

# Consideraciones sobre el proceso de cálculo informatizado de las reservas matemáticas

Por  
JOSE MARIA VIANI SALLABERRY

## I. INTRODUCCION

Al final de cada ejercicio contable, antes de establecer su Balance y su Cuenta de Pérdidas y Ganancias, una compañía de seguros calcula las reservas matemáticas de inventario relativas a su cartera de seguros de vida.

Gracias al ordenador electrónico, este cálculo ha dejado de constituir un trabajo laborioso que requería numerosas jornadas de trabajo por parte de los especialistas del departamento actuarial de la empresa. En un tiempo mínimo, aunque variable, según la importancia de la cartera, así como de la configuración del sistema de proceso de datos existente, este último puede realizar:

- La verificación del fichero de movimientos.
- La verificación de las tablas de mortalidad empleadas.
- Actualización y agrupación de los movimientos habidos.
- Actualización e incorporación de las tablas de mortalidad.
- El cálculo de las reservas matemáticas.
- Obtención de los informes correspondientes.

Por otra parte, asimismo, permite calcular la reserva *exacta*, contrato por contrato, por el método prospectivo, excluyendo así todo método de agrupamiento, toda aproximación.

Este proceso de gestión de una cartera de seguros de vida podría, por tanto, reducirse a:

- La puesta al día de un fichero de pólizas en curso: este fichero comporta una ficha perforada por póliza en un sistema de fichas o un registro lógico en un sistema de cintas o discos magnéticos.
- El tratamiento de éste fichero por el ordenador al 31 de diciembre.

Procedamos a:

- Describir el fichero.
- Exponer el método de cálculo seguido por el ordenador.
- Describir el proceso de tratamiento de explotación de los resultados de este cálculo.

## II. FICHEROS DE BASE

Todos los datos relativos a una póliza y que son necesarios para el cálculo de la reserva matemática podrían almacenarse en un registro llamado "Registro Técnico Reserva Matemática".

He aquí un esquema posible del registro lógico anteriormente mencionado:

### a) Informaciones descriptivas

- Código ficha (1 posición).
- Número de póliza (6 ó 7 posiciones).

### b) Informaciones técnicas que caracterizan la tarifa

- Bases de la tarifa (1 posición).

Estas bases podrían codificarse como sigue:

#### ● Para las tarifas antiguas:

| <u>Código</u> | <u>Tabla de mortalidad</u> | <u>Tasa de interés</u> |
|---------------|----------------------------|------------------------|
| 1             | Para AF 1895 - 1 cabeza    | 3,5%                   |
| 2             | Para AF 1895 - 2 cabezas   | 3,5%                   |
| 3             | Para HF 1904 - 1 cabeza    | 3,5%                   |
| 4             | Para FB 30-31 - 1 cabeza   | 3,5%                   |

#### ● Para las nuevas tarifas:

| <u>Código</u> | <u>Tabla de mortalidad</u>  | <u>Tasa de interés</u> |
|---------------|-----------------------------|------------------------|
| 5             | Para H 1959-63 - 1 cabeza   | 4%                     |
| 6             | Para H 1859-63 - 2 cabezas  | 4%                     |
| 7             | Para H+H 1959-63 - 1 cabeza | 4%                     |

- Combinaciones de seguros (2 posiciones).

c) **Otras informaciones técnicas que caracterizan la póliza:**

- Año de suscripción (2 posiciones).
- Año de nacimiento del asegurado (2 posiciones).
- Año de nacimiento del segundo asegurado, para los seguros de 2 cabezas (2 posiciones).
- Edad en el momento de la suscripción (2 posiciones).
- Duración  $n$  del contrato (2 posiciones).
- Duración  $m$  de pago de las primas (2 posiciones); puede indicarse solamente cuando es diferente de  $n$ .
- Capital de base (7 posiciones); es el capital de función excepto para los seguros en caso de vida.
- Prima de inventario anual (5 posiciones).
- Prima de inventario anual reducida (5 posiciones); este dato se menciona solamente para los seguros mixtos de primas reducidas.
- Prima comercial anual (5 posiciones); este dato se menciona solamente para los seguros de capitales diferidos con contraseguro.
- Prima única comercial (6 posiciones); este dato figura solamente para los seguros de capitales diferidos con contraseguro cuando el asegurado ha pagado una prima única.
- Coeficiente de corrección de primas (3 posiciones); este dato es propio de los contratos de primas fraccionadas.

d) **Informaciones relativas al reaseguro en un sistema de reaseguros de la prima comercial**

- Código que identifica al reasegurador o al grupo de reaseguradores (1 posición).
- Código combinación de seguro (2 posiciones). (Esta combinación puede, en efecto, ser diferente de la del contrato suscrito por el asegurado).
- Capital de base reasegurado (7 posiciones).
- Prima de inventario anual cedida (5 posiciones).
- Prima de inventario anual reducida cedida (5 posiciones) para los contratos con primas reducidas.

Dentro del fichero de movimientos hay que distinguir las entradas y las salidas. El registro de entradas se puede hacer en base a las necesidades de cálculo que tenga la empresa aseguradora. El de salidas se debe enfocar, lógicamente, en función de los informes que afectan a las Reservas, en especial si se desea obtener un informe comparativo entre la mortalidad prevista y la real.

La introducción de las tablas de mortalidad puede realizarse de dos formas: o bien la grabación directa de las mismas o bien la construcción de un algoritmo que, a partir de un elemento dado, pueda llegar a generarlas. La

**c) Otras informaciones técnicas que caracterizan la póliza:**

- Año de suscripción (2 posiciones).
- Año de nacimiento del asegurado (2 posiciones).
- Año de nacimiento del segundo asegurado, para los seguros de 2 cabezas (2 posiciones).
- Edad en el momento de la suscripción (2 posiciones).
- Duración  $n$  del contrato (2 posiciones).
- Duración  $m$  de pago de las primas (2 posiciones); puede indicarse solamente cuando es diferente de  $n$ .
- Capital de base (7 posiciones); es el capital de función excepto para los seguros en caso de vida.
- Prima de inventario anual (5 posiciones).
- Prima de inventario anual reducida (5 posiciones); este dato se menciona solamente para los seguros mixtos de primas reducidas.
- Prima comercial anual (5 posiciones); este dato se menciona solamente para los seguros de capitales diferidos con contraseguro.
- Prima única comercial (6 posiciones); este dato figura solamente para los seguros de capitales diferidos con contraseguro cuando el asegurado ha pagado una prima única.
- Coeficiente de corrección de primas (3 posiciones); este dato es propio de los contratos de primas fraccionadas.

**d) Informaciones relativas al reaseguro en un sistema de reaseguros de la prima comercial**

- Código que identifica al reasegurador o al grupo de reaseguradores (1 posición).
- Código combinación de seguro (2 posiciones). (Esta combinación puede, en efecto, ser diferente de la del contrato suscrito por el asegurado).
- Capital de base reasegurado (7 posiciones).
- Prima de inventario anual cedida (5 posiciones).
- Prima de inventario anual reducida cedida (5 posiciones) para los contratos con primas reducidas.

Dentro del fichero de movimientos hay que distinguir las entradas y las salidas. El registro de entradas se puede hacer en base a las necesidades de cálculo que tenga la empresa aseguradora. El de salidas se debe enfocar, lógicamente, en función de los informes que afectan a las Reservas, en especial si se desea obtener un informe comparativo entre la mortalidad prevista y la real.

La introducción de las tablas de mortalidad puede realizarse de dos formas: o bien la grabación directa de las mismas o bien la construcción de un algoritmo que, a partir de un elemento dado, pueda llegar a generarlas. La

elección de un método u otro depende del marco circunstancial existente, aunque, siempre que sea factible, debe tenderse al segundo de ellos.

La actualización y depuración de movimientos se podría llevar a cabo mediante un proceso iterativo, al final del cual conviene realizar un listado del fichero de entradas para proceder a una verificación de la grabación total de las pólizas de la compañía.

Con respecto a la actualización de las tablas de mortalidad, el sistema a emplear podría ser similar al especificado anteriormente, grabando los símbolos de conmutación  $D_x$ ,  $N_x$ ,  $M_x$ ,  $R_x$ .

Una vez terminado todo el proceso de depuración y actualización se podría crear un Fichero Index-Secuencial, teniendo como argumento el número de tabla y la edad del asegurado.

### III. METODO DE CALCULO SEGUIDO POR EL ORDENADOR

Sería conveniente elegir el método prospectivo porque parece más fácil de explotar.

El ordenador calcularía la reserva para cada contrato, utilizando la fórmula general siguiente:

$$R = \frac{{}_tV_x + {}_{t+1}V_x + P'}{2} - c \cdot P'$$

donde:  $x$  = edad del asegurado.

$t$  = número de años desde la suscripción del contrato; es la diferencia entre el año de inventario y el año de suscripción.

$V$  = reserva matemática de inventario, en el aniversario del contrato.

$P'$  = prima de inventario anual del contrato.

$c$  = coeficiente de corrección de prima para pago fraccionado.

En esta fórmula los valores de  $V$  se obtendrían por medio de fórmulas que varían de una combinación a otra.

Puesto que el método debe permitir el tratamiento de cualquier combinación de seguros, existe interés (para economizar espacio) en almacenar en la memoria del ordenador los símbolos de conmutación correspondientes a las diferentes tablas de mortalidad utilizadas, así como ciertos valores financieros  $V'$ ,  $a_{\overline{n}|}$  y  $s_{\overline{n}|}$ .

Si se dispusiera de un ordenador de capacidad media, se podrían almacenar estas diferentes tablas de conmutaciones y de valores financieros, simultáneamente y de forma permanente en memoria; ésta sería la situación ideal.

Si el ordenador poseyera discos magnéticos, podría utilizarse uno de ellos para contener estas tablas y remediar así la insuficiencia de la memoria interna.

Finalmente, con un ordenador pequeño sin soporte externo de almacenamiento, el trabajo podría hacerse en tantas fases como tablas de mortalidad hubiera; en el transcurso de cada fase el ordenador trataría los contratos para los cuales el código "Bases de la Tarifa" correspondiese a la tabla efectivamente en memoria en el transcurso de este paso.

Conviene tener en cuenta que en los seguros sobre 2 cabezas las fórmulas a utilizar serían idénticas a las de los seguros correspondientes a 1 cabeza.

La edad  $x$  sería la edad común de las 2 cabezas gemelas. Se utilizarían los símbolos de conmutación sobre 2 cabezas de las tablas de mortalidad.

Si se contara con un ordenador de tipo medio, la programación conveniría que fuera modular utilizando estructuras "Overlay", ya que de esta forma se conseguiría individualizar los problemas de puesta a punto y evitar, casi por completo, la paginación al poder procesar en Memoria Real (supuesto que el sistema sea del tipo VS).

#### IV. PROCESO DE TRATAMIENTO

La fase del proceso de tratamiento es la del cálculo propiamente dicho. Se explotarán en seguida los resultados de este cálculo con vistas a producir diferentes relaciones detalladas, necesarias para establecer el Informe Anual correspondiente:

- El inventario por combinación de seguro.
- El inventario por año de suscripción.
- El inventario por año de nacimiento...

##### a) Fase de cálculo propiamente dicho

El programa de ordenador introduciría, en primer lugar, en memoria las tablas de conmutaciones y de valores financieros que sean necesarios. A continuación se produciría la lectura de los registros lógicos que contienen los datos relativos a cada póliza (registros clasificados en el orden de sucesión de los números de póliza). Simultáneamente, se listaría una relación detallada de las reservas y se grabaría o perforaría un registro de "Resultados" para cada póliza.

Una posible descomposición en pasos de esta parte del proceso podría ser:

- programa principal;
- programa E/S;
- módulos auxiliares;
- fases de tratamiento;

permaneciendo solamente en memoria, en tiempo de ejecución, el programa principal, el programa E/S y la fase de tratamiento a procesar. Seguidamente se detalla cada uno de estos pasos.

#### PROGRAMA PRINCIPAL

- En este programa se cargarían las tablas  $A_b$  y  $V_n$ .
- Se realizarían las llamadas a las fases de tratamiento y se efectuaría la reserva del área de trabajo necesaria a lo largo de todo el proceso.
- Existiría una sola llamada para cada fase-modalidad y la llamada tendría lugar si existiese algún movimiento. Caso de no existir la fase, no se cargaría en memoria.

#### PROGRAMA E/S

Aún tratándose de un programa lineal, se podría subdividir en los siguientes módulos:

##### 1) *Definiciones y áreas*

Dado que la aplicación conviene que esté montada en programación modular y con el fin de evitar un trabajo repetitivo, se podría catalogar un módulo con todas las definiciones y áreas en la biblioteca fuente, incluyéndose mediante sentencia COPY en todas las fases. Este módulo en la WORKING-STORAGE en el programa principal y en LINKAJE en las fases de tratamiento.

##### 2) *Módulo central*

Este módulo realizaría las instrucciones generales para toda la aplicación, es decir, analizaría los motivos de entrada, formas de pago, etc., dejando preparados los campos que son consecuencia de estas normas generales.

##### 3) *Investigación en tablas*

Dentro de la aplicación existirían dos tipos de tablas:

- Tablas de mortalidad.
- Tablas de símbolos (podrían utilizarse en modalidades tales como plazo fijo, rentas de supervivencia, rentas contingentes, etc.).

A las primeras se podría acceder mediante el método de acceso más conveniente, y a las segundas, al estar en memoria, el acceso podría ser por dicotomía.

Mediante la incorporación de este módulo dentro del programa de E/S, se podría conseguir unificar las instrucciones de búsqueda y, por tanto, simplificar el proceso de programación de las fases de tratamiento.

#### 4) *Módulos internos*

Esta parte del programa podría tratar aquellos módulos que las fases de tratamiento pudieran necesitar en un momento dado. Dichos módulos podrían ser:

- Apertura y cierre de ficheros.
- Lecturas y grabación.
- Restauración de áreas.
- Reserva de balance a prima única - 1.º año.
- Reserva de balance a prima única - años sucesivos.
- Reserva de balance.
- Reserva de reaseguro.
- Reserva de garantías complementarias.
- Etc.

Las llamadas a estos módulos podrían realizarlas las fases de tratamiento en comunicación directa con el programa de E/S.

#### MÓDULOS AUXILIARES

Una vez desarrolladas las fórmulas de las distintas modalidades, podría ocurrir que determinados elementos aparezcan repetidos en todas aquellas. Con estos elementos se podrían formar pequeños módulos de cálculo, catalogándolos en la biblioteca fuente, e incluyéndolos mediante sentencias COPY en las fases de tratamiento. Con este sistema se consigue simplificar la programación y puesta a punto de la aplicación.

#### FASES DE TRATAMIENTO

Las fases de tratamiento se podrían cargar desde el programa principal. En el caso de que el número de fases de tratamiento fuera considerable, convendría simplificar la programación lo más posible. Para ello se podría catalogar en la biblioteca fuente la rutina general, incluyéndola en las fases mediante sentencias COPY, incorporando, asimismo, los módulos auxiliares que necesitara una fase determinada. Con estas técnicas de programación se podría conseguir que cada fase no tuviera más que las instrucciones propias de su fórmula.

¿Qué informaciones se encontrarían en esta relación detallada de las reservas?

Podría obtenerse una línea de datos y resultados para cada póliza:

- El número de póliza.
- La base de la tarifa.
- El código combinación.
- La edad  $x$  del asegurado.



- La edad  $t$  del contrato.
  - La duración  $n$  del contrato.
  - La duración  $m$  de pago de las primas.
  - El capital de base, salvo para las combinaciones de capital decreciente, para las cuales sería el capital restante asegurado después de  $t$  años, calculado por el ordenador.
  - La prima de inventario.
  - $t V_x$ .
  - $(t + 1) V_x$ .
  - La corrección de prima.
  - La reserva de inventario.
  - El código reaseguro.
  - El capital cedido.
  - La reserva de los reaseguradores.
- \* Al finalizar la relación detallada, el ordenador podría suministrar dos series de totales parciales (una para las tarifas antiguas y otra para las nuevas), así como una serie de totales finales. Cada una de estas series incluiría:
- El número total de pólizas.
  - El total de los capitales asegurados.
  - El total de las reservas de inventario.
  - El total de las primas anuales de inventario.
  - El número total de pólizas reaseguradas.
  - El total de los capitales reasegurados.
  - El total de las reservas de los reasegurados.

El registro "Resultados" comportaría todos los elementos, datos o resultados, necesarios para las fases siguientes, es decir, la base de la tarifa, la combinación de seguros, el número de póliza, el año de suscripción del contrato, el año de nacimiento, el valor  $(x + t)$ , el año de cálculo de la reserva, el capital de base o el saldo restante debido, la prima de inventario anual, el importe de la reserva, y para el reaseguro: la combinación de seguro, el capital reasegurado, la prima de inventario cedida y la reserva correspondiente.

#### b) Inventario de las reservas por combinación de seguros

Los registros "Resultados", grabados o perforados por el ordenador en el transcurso de la fase precedente, serían escogidos por combinación de seguros.

El ordenador los leería de nuevo e imprimiría un estado que informara sobre:

- El número de póliza.
- El capital asegurado o el saldo restante debido.

- La prima de inventario anual.
- La reserva.
- El capital reasegurado.
- La prima cedida.
- La reserva de los reaseguradores,

en dos grupos diferentes de columnas, según que el contrato fuera de tarifa antigua o de nueva tarifa.

Al final de cada combinación se imprimiría el número de pólizas y los totales de las otras columnas.

### c) Inventario por año de suscripción

Para la fase precedente, los registros "Resultados" se habían clasificado por combinación de seguros.

Sería fácil, pues, repartirlos en tres grupos:

- 1.<sup>er</sup> grupo = Seguros de tipo vida entera.
- 2.<sup>o</sup> grupo = Seguros del tipo temporal.
- 3.<sup>er</sup> grupo = Las otras combinaciones de seguros.

Cada grupo se procesaría separadamente. Se escogerían los registros correspondientes por año de suscripción y leídos en este orden por el ordenador.

Cada una de las tres relaciones detalladas comportaría una línea de totales por año de suscripción. Los títulos de las columnas serían:

- Año de suscripción.
- Número de pólizas.
- Total de los capitales.
- Total de las reservas.

### d) Inventario por año de nacimiento

Los tres grupos de registros tratados separadamente en el transcurso de la fase precedente están reunidos, después de haber separado los registros de las combinaciones "seguros de capitales diferidos" que no intervienen aquí.

Los registros serían elegidos por año de nacimiento del asegurado.

El listado impreso por el ordenador comportaría cuatro columnas:

- Año de nacimiento.
- Número de pólizas.
- Capitales asegurados.
- Reservas correspondientes.

En la obtención de informes también se podría seguir la técnica de programación modular y estructuras OVERLAY. Partiendo de los ficheros de anulaciones y reservas, se crearía un fichero único en salida que contuviera los movimientos necesarios para la obtención de la información con un argumento común a efectos de clasificación. Una vez creado este fichero, se podría proceder a grabar los informes en formato de impresión para realizar la misma mediante un programa de utilidad.