior [ince=n;cval=11;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n,npun=..;]

**XIDG** Indice de Desarrollo Genero [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=s;inic=XIGI;tabl=n,npun=..;]

**XIGI** Indice de Desarrollo Genero a principio de año [ince=s;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n,npun=..;]

**YFPH** Participacion mercado hombres[ince=n;cval=11;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n,npun=..;]

**YFPM** Participacion mercado mujeres [ince=n;cval=11;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n,npun=..;]

**YFPR** Indice laboral [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n,npun=..;]

**YMMH** Hombres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n,npun=..;]

**YMMM** Mujeres [ince=n;cval=00;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]

**YMMR** Tasa mortalidad materna [ince=n;cval=11;ndim=00;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]

## V.2.1.b. Archivo GTemporal.dat

### /\*CÁLCULOS DEMOGRÁFICOS\*/

```

TNAM  h=(6.9732e-001)+(7.67157e-002)*(xidi*xigi*xipi)/
      xihi+(1.42409e-001)*Cos(0.665877*(xidi*xigi*xipi)/xihi)
      A=(xidi*xigi*xipi)/xihi-4.736033:B=Cos(0.665877*(xidi*xigi*
      xipi)/xihi)+0.788578
      s=0.015123*sqr(1+1/15+0.080490728015*A*A+3.291321430597*B*B
      +2*0.219424916866*A*B)
TNAH  h=(7.54405e-001)+(8.0313112e-002)*(xidi*xigi*xipi)/
      xihi+(1.590766e-01)*Cos(0.669693*(xidi*xigi*xipi)/xihi)
      A=(xidi*xigi*xipi)/xihi-4.736033:B=Cos(0.669693*(xidi*xigi*
      xipi)/xihi)+0.785678
      s=0.016687*sqr(1+1/15+0.076191965739*A*A+3.216215669745*B*B
      +2*(0.182271386660)*A*B)
TDEM  h=(5.87536e-003)+(3.920812e-004)*(xidi*xigi*xipi)/xihi+(-
      8.83454e-004)*Cos(0.826793*(xidi*xigi*xipi)/xihi)
      A=(xidi*xigi*xipi)/xihi-4.736033:B=Cos(0.826793*(xidi*xigi*
      xipi)/xihi)+0.467403
      s=0.000196*sqr(1+1/15+0.441179577123*A*A+2.334770209814*B
      *B+2*(-0.936098235657)*A*B)
TDEH  h=(7.32926e-003)+(2.691974e-004)*(xidi*xigi*xipi)/xihi+(-
      1.35330e-003)*Cos(0.800412*(xidi*xigi*xipi)/xihi)
      A=(xidi*xigi*xipi)/xihi-4.736033:B=Cos(0.800412*(xidi*xigi*
      xipi)/xihi)+0.542332
      s=0.000170*sqr(1+1/15+0.302479625126*A*A+2.255255320981*B
      *B+2*(-0.730501731654)*A*B)
TEMM  h=(3.498894000182955e-005) + (2.962823527927192e-004)/(1
      + 1317.96*Exp(2.33527*(1998 - temi)))+(4.34014072809749
      6e-004)/(1 + 4.40147*Exp(1.10158*(2005 - temi)))
      A=1/(1 + 1317.96*Exp(2.33527*(1998 - temi)))-0.701929:B=1/
      (1 + 4.40147*Exp(1.10158*(2005 - temi)))-0.265087
      s=0.000028*sqr(1+1/12+0.681398906956*A*A+0.973286296012*B
      *B+2*(-0.441847716373)*A*B)
TEMH  h=(4.146010309396366e-005) + (2.750363530759327e-004)/
      (1 + 398.877*Exp(3.11671*(1999 - temi)))+
      (5.043906818893328e-004)/(1 + 5.5242*Exp(1.1478*(2005 -
      temi)))
      A=1/(1 + 398.877*Exp(3.11671*(1999 - temi)))-0.715161:B=1/
      (1 + 5.5242*Exp(1.1478*(2005 - temi)))-0.253051
      s=0.000029*sqr(1+1/12+0.630075239574*A*A+0.935081165806*B
      *B+2*(-0.382347771554)*A*B)
TINM  h=(-7.171549983436315e-003) + (1.162305397819972e+004)/

```

```

(1 + 5098.68*Exp(0.208055*(1998 - temi)))+(-
4.006248585558630e+004)/(1 + 5059.09*Exp(0.208247*(2004 -
temi))
A=1/(1 + 5098.68*Exp(0.208055*(1998 - temi))-0.000786:B=1/
(1 + 5059.09*Exp(0.208247*(2004 - temi))-0.000228
s=0.001410*sqr(1+1/12+808414206414.99915*A*A+9613678673925.
6816*B*B+2*(-2787800501894.0864)*A*B)
TINH h=(-7.210478913001223e-003) + (-1.018176588540069e+005)/
(1 + 27975.4*Exp(0.223063*(1998 - temi)))+(3.18528064174769
5e+004)/(1 + 2290.84*Exp(0.222935*(2004 - temi))
A=1/(1 + 27975.4*Exp(0.223063*(1998 - temi))-0.000161:B=1/
(1 + 2290.84*Exp(0.222935*(2004 - temi))-0.000516
s=0.001629*sqr(1+1/12+37872462964866.602*A*A+3704504977815.
7461*B*B+2*(-11844775438104.574)*A*B)
TEMS tems=temi+dt

```

**/\*CÁLCULO IDH\*/**

```

ESPV  espv=(evmu+evho)/2
YEPV  yepv=(espv-25)/(85-25)
YPIB  ypib=(Log(pibr)-Log(100))/(Log(40000)-Log(100))
POME  pome=(bmmu+bmho)/2
YPOM  ypom=(pome-0)/(100-0)
PAAF  paaf=(aaho+aamu)/2
YPAA  ypaaf=(paaf-0)/(100-0)
YEDU  yedu=(2/3)*ypaa+(1/3)*ypom
XIDH  xidh=(1/3)*(yepv+ypib+yedu)

```

**/\*CÁLCULO IDG\*/**

```

YEVN  yevn=(evmu-27.5)/(87.5-27.5)
YEVH  yevh=(evho-22.5)/(82.5-22.5)
YEVN  yevd=1/((prpm/yevn)+(prpv/yevh))
YBMM  ybmm=(bmmu-0)/(100-0)
YAAM  yaam=(aamu-0)/(100-0)
YEMU  yemu=((2/3)*yaam)+((1/3)*ybmm)
YBMH  ybmh=(bmho-0)/(100-0)
YAAH  yaah=(aaho-0)/(100-0)
YEVA  yeva=((2/3)*yaah)+((1/3)*ybmh)
YEID  yeid=1/((prpm/yemu)+(prpv/yeva))
YIVA  yiva=(Log(yvar)-Log(100))/(Log(40000)-Log(100))
YIMU  yimu=(Log(ymuj)-Log(100))/(Log(40000)-Log(100))
YIID  yiid=1/((prpm/yimu)+(prpv/yiva))
XIDG  xidg=(1/3)*(yevd+yeid+yiid)

```

**/\*CÁLCULO IPG\*/**

```

EPIH  epih=100-epim
EPID  epid=(1/((prpm/epim)+(prpv/epih)))/50
AEVA  aeva=100-aemu
XAEE  xaee=1/((prpm/aemu)+(prpv/aeva))

```

```
XAEI xaei=xaee/50
PVAR pvar=100-pmuj
PPTE ppte=1/((prpm/pmuj)+(prpv/pvar))
PPTI ppti=ppte/50
PEID peid=(xaei+ppti)/2
YVAI yvai=(yvar-100)/(40000-100)
YMUI ymui=(ymuj-100)/(40000-100)
YIIC yiic=1/((prpm/ymui)+(prpv/yvai))
XIPG xipg=(1/3)*(epid+peid+yiic)
```

**/\*CÁLCULO IPH\*/**

```
XIPH xiph=(( (ypnn^3)+(pdes^3)+(yaca^3)+(ppup^3) )/4)^(1/3)
```

**/\*CÁLCULOS DEMOGRAFÍA\*/**

```
POBI pobi=pomi+pohi
PRPM prpm=pomi/pobi
PRPV prpv=pohi/pobi
XACM xacm=pomi*tnam/100
DEFM defm=pomi*tdem
YNMM ynmm=pomi*tinm
EMIM emim=pomi*temm
POML poml=pomi+xacm+ynmm-emim-defm
XACH xach=pomi*tnah/100
DEFH defh=pohi*tdeh
YNMH ynmh=pohi*tinh
EMIH emih=pohi*temh/1000
POHL pohl=pohi+xach+ynmh-emih-defh
XACI xaci=xacm+xach
DEFU defu=defm+defh
YNMI ynmi=ynmm+ynmh
EMIG emig=emim+emih
POBL pobl=poml+pohl
```

**/\*CÁLCULOS IDH-HÍBRIDO\*/**

```
YEPV yepv=(espv-25)/(85-25)
YPIB ypib=(Log(pibr)-Log(100))/(Log(40000)-Log(100))
YPOM ypom=(pome-0)/(100-0)
YPAA ypaa=(paaf-0)/(100-0)
YEDU yedu=(2/3)*ypaa+(1/3)*ypom
XIDH xidh=(yepv*ypib*yedu)^(1/3)
```

**/\*CÁLCULOS IDG 2010\*/**

```
YMMM ymmm=(( (prmm*semm)/(ymmr*affr*1000000) )^(1/2))* (yfpm/100)^(1/3)
YMMH ymmh((((100-prmm)*semh)/10000)^(1/2))* (yfph/100)^(1/3)
DANO dano=1/(((1/ymmm)+(1/ymmh))/2)
SALU salu((((1/(ymmr*affr*1000))+1)^(1/2)))/2
EMPO empo((((prmm*semm)/10000)^(1/2))+((((100-
```

```

prmm) *semh) / 10000) ^ (1/2)) / 2
YFPR yfpr = ((yfpm/100) + (yfph/100)) / 2
GMCH gmch = (salu*empo*yfpr) ^ (1/3)
XIDG xidg = 1 - (dano/gmch)

```

## V.2.2. Modelo Estructurado por Edades III

### V.2.2.a. Archivo LCohortes.dat

**/\*VARIABLES DEMOGRÁFICAS\*/**

**TEMI** Tiempo inicial [ince=s;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**TEMS** Tiempo [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=s;inic=TEMI;tabl=n;npun=..;]

**TEMM** Tasa de Emigración de Mujeres [ince=s;cval=00;ndim=1;d1=100;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**TEMH** Tasa de Emigración de Hombres [ince=s;cval=00;ndim=1;d1=100;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**TINM** Tasa de Inmigración de Mujeres [ince=s;cval=00;ndim=1;d1=100;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**TINH** Tasa de Inmigración de Hombres [ince=s;cval=00;ndim=1;d1=100;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**TNAM** Tasa de Natalidad de Mujeres [ince=s;cval=00;ndim=1;d1=37;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**TNAH** Tasa de Natalidad de Hombre [ince=s;cval=00;ndim=1;d1=37;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**TDEM** Tasa de Defunciones de Mujeres [ince=s;cval=00;ndim=1;d1=100;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**TDEH** Tasa de Defunciones de Hombres [ince=s;cval=00;ndim=1;d1=100;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**POMI** Población de Mujeres a inicio año por Edades [ince=s;cval=00;ndim=1;d1=100;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**POHI** Población de Hombres a inicio año por Edades [ince=s;cval=00;ndim=1;d1=100;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**POBB** Población a principio de año [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**POMM** Población de Mujeres a principio de año [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**POHH** Población de Hombres a principio de año [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**PRPV** Proporción de hombres [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**PRPM** Proporción de Mujeres [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

**POML** Población Mujeres a fin año por Edades [ince=n;cval=00;ndim=1;d1=100;d2=.;esta=n;inic=....;tabl=n;npun=..;]

sta=s;inic=POMI;tabl=n;npun=..;]  
**POHL** Población Hombres a fin de año por Edades [ince=n;cval=00;ndim=1;d1=100;d2=.;esta=s;inic=POHI;tabl=n;npun=..;]  
**POBL** Población a final de año por Edades [ince=n;cval=00;ndim=1;d1=100;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**XACM** Nacimientos mujeres totales [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**XACH** Nacimientos hombres totales [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**DEFM** Defunciones mujeres totales [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**DEFH** Defunciones hombres totales [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]

*/\*VARIABLES IDH\*/*

**ESPV** Esperanza de Vida al Nacer [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**YEPV** Índice Esperanza de Vida al Nacer [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**PIBR** Producto Interior Bruto [ince=n;cval=05;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**YPIB** Índice Producto Interior Bruto [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**POME** Tasa de población matriculada escolarmente [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**YPOM** Índice Población Matriculada Escolarmente [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**PAAF** Tasa de población adulta alfabetizada [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**YPAA** Índice Población Adulta Alfabetizada [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**YEDU** Índice Educacional [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**XIDI** Índice de Desarrollo Humano a principio de año [ince=s;cval=0;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**XIDH** Índice de Desarrollo Humano [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=s;inic=XIDI;tabl=n;npun=..;]

*/\*VARIABLES IDG\*/*

**EVMU** Esperanza de vida de las mujeres [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]  
**EVHO** Esperanza de vida de los hombres [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]

- YEVM** Índice esperanza de vida mujeres [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=.;tabl=n;npun=.;]
- YEVH** Índice esperanza de vida hombres [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=.;tabl=n;npun=.;]
- YEVD** Índice de Esperanza de Vida Igualmente Distribuido [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=.;tabl=n;npun=.;]
- BMMU** Porcentaje Población mujeres matriculada [ince=n;cval=05;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=.;tabl=n;npun=.;]
- YBMM** Índice Población mujeres matriculada [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=.;tabl=n;npun=.;]
- AAMU** Población de mujeres adultas alfabetizadas [ince=n;cval=05;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=.;tabl=n;npun=.;]
- YAAM** Índice de Población mujeres adultas alfabetizadas [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=.;tabl=n;npun=.;]
- YEMU** Índice de Educación Mujeres [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=.;tabl=n;npun=.;]
- BMHO** Porcentaje Población hombres matriculados [ince=n;cval=05;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=.;tabl=n;npun=.;]
- YBMH** Índice Población mujeres matriculadas [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=.;tabl=n;npun=.;]
- AAHO** Población de hombres adultos alfabetizados [ince=n;cval=05;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=.;tabl=n;npun=.;]
- YAAH** Índice de Población hombres adultos alfabetizados [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=.;tabl=n;npun=.;]
- YEVA** Índice de Educación Hombres [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=.;tabl=n;npun=.;]
- YEID** Índice de Educación Igualmente Distribuida [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=.;tabl=n;npun=.;]
- YVAR** Ingresos de hombres [ince=n;cval=05;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=.;tabl=n;npun=.;]
- YMUJ** Ingresos de Mujeres [ince=n;cval=05;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=.;tabl=n;npun=.;]
- YIVA** Índice de Ingresos Hombres [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=.;tabl=n;npun=.;]
- YIMU** Índice de Ingresos Mujeres [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=.;tabl=n;npun=.;]
- YIID** Índice de Ingresos Igualmente Distribuidos [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=.;tabl=n;npun=.;]
- XIGI** Índice de Diferenciación de Género a principio de año [ince=s;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=.;tabl=n;npun=.;]
- XIDG** Índice de Desarrollo de Genero [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=s;inic=XIGI;tabl=n;npun=.;]

**/\*VARIABLES IPG\*/**

- EPIH** Participación Parlamentaria de Hombres [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]
- EPIM** Participación Parlamentaria de Mujeres [ince=n;cval=05;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]
- EPID** Participación Parlamentaria [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]
- AEVA** Participación de altos Cargos masculinos [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]
- AEMU** Participación de altos cargos femeninos [ince=n;cval=05;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]
- XAEE** PEID sin indexar [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]
- XAEI** PEID Indexado de altos cargos [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]
- PVAR** Participación de profesionales hombres [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]
- PMUJ** Participación de profesionales mujeres [ince=n;cval=05;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]
- PPTE** PEID sin indexar [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]
- PPTI** PEID Indexado de profesionales [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]
- PEID** PEID Medio [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]
- YVAI** Ingresos Hombres [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]
- YMUI** Ingresos Mujeres [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]
- YIIC** Ingresos Totales [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]
- XIPI** Índice de Potenciación de Genero a principio de año [ince=s;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]
- XIPG** Índice de Potenciación de Genero [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=s;inic=XIPI;tabl=n;npun=..;]

**/\*VARIABLES IPH-2\*/**

- YPNN** Porcentaje gente que no sobrevive a los 60 años [ince=n;cval=05;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]
- YACA** Porcentaje Adultos sin Aptitudes Funcionales [ince=n;cval=05;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]
- PPUP** Porcentaje población debajo del umbral pobreza [ince=n;cval=05;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]
- PDES** Tasa de desempleo de larga duración [ince=n;cval=05;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]
- XIHI** Índice de Pobreza Humana a principio de año [ince=s;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..;]



```

esta=n;inic=...;tabl=n;npun=..]
XIPH Índice de Pobreza Humana [ince=n;cval=00;ndim=0;d1=.;d2=.;esta=s;inic=XIHI
;tabl=n;npun=..]

```

### V.2.2.b. Archivo GCohortes.dat

#### /\*CÁLCULOS IDH\*/

```

EVMU evmu=0:for il=1 to 100:evmu=evmu+((tdem(il)*pomi(il))/
(100*defm))*(il-1):next
EVHO evho=0:for il=1 to 100:evho=evho+((tdeh(il)*pohi(il))/
(100*defh))*(il-1):next
ESPV espv=(evmu+evho)/2
YEPV yepv=(espv-25)/(85-25)
YPIB ypib=(Log(pibr)-Log(100))/(Log(40000)-Log(100))
POME pome=(bmmu+bmho)/2
YPOM ypom=(pome-0)/(100-0)
PAAF paaf=(aaho+aamu)/2
YPAA ypaa=(paaf-0)/(100-0)
YEDU yedu=(2/3)*ypaa+(1/3)*ypom
XIDH xidh=(1/3)*(yepv+ypib+yedu)

```

#### /\*CÁLCULOS IDG\*/

```

YEVN yevn=(evmu-27.5)/(87.5-27.5)
YEVH yevh=(evho-22.5)/(82.5-22.5)
YEVD yevd=1/((prpm/yevn)+(prpv/yevh))
YBMM ybmm=((bmmu)-0)/(100-0)
YAAM yaam=(aamu-0)/(100-0)
YEMU yemu=((2/3)*yaam)+((1/3)*ybmm)
YBMH ybmh=((bmho)-0)/(100-0)
YAAH yaah=(aaho-0)/(100-0)
YEVA yeva=((2/3)*yaah)+((1/3)*ybmh)
YEID yeid=1/((prpm/yemu)+(prpv/yeva))
YIVA yiva=(Log(yvar)-Log(100))/(Log(40000)-Log(100))
YIMU yimu=(Log(ymuj)-Log(100))/(Log(40000)-Log(100))
YIID yiid=1/((prpm/yimu)+(prpv/yiva))
XIDG xidg=(1/3)*(yevd+yeid+yiid)

```

#### /\*CÁLCULOS IPG\*/

```

EPIH epih=100-epim
EPID epid=(1/((prpm/epim)+(prpv/epih)))/50
AEVA aeva=100-aemu
XAEE xaee=1/((prpm/aemu)+(prpv/aeva))
XAEI xaei=xaee/50
PVAR pvar=100-pmuj
PPTTE ppte=1/((prpm/pmuj)+(prpv/pvar))
PPTI ppti=ppte/50
PEID peid=(xaei+ppti)/2

```

```
YVAI yvai=(yvar-100)/(40000-100)
YMUI ymui=(ymuj-100)/(40000-100)
YIIC yiic=1/((prpm/ymui)+(prpv/yvai))
XIPG xipg=(1/3)*(epid+peid+yiic)
```

**/\*CÁLCULOS IPH-2\*/**

```
XIPH xiph=((ypnn^3)+(pdes^3)+(yaca^3)+(ppup^3))/4)^(1/3)
```

**/\*CÁLCULOS DEMOGRÁFICOS\*/**

```
TEMS tems=temi+dt
TEMM h=0.10722951279526957 + 0.6204386163542415*Exp(-
0.000560217198629808*(-36 + i1)^2) +
2.167575789093748*Exp(-0.02660477024339506*(-28 + i1)^2)
- 0.2657623549800805*Exp(-0.8123259923720992*(-15 +
i1)^2)- 0.3393097571836229*Exp(-0.00411047106718305*(-9 +
i1)^2)'pomi
A=Exp(-0.000560217198629808*(-36 + i1)^2)-0.649428:B=
Exp(-0.02660477024339506*(-28 + i1)^2)- 0.108666:C=
Exp(-0.812359923720992*(-15 + i1)^2)-0.019666:D=E
xp(-0.00411047106718305*(-9 + i1)^2)-0.215536
s=0.112187*sqr(1+1/100+0.157995090319*A*A+0.19607443
6207*B*B+0.825077451598*C*C+0.093158921996*D*D+2*(-
0.080298322055)*A*B+2*(-0.024862972606)*A*C+2*(-
-0.017537938457)*A*D+2*(0.042527194552)*C*B+2*(0.0000224122
90)*B*D+2*(-0.083705510640)*C*D)
TEMH h=-0.0931359768481016 + 0.8791580051626012*Exp(-
0.0005088532307306874*(-46 + i1)^2) +
1.9169494598462662*Exp(-0.01178782981558389*(-27 + i1)^2) -
1.1351937072128948*Exp(-0.004302461384338342*(-16 + i1)^2)+
0.7350571046234408*Exp(-0.01170534078367247*(-9 + i1)^2)
'pomi
A=Exp(-0.0005088532307306874*(-46 + i1)^2)-0.695888:B=
Exp(-0.01178782981558389*(-27 + i1)^2)-0.163248:C=E
xp(-0.004302461384338342*(-16 + i1)^2)-0.249907:D=E
xp(-0.01170534078367247*(-9 + i1)^2)-0.148019 s=0.11
3964*sqr(1+1/100+0.221015082898*A*A+0.485706662840*B*B+0.7
64680657377*C*C+0.790958593899*D*D+2*(-0.048256026911)*A*
B+2*(0.002916975076)*A*C+2*(0.056294937639)*A*D+2
*(0.526655655386)*C*B+2*(0.486963967401)*B*D+2*(-
0.712352190309)*C*D)
TINM h=0.6761269933258642 + 4.978736021300684*Exp(-
0.00857168585030147*(-61 + i1)^2) + 7.241002974865174*Exp(-
0.0053143925561924795*(-41 + i1)^2) +
20.794828151538717*Exp(-0.006347302097484797*(-22 +
i1)^2) - 8.375129323264998*Exp(-0.10545379563269001*(-17 +
i1)^2)+ 13.557615943170125*Exp(-0.033791027961181976*(-4 +
i1)^2)'pomi
A=Exp(-0.00857168585030147*(-61 + i1)^2)-0.191444:B=E
```

```

xp(-0.0053143925561924795*(-41 + i1)^2)-0.243132:C=
Exp(-0.006347302097484797*(-22 + i1)^2)-0.220766:D=
Exp(-0.10545379563269001*(-17 + i1)^2)-0.054581:E=E
xp(-0.033791027961181976*(-4 + i1)^2)-0.078992
s=0.496443*sqr(1+1/100+0.129688094865*A*A+0.101345985088
*B*B+0.153673883359*C*C+0.424682563504*D*D+0.20932173576
5*E*E+2*(0.011919478799)*A*B+2*(0.050967626367)*A*C+2*(-
0.002245726515)*A*D+2*(0.041590818087)*A*E+2*(-
0.013981015756)*C*B+2*(0.050458170848)*B*D+2*(0.04094530
1444)*B*E+2*(-0.133362883651)*C*D+2*(0.006728213793)*C*E
+2*(0.039436394947)*D*E)
TINH h=0.831149348794914 + 5.503787558974667*Exp(-
0.014904440915353345*(-64 + i1)^2) +
10.025114001270326*Exp(-0.0054021736459565674*(-41 +
i1)^2) + 20.3196823984284*Exp(-0.011025566515634506*(-25
+ i1)^2) + 8.283675415688737*Exp(-0.06430317419573356*(-
11 + i1)^2)+ 15.411211510448886*Exp(-
0.042642217477973476*(-4 + i1)^2)'pomi
A=Exp(-0.014904440915353345*(-64 + i1)^2)-0.145183:B=
Exp(-0.0054021736459565674*(-41 + i1)^2)-0.241149
:C=Exp(-0.011025566515634506*(-25 + i1)^2)-0.168778:D=
Exp(-0.06430317419573356*(-11 + i1)^2)-0.069892:E=E
xp(-0.042642217477973476*(-4 + i1)^2)-0.072744
s=0.617963*sqr(1+1/100+0.154134443944*A*A+0.106200
427043*B*B+0.125762942494*C*C+0.254058472077*D*D+0
.230327638840*E*E+2*(0.034297516238)*A*B+2*(0.042-
202509484)*A*C+2*(0.038646597830)*A*D+2*(0.0446484
63247)*A*E+2*(-0.002266576994)*C*B+2*(0.0379323507
77)*B*D+2*(0.035235968817)*B*E+2*(0.005574967332)*-
C*D+2*(0.033175788498)*C*E+2*(-0.029400084202)*D*E)
POMM pomm=0:for i1=1 to 100:pomm=pomm+pomi(i1):next
POHH pohh=0:for i1=1 to 100:pohh=pohh+pohi(i1):next
POBB pobb=pomm+pohh
PRPM prpm=pomm/pobb
PRPV prpv=pohh/pobb
TNAM h=0.004278224050895739+ 4.8568241291615495*Exp(-
0.7725175513575135*((i1-18.5)*xihi)/
(xidi*xigi*xipi)^2) + 0.8965791968240522*Exp(-
1.4825363048723745*((i1-8)*xihi)/(xidi*xigi*xipi)^2)
A=Exp(-0.7725175513575135*((i1-18.5)*xihi)/
(xidi*xigi*xipi)^2)-0.294104:B=Exp(-
1.4825363048723745*((i1-8)*xihi)/
(xidi*xigi*xipi)^2)-0.210582
s=0.069165*sqr(1+1/37+0.248675884311*A*A+0.285696982301*
B*B+2*0.086479182783*A*B)
TNAH h=0.0033238157125706084+5.161816478780551*E
xp(-0.7706513112712081*((i1-18.5)*xihi)/
(xidi*xigi*xipi)^2) + 0.9416939854902213*Exp(-
1.4031981649962688*((i1-8)*xihi)/(xidi*xigi*xipi)^2)

```

```

A=Exp(-0.7706513112712081*((i1-18.5)*xihi)/
(xidi*xigi*xipi)^2)-0.294459:B=Exp(-
1.4031981649962688*((i1-8)*xihi)/
(xidi*xigi*xipi)^2)-0.216108
s=0.058586*sqr(1+1/37+0.248408923570*A*A+0.280694741971*
B*B+2*0.085407864463*A*B)
TDEM if i1<47 then
h=0.02493940104413755 + 0.11079738849307245*Exp(-
0.33392081228137094*((i1-51)*xihi)/(xidi*xigi)^2)
+ 0.00480266251518659*Exp(-9.376022445824756*((i1-
21)*xihi)/(xidi*xigi)^2) - 0.014189103659635983*Exp(-
0.8662769239527853*((i1-10)*xihi)/(xidi*xigi)^2) +
0.35550561091886906*Exp(-19.412661463803495*((i1-
1)*xihi)/(xidi*xigi))A=Exp(-0.33392081228137094*((i1-
51)*xihi)/(xidi*xigi)^2)-0.159561:B=Exp(-
9.376022445824756*((i1-21)*xihi)/(xidi*xigi)^2)-
0.095775:C=Exp(-0.8662769239527853*((i1-
10)*xihi)/(xidi*xigi)^2)-0.299339:D=Exp(-
19.412661463803495*((i1-1)*xihi)/(xidi*xigi))-0.023579
s=0.003493*sqr(1+1/46+0.558388289156*A*A+0.440932593990*
B*B+0.254077863596*C*C+1.048500908172*D*D+2*(0.185959258
510)*A*B+2*(0.218317273360)*A*C+2*(0.116845613281)*A*D+2
*(0.105022722224)*C*B+2*(0.078856516152)*B*D+2*(0.048018
074495)*C*D)
else
h=-0.6236686880558912 - 3.590677953848227*Exp(-
0.324629131722463*((i1-77)*xihi)/(xidi*xigi)^2)
+ 25.585361140766654*Exp(0.5555282722382995*((i1-
96)*xihi)/(xidi*xigi))
A=Exp(0.5555282722382995*((i1-96)*xihi)/(xidi*xigi))-
0.345443:B=Exp(-0.324629131722463*((i1-77)*xihi)/
(xidi*xigi)^2)-0.435383
s=0.645898*sqr(1+1/54+0.150807971298*A*A+0.156606613918*
B*B+2*(0.020607197735)*A*B)
endif
TDEH if i1<46 then
h=0.1643000455673561 + 0.18242187087173564*Exp(-
0.6072523575742959*((i1-51)*xihi)/(xidi*xigi)^2) +
0.034117561652346515*Exp(-3.8832272137639694*((i1-
21)*xihi)/(xidi*xigi)^2) - 0.14967960564427737*Exp(-
0.10283120024980472*((i1-9)*xihi)/(xidi*xigi)^2)+0.44
24599792446697*Exp(-24.402652518896165*((i1-1)*xihi)/
(xidi*xigi))
A=Exp(-0.6072523575742959*((i1-51)*xihi)/
(xidi*xigi)^2)-0.081828:B=Exp(-3.8832272137639694*((i1-
21)*xihi)/(xidi*xigi)^2)-0.152129:C=Exp(-
0.10283120024980472*((i1-9)*xihi)/(xidi*xigi)^2)-
0.634723:D=Exp(-24.402652518896165*((i1-1)*xihi)/
(xidi*xigi))0.023160 s=0.004080*sqr(1+1/45+

```

```

0.092991550129*A*A+0.285736168740*B*B+0.4693546021
39*C*C+1.053964040461*D*D+2*(0.092991550129)*A*B+2
*(0.621505365256)*A*C+2*(-0.011426454410)*A*D+2*(-
0.025911180078)*C*B+2*(0.061611871701)*B*D+2*(-
0.079538024680)*C*D)
else
h=-2.9510671875800782 +
32.511252011554475*Exp(0.31281609867824406*((i1-
96)*xihi)/(xidi*xigi))) -7.452643111165751*Exp(-
0.22932170645495256*((i1-78)*xihi)/(xidi*xigi))^2)-
1.6270693044683762*Exp(-0.5507840992054462*((i1-
58)*xihi)/(xidi*xigi))^2)
A=Exp(0.31281609867824406*((i1-96)*xihi)/
(xidi*xigi))-0.476705:B=Exp(-0.22932170645495256*((i1-
78)*xihi)/(xidi*xigi))^2)-0.499639:C=Exp(-
0.5507840992054462*((i1-58)*xihi)/
(xidi*xigi))^2)-0.306153
s=0.614481*sqr(1+1/55+0.787317492740*A*A+0.499417461579*
B*B+0.899553917620*C*C+2*(0.406297190815)*A*B+2*(0.72101
0736303)*A*C+2*(0.546373829654)*C*B)
endif
XACH xach=0:for i1=1 to 37:xach=xach+(tnah(i1)*pomi(i1+14)/100
):next
XACM xacm=0:for i1=1 to 37:xacm=xacm+(tnam(i1)*pomi(i1+14)/100
):next
DEFM defm=0:for i1=1 to 100:defm=defm+(tdem(i1)*pomi(i1))/100:
next
DEFH defh=0:for i1=1 to 100:defh=defh+(tdeh(i1)*pohi(i1))/100:
next
POHL if t=0 then
    pohl(i1)=pohi(i1)
else
    if i1=1 then
        pohl(1)=xach-
tdeh(i1)*pohi(i1)/100-((temh(i1)/1000)-
(tinh(i1)/1000))*pohi(i1)
    else
        pohl(i1)=pohi(i1)-(pohi(i1)-pohi(i1-
1))- (tdeh(i1)*pohi(i1))/100-((temh(i1)/1000-
tinh(i1)/1000))*pohi(i1)
    endif
endif
POML if t=0 then
    poml(i1)=pomi(i1)
else
    if i1=1 then
        poml(1)=xacm-(tdem(i1)*pomi(i1))/100-
((temm(i1)/1000)-(tinm(i1)/1000))*pomi(i1)
    else

```

```
        poml(i1)=pomi(i1)-(pomi(i1)-pomi(i1-  
1))- (tdem(i1)*pomi(i1))/100-(temm(i1)/1000-  
tinm(i1)/1000)*pomi(i1)  
    endif  
endif  
POBL pobl(i1)=poml(i1)+pohl(i1)
```



