



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“DESARROLLO DE UN INTERPRETE  
PARA EVALUAR EXPRESIONES  
ACTUARIALES”**

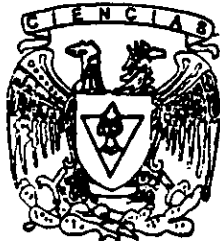
**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**A C T U A R I O**

**P R E S E N T A:**

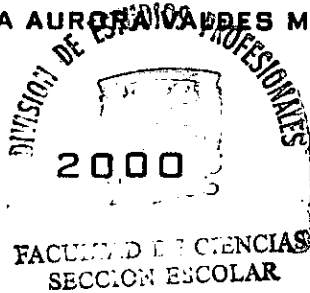
**MARIA DEL CARMEN ROMERO MARTINEZ**



**FACULTAD DE CIENCIAS  
UNAM**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**ACT. MARIA AURORA VIVES MICHEL**



**284917**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
SECCION ESCOLAR**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
VENEZUELA

MAT. MARGARITA ELVIRA CHÁVEZ CANO  
Jefa de la División de Estudios Profesionales  
P r e s e n t e

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

"DESARROLLO DE UN INTERPRETE PARA EVALUAR EXPRESIONES ACTUARIALES "


realizado por MARIA DEL CARMEN ROMERO MARTINEZ


Con número de cuenta 8631468-0 , pasante de la carrera de ACTUARIA


Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

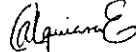
A t e n t a m e n t e

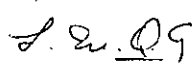
Director de tesis

Propietario ACT. MARIA AURORA VALDES MICHEL. 

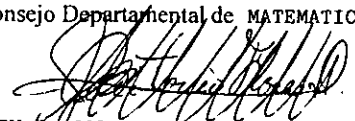
Propietario ACT. LETICIA DANIEL ORANA. 

Propietario ACT. MARINA CASTILLO GARDUÑO. 

Suplente ACT. CLAUDIA ALQUICIRA ESQUIVEL. 

Suplente ACT. LAURA MIRIAM QUEROL GONZALEZ. 

Consejo Departamental de MATEMATICAS.

  
M. EN C. JOSE ANTONIO FLORES DIAZ.

Agradecimiento :

A Dios , por su amor infinito para con nosotros.

A mis padres y hermanos a quienes debo todo.

A la Actuaría María Aurora Valdés Michel por todo su apoyo académico y personal.

A la Actuaría Claudia Alquicira Esquivel , la Actuaría Leticia Daniel Orana , la Actuaría Laura Miriam Querol González y la Actuaría Marina Castillo Garduño por la revisión del trabajo escrito.

## Indice.

### Introducción

	Página
<b>1</b> <b>Conceptos de seguros y anualidades</b>	
1.1 Introducción	2
1.2 Definición y vigencia de un grupo de vida	2
1.3 Anualidades contingentes	3
1.4 Seguros	4
1.5 Tabla de mortalidad	5
1.6 Construcción de una tabla de mortalidad	6
1.7 Construcción de una tabla completa de mortalidad	9
<b>2</b> <b>Definición del lenguaje</b>	
2.1 Introducción	11
2.2 Gramáticas libres de contexto	13
2.3 Descripción del lenguaje	14
2.3.1 Proposición ANUALIDAD	17
2.3.2 Proposición SEGURO	20
2.3.3 Proposición CALCULA TABLA(CALT)	22
2.3.4 Proposición CALE	24
2.3.5 Proposición ENTRADA	25
2.3.6 Proposición SALIDA	25
2.3.7 Proposición PINTA	26
2.3.8 Proposición LEER	27
2.3.9 Proposición OPCION	28
2.3.10 Proposición EVALUA	28
2.3.11 Proposición MUEVE	29
<b>3</b> <b>Proceso de traducción</b>	
3.1 Introducción	31
3.2 Fases del proceso de traducción	31
3.3 Analizador léxico	32
3.4 Analizador sintáctico	32
3.5 Analizador semántico y ejecución	41
3.5.1 Función PROBABILIDAD	42
3.5.2 Función PROBABABILIDAD $I_x$	42
3.5.3 Procedimiento EVALUA-ANUALIDAD	43
3.5.4 Procedimiento EVALUA_SEGURO	44
3.5.5 Procedimiento EVALUA_TABLA	46
3.5.6 Procedimiento EVALUA_EXPRESION	49
3.5.7 Procedimientos de entrada y salida de datos	49
<b>4</b> <b>Aplicación del traductor desarrollado</b>	51
<b>5</b> <b>Conclusiones</b>	59

## **Introducción.**

El cálculo actuarial es un conjunto de técnicas matemáticas que nos ayudan a evaluar flujos de capital sujetos a eventos contingentes.

En este trabajo solo se consideraran contingencias sobre la vida humana aunque las aplicaciones del cálculo actuarial son mucho más amplias.

Cuando el evento de interés es la supervivencia de las personas, los flujos de capital más comunes son los seguros y las anualidades contingentes, los cuales requieren para su evaluación de las probabilidades de supervivencia de las personas.

Las probabilidades de supervivencia de las personas se modelan en la tabla de mortalidad.

El objetivo de este trabajo es diseñar e implementar en lenguaje Pascal un pequeño programa que permita estimar las probabilidades de supervivencia de las personas, la construcción de tablas de mortalidad, además calcular y operar con los valores de anualidades contingentes y seguros de vida.

El programa resultante es un interprete de comandos, los cuales son proporcionados de manera interactiva o a través de un archivo.

El trabajo esta organizado en cuatro capítulos, cuyo contenido general se describe a continuación.

En el capítulo 1 se hace una breve presentación de los seguros de vida y las anualidades contingentes, así como de los métodos básicos para la construcción de tablas de mortalidad.

La estructura y significado de las proposiciones que maneja el interprete se describen en el capítulo 2, mientras que en el capítulo 3 se explica el diseño y funcionamiento del interprete.

Finalmente, en el capítulo 4 se muestra a través de ejemplos la utilidad del programa desarrollado.

## Capítulo 1

### Conceptos de seguros y anualidades.

#### 1.1 introducción.

El objetivo de este capítulo es resumir las características más importantes de seguros de vida y anualidades contingentes, además de describir la construcción de tablas de mortalidad.

Según Dupuich, un seguro de vida es un "contrato mediante el cual una persona llamada *asegurador* promete a otra, a quien se llama *tomador*, en cambio de una prestación que se designa con el nombre de *prima*, procurar a una tercera persona, que recibe el nombre de *beneficiario*, cierto beneficio bajo una condición o término que depende de la vida de otra persona o grupo de personas a las que se da el nombre de *asegurado*" [1 J2]. En este contrato encontramos dos tipos de flujos de capital contingentes ante el evento muerte: la suma asegurada o beneficio pagado por la compañía aseguradora y el pago de la prima por parte del asegurado.

La suma asegurada se paga en una sola exhibición mientras que la prima puede pagarse en una serie de pagos.

Una anualidad contingente (ó anualidad de vida) es una serie de pagos periódicos que dependen de la supervivencia de una persona ó de un grupo de vidas.

En los seguros y anualidades la incertidumbre reside en el momento en que ocurrirá la muerte. Un seguro es pagadero en el momento que el grupo de vida pierde su *vigencia* y la anualidad es pagadera mientras el grupo de vida sea *vigente*. (Ver sección 1.2).

En la siguiente sección se describen las maneras más comunes de definir la vigencia de un grupo de vida.

#### 1.2 Definición y vigencia de un grupo de vida.

Los elementos primarios de los grupos de vida son las *personas* y los *plazos ciertos*, las personas se denotan por su edad( $x$ ), y los plazos ciertos se denotan por los años que "vivirá" el plazo cierto ( $n$ ).

Un plazo cierto puede ser considerado como una persona que vivirá exactamente  $n$  años después de la contratación del seguro o de la anualidad.

Habiendo definido a los elementos primarios de los grupos de vida, los tipos de grupos más comunes son: *vida conjunta*, *ultimo superviviente*, *al menos r supervivientes*, y *exactamente r supervivientes*. Los cuales se describen a continuación.

Un grupo es de vida *conjunta* si el grupo deja de ser vigente ("muere") cuando alguno de sus elementos muere. El grupo de vida conjunta se representa por  $(x_1, x_2, \dots, x_m)$ , donde  $x_i$  representa al  $i$ -ésimo elemento.

Un grupo es del *ultimo superviviente* si el grupo deja de ser vigente ("muere") cuando todos sus elementos mueren. El grupo del ultimo superviviente se denota por.

El grupo de *vida conjunta* y el grupo del ultimo superviviente son casos especiales del grupo *al menos r-supervivientes*. Grupo que deja de ser vigente ("muere") cuando han muerto  $(m-r+1)$  elementos del grupo, se denota como  $(\overline{x_1 x_2 \dots x_m})^r$ .

El grupo de *exactamente r-supervivientes* es vigente ("vive") cuando han muerto  $(m-r)$  elementos del grupo, se denota como  $(\overline{x_1 x_2 \dots x_m})^r$ .

En estos grupos de vida no se distingue ningún tipo de orden en las muertes, a diferencia de otros grupos donde es requerido un orden en las muertes. Esos grupos se conocen como *grupos o funciones contingentes*<sup>1</sup>.

Los grupos de vida se pueden definir recursivamente, es decir, un grupo de vida conjunta puede tener como elementos a grupos del ultimo superviviente. Cabe hacer notar que los textos de cálculo actuarial no dan definiciones formales de grupo, más bien es descriptivo como las aquí presentadas.

### 1.3 Anualidades contingentes.

Una *anualidad contingente* es una serie de pagos periódicos dependientes de la supervivencia de una persona o un grupo de personas [M1]. Dado que las anualidades son una serie de pagos, las anualidades pueden clasificarse de acuerdo a las características de los pagos. En general se considera que la unidad de tiempo (periodo) son los años.<sup>2</sup>

Las anualidades se clasifican de acuerdo a:

El *diferimiento del primer pago*. Una anualidad es *ordinaria* cuando el primer pago se realiza en el periodo inmediato a la contratación, mientras que, una anualidad es *diferida* cuando el primer pago se realiza después de transcurrido uno o más periodos.

El *número de pagos*. Una anualidad es *vitalicia* si los pagos se efectúan mientras el grupo es vigente, en contraste, una anualidad es *temporal por n periodos*, si los pagos se hacen mientras el grupo sea vigente en los siguientes n periodos a la contratación.

El *Monto de los pagos*. Una anualidad es *constante* cuando el monto de los pagos no cambia durante el intervalo de pago; en caso contrario es *variable*.

El *Momento del periodo en que se realizan los pagos*. Una anualidad es *vencida* cuando los pagos se realizan al final del periodo, y una anualidad es *anticipada* cuando los pagos se efectúan al inicio del periodo.

La *Frecuencia de los pagos*. Los pagos pueden efectuarse una vez o m-veces por periodo.

<sup>1</sup> La evaluación de anualidades y seguros sobre grupos contingentes no se ha implementado por presentar una complejidad mayor el cálculo de las probabilidades.

<sup>2</sup> Este supuesto no es restrictivo y facilita los cálculos; ya que normalmente las probabilidades de vida o muerte se calculan para periodos de un año.



La siguiente tabla resume los criterios para clasificar a las anualidades contingentes.

Clasificación de anualidades.				
Diferimiento del primer pago	Número de Pagos	Monto de los pagos	Momento del periodo en que se realizan los pagos	Frecuencia de pago
Ordinarias	Vitalicias	Constantes	Vencidas	Una vez por periodo
Diferidas	Temporales	Variables	Anticipadas	m- veces por periodo

#### 1.4 Seguros.

Un seguro de vida es un pago único contingente a la muerte o supervivencia de un grupo de personas [1]. Los seguros pueden clasificarse de acuerdo al riesgo y a la protección.

Es posible contratar un seguro contingente a la "muerte" o "supervivencia" de un grupo de vida; de acuerdo al riesgo que cubre el seguro se clasifica en *seguro dotal*, *seguro dotal mixto* o *seguro de vida*.

En el *seguro dotal puro* la contingencia contra la cual se asegura es la "supervivencia" porque el asegurado no recibe ningún pago si muere durante el periodo de la póliza, pero la suma asegurada se paga si el asegurado sobrevive al fin del periodo.

En el *seguro dotal mixto* las contingencias contra las cuales se asegura son la "supervivencia" y la "muerte" porque se garantiza el pago de la suma asegurada si el asegurado fallece dentro del periodo preestablecido o al final de dicho periodo si el asegurado permanece con vida aún.

En el seguro de vida la contingencia contra la cual se asegura es la muerte, porque la incertidumbre está en cuál será el momento en que ocurra la muerte.

La siguiente tabla resume la clasificación de los seguros de acuerdo al riesgo que cubren.

Clasificación de los seguros de acuerdo al riesgo.		
Riesgo	Nombre del Seguro	Condiciones para efectuar el pago
Vida	Dotal Puro	Cuando el grupo sobrevive n años
Muerte	Vida	Cuando el grupo muere
Muerte y vida	Dotal Mixto	Cuando el grupo sobrevive n años o el grupo muere

La protección que brinda un seguro permite clasificarlo de acuerdo a:

El *inicio de la protección*. Un seguro es *ordinario* cuando cubre el riesgo de muerte desde el momento en que se contrata. Un seguro es *diferido* cuando la protección contra el riesgo inicia después de un periodo posterior a la contratación (este periodo de no-protección es expresado generalmente en años).

El *Periodo de la protección del seguro*. Un seguro es *vitalicio* si cubre el riesgo de muerte durante toda la vida del asegurado. Un seguro es *temporal* cuando la protección es solo por  $n$  periodos de tiempo.

El *Monto de la suma asegurada*. Un seguro es *constante* cuando la suma asegurada no cambia en el tiempo. Un seguro es *variable* cuando la suma asegurada cambia con el tiempo

La siguiente tabla resume la clasificación de los seguros según la protección que ofrece.

Clasificación de los seguros de acuerdo a la protección que ofrecen		
Inicio de la protección.	Periodo de protección.	Monto de la suma asegurada.
Ordinario	Vitalicio	Constante
Diferido	Temporal	Variable

En una primera etapa, el cálculo del costo de un seguro se realiza con las siguientes hipótesis:

- Los seguros se pagan al fin del año en que ocurre la muerte, y
- No existen costos de administración (González presenta procedimientos para el cálculo de la prima de tarifa [2]).

La tabla de mortalidad es una herramienta básica en el cálculo del costo de anualidades contingentes y seguros de vida en las siguientes secciones revisaremos los conceptos básicos sobre la tabla de mortalidad y métodos para la construcción de esta.

### 1.5 Tabla de mortalidad.

La tabla de mortalidad es un modelo matemático que describe a través de funciones biométricas el comportamiento de una población frente al evento muerte [1]. Este modelo es muy importante ya que nos permitirá evaluar las probabilidades de vida y muerte de las personas.

Las tablas de mortalidad constan de las funciones descritas en la siguiente tabla:

Funciones elementales de la tabla de mortalidad.	
Función Biométrica	Descripción.
1,	Número de personas que de un grupo inicial alcanzan exactamente la edad $x$ . El número inicial de personas se llama radix o base de la tabla.

Funciones elementales de la tabla de mortalidad.	
Función Biométrica	Descripción.
${}_n d_x = l_x - l_{x+n}$	Número de personas que mueren después de cumplir la edad $x$ y antes de cumplir la edad $x+n$ .
${}_n q_x = d_x / l_x$	Probabilidad que tiene una persona que acaba de cumplir $x$ años de edad de no vivir $n$ años más.
${}_n L_x = \int_x^{x+n} l_t dt$	Esta integral de la función $l_x$ puede interpretarse de dos maneras: a) El tiempo agregado que vivirán las $l_x$ personas durante los próximos $n$ años, o b) El número de personas con edad entre los $x$ y $x+n$ años.
${}_n m_x = d_x / {}_n L_x$	Tasa central de mortalidad, es el cociente entre el número de personas que mueren entre las edades $x$ y $x+n$ y el número de personas con edad entre los $x$ y $x+n$ años ( ${}_n L_x$ ).
$T_x = \sum_{t=0}^{\infty} L_{x+t}$	El número agregado de años que vivirán las personas de edad $x$ .
$e_x^0 = \frac{T_x}{l_x}$	$e_x^0$ Es el promedio de años que le correspondería vivir a una persona de edad exacta $x$ de acuerdo a la mortalidad señalada por ${}_n q_x$ .

Finalmente, se dice que una *tabla de mortalidad es completa* cuando sus funciones biométricas están evaluadas para edades individuales. Una *tabla de mortalidad es abreviada* si sus funciones biométricas están evaluadas para grupos de edades. Generalmente los grupos de edad de una tabla de mortalidad abreviada son: 1 año, 1-4 años, grupos quinquenales desde los 5 hasta los 84 años y un grupo abierto a partir de los 85 años de edad.

En la siguiente sección presentaremos algunos métodos para la construcción de la tabla de mortalidad.

## 1.6 Construcción de una tabla de mortalidad.

Dado que la tabla de mortalidad es un instrumento para medir las probabilidades de vida; la idea de construirla siguiendo un grupo de recién nacidos y registrando sus muertes hasta la total extinción del grupo debe descartarse por las siguientes razones:

- Seguir un grupo suficientemente grande puede hacer imposible el estudio.
- Si tal tabla llegara a construirse, esta tabla carecería de todo valor al ser terminada, ya que registraría comportamientos demográficos no actuales.

Los supuestos con los que se construye una tabla de mortalidad son:

a) utilizar datos censales para estimar las probabilidades de muerte en cada una de las edades ( ${}_nq_x$ ) y b) aplicar estas probabilidades a una cohorte<sup>3</sup> hipotética de individuos cerrada y estacionaria. es decir, donde no existe emigración o inmigración y las probabilidades de supervivencia no cambian en el tiempo

El primer supuesto se traduce en aceptar que la tasa específica de mortalidad ( ${}_nM_x$ ) definida como :

$${}_nM_x = ({}_nD_x / {}_nP_x)$$

es una buena aproximación a la tasa central de mortalidad ( ${}_nm_x$ ), donde  $D_x$  es el número de muertes observado en el grupo de edad  $x$  a  $x+n$  en el año calendario y  $P_x$  es el promedio de la población expuesta al riesgo del grupo de edad  $x$  a  $x+n$  en el año calendario.

Generalmente la población promedio expuesta  ${}_nP_x$  es evaluada en algún momento  $t$ ,  $0 < t < 1$  cuando se realiza el censo de población.

Para poder estimar  ${}_nq_x$  utilizando datos censales deberemos partir de datos tan exactos como sea posible, los obtenidos directamente del censo en general están afectados por pequeños errores que son disminuidos realizando depuraciones y ajustes.

Prescindiremos de entrar en el detalle de las técnicas para ajustamiento de datos y admitiremos que contamos con datos exactos que nos permiten estimar  ${}_nq_x$  [ M2 ] .

En la siguiente subsección definiremos conceptos e igualdades que nos permitirán estimar  ${}_nq_x$  utilizando datos censales.

### 1.6.1 Estimación de ${}_nq_x$

Expresando  ${}_nL_x$  como  ${}_nL_x = n l_{x+n} + {}_n a_x n d_x$  donde  ${}_n a_x$  denota el número promedio de años vividos por un individuo de edad  $x$  que muere dentro del intervalo  $[ x, x+n )$ .

Definamos a  ${}_n f_x = {}_n a_x / n$  como la fracción de años vividos por la persona en el intervalo  $[ x, x+n )$ , entonces, tenemos :

$${}_nL_x = n(l_x - {}_n d_x) + n {}_n f_x n d_x = n [ l_x - (1 - {}_n f_x) n d_x ]$$

Usando la definición de tasa central de mortalidad, podemos expresar  ${}_nm_x$  en términos de  ${}_nq_x$  y  ${}_n f_x$  :

$${}_nm_x = \frac{{}_n d_x}{{}_n L_x} = \frac{{}_n q_x l_x}{n [ l_x - (1 - {}_n f_x) n d_x ]} = \frac{{}_n q_x}{n [ 1 - (1 - {}_n f_x) {}_n q_x ]}$$

<sup>3</sup> Una cohorte se define como un subconjunto de personas que comparten el origen de un mismo evento.

finalmente, despejando  ${}_nq_x$  y sustituyendo a  ${}_nm_x$  con  ${}_nM_x$  obtenemos la siguiente expresión

$${}_nq_x \cong \frac{{}_nM_x}{\sqrt[n]{1 + n(1 - {}_nf_x){}_nM_x}} \dots\dots\dots (1)$$

que nos ayudara a estimar  ${}_nq_x$  después de estimar o asumir valores para  ${}_nf_x$  y  ${}_nM_x$ . Existen varios procedimientos para estimar los valores de la fracción de años vividos por una persona ( ${}_nf_x$ ) [ R1 ] como son los siguientes:

a) suponer  ${}_na_x = n/2$  entonces cada persona vive en promedio  $n/2$  años en cada uno de los intervalos  $(x, x+n)$ , y  ${}_nf_x = \frac{n/2}{n} = 1/2$ . Sustituyendo en 1,  ${}_nq_x$  se estima como:

$${}_nq_x \cong \frac{{}_nM_x}{\sqrt[n]{1 + n(1 - 1/2){}_nM_x}} = \frac{2{}_nM_x n}{2 + {}_nM_x n}$$

b) estimar  ${}_nf_x$  utilizando los valores obtenidos por Chiang, a través de dos largos estudios Chiang evaluó  ${}_nf_x$  de forma empírica como  ${}_nf_x = {}_na_x / n$ ; en cada uno de sus estudios estimo el número promedio de años vividos por un individuo de edad  $x$  que muere dentro de la edad  $x$  y  $x+n$  ( ${}_na_x$ )

c) Obtener estimaciones de  ${}_nf_x$  utilizando otra tabla. A partir de las expresiones

$${}_nf_x \cong \frac{{}_nL_x - n l_{x+n}}{n_n d_x} = \frac{{}_nL_x - n(l_x - {}_nd_x)}{n_n d_x}$$

$${}_nq_x \cong \frac{{}_x m_x}{\sqrt[n]{1 + n(1 - {}_nf_x){}_n m_x}}$$

d) estimar  ${}_0f_1$  y  ${}_4f_1$  utilizando la fórmula de Coale y Demeny y suponer uniformidad en las edades restantes ( ${}_nf_x = 1/2$ ) [ M2 ].

En la siguiente tabla se presenta la fórmula de Coale y Demeny para estimar  ${}_0f_1$  y  ${}_4f_1$  de la población femenina y masculina.

Fórmula de Coale y Demeny		
Población.	Estimación de ${}_1f_0$	Estimación de ${}_4f_1$
Femenina	${}_1f_0 = .05 + 3q^*$	${}_4f_1 = 1.524 - 1.627q^*$
Másculina	${}_1f_0 = 0.0425 + 2.875q^*$	${}_4f_1 = 1.653 - 3.013q^*$

Si valor de ${}_1q_0$	entonces valor de $q^*$
${}_1q_0 < 0.1$	$q^* = {}_1q_0$
${}_1q_0 \geq 0.1$	$q^* = 0.1$

Finalmente en la siguiente sección describiremos la construcción de una tabla de mortalidad completa a partir de una tabla de mortalidad abreviada.

### 1.7 Construcción de la tabla de mortalidad completa a partir de la tabla abreviada de mortalidad.

La construcción de la tabla de mortalidad completa se hace en tres intervalos, estimando las  $l_x$  de manera diferente en cada uno de ellos. Los intervalos definidos en la construcción son de 1 a 9 años, de 10 a 74 años y de 74 años en adelante[R1].

Para cada una de las edades(x) comprendidas entre un año a sesenta y cuatro años,  $l_x$  se aproxima por un polinomio de sexto grado usando la fórmula de interpolación de Lagrange de seis puntos fijos[R1].

a) Si  $x \geq 1$  y  $x \leq 9$ , los seis puntos de interpolación son  $x_1 = 0, x_2 = 5, x_3 = 10, x_4 = 15, x_5 = 20, x_6 = 25$ .

b) Si  $x \geq 10$  y  $x \leq 74$ , los seis puntos de interpolación se determinan con la siguiente ecuación,  $x_i = 5[x/5] - 10 + 5(i)$ ,  $i = 0, 1, 2, 3, 4, 5$ .

Estimando  $l_x$  con el polinomio:

$$p(x) = u_1(x)l_{x_1} + u_2(x)l_{x_2} + u_3(x)l_{x_3} + u_4(x)l_{x_4} + u_5(x)l_{x_5} + u_6(x)l_{x_6}$$

donde

$$p(x) = \sum_{i=1}^{k+1} \frac{\prod_{j=1, j \neq i}^{k+1} (x - x_j)}{\prod_{j=1, j \neq i}^k (x_i - x_j)} l_{x_i}$$

Para estimar la  $l_x$  de edades mayores a 74 años se asume la ley de supervivencia de Gompertz, que se puede escribir como :

$$s(x/a, R) = \exp\left[\frac{R}{a}(1 - e^{ax})\right] = b^{1-e^{ax}}$$

donde  $b = e^{R/a}$  y  $c = e^a$ , entonces para estimar los valores de b y c, se eligen dos pares de edades  $(x_1, x_1+5)$  y  $(x_2, x_2+5)$

$$y_1 = \log \frac{l_{x_1}}{l_{x_1+5}} = c^{x_1}(c^5 - 1) \log b.$$

$$y_2 = \log \frac{l_{x_2}}{l_{x_2+5}} = c^{x_2}(c^5 - 1) \log b.$$

$$\frac{y_1}{y_2} = c^{x_1-x_2}$$

expresiones de las cuales podemos despejar fácilmente a, c y b. Finalmente, los valores de  $l_{x+t}$  (para  $x=75$ , y  $t>0$ ) son estimados por,

$$l_{x+t} = l_{x,t} p_x = \frac{S(x+t/a, R)}{S(x/a, R)}$$

## Capítulo 2

### Definición del lenguaje.

#### 2.1 Introducción.

El objetivo de este capítulo es definir un lenguaje que nos permita escribir "expresiones actuariales" para el cálculo de anualidades contingentes, seguros de vida y construcción de tablas de mortalidad.

Se define el lenguaje describiendo su sintaxis y gramática. Para especificar la sintaxis del lenguaje se utiliza una notación llamada *gramática libre de contexto* sin embargo describir la semántica del lenguaje es más difícil por consiguiente para especificar la semántica se usan ejemplos.

En las siguientes tablas se presentan las proposiciones que forman el lenguaje y nos permiten operar con anualidades, seguros y construcción de tablas de mortalidad.

Cálculo de seguros, anualidades y construcción de tabla de mortalidad.		
Proposición.	Sintaxis.	Objetivo.
Anualidad.	A( <parámetros> ) <grupo>	Evaluación de anualidades contingentes; regresa un número real
Seguro.	S( <parámetros> ) <grupo>	Evaluación de un seguro de vida, Regresa un número real
Calcula tabla.	CALT(<procedimiento>, <archivo>)	Construcción de una tabla de mortalidad, que será utilizada para calcular las anualidades de vida y los seguros.



Así también existen dos proposiciones que nos permiten operar con variables escalares y arreglos de variables reales.

Evaluación de expresiones aritméticas.		
Proposición.	Sintaxis.	Objetivo.
Calcula Expresión.	CALE<destino> = <expresion>	Ejecutar operaciones numéricas con valores reales.
Repite expresión	EVAL( <indice>, <lim inf>, <lim sup> ) <destino> = <expresion>	Repetir la ejecución de operaciones numéricas <expresion>, en la primer operación la variable <indice> vale <lim inf> y en la ultima <indice> vale <lim<sup>. Sirve para operar con los arreglos de números reales.

Las proposiciones de entrada salida son limitadas pero necesarias.

Proposiciones de entrada-salida.		
Proposición.	Sintaxis.	Objetivo.
Asigna salida	SALIDA = <archivo>	Asignar el dispositivo de salida excepto para la procedimiento calt.
Asigna entrada	ENTRADA= <archivo>	Asigna el dispositivo de entrada.
Despliega valores.	PINTA = <destino>	Graba en el archivo de salida el contenido de <destino> que puede ser una variable real{ZA.. ZB} o un arreglo de variables {TA.. TB}
Lee archivo.	LEER = <destino>	Lee del archivo de entrada el valor para una variable real{ZA.. ZB} o un arreglo de variables {TA.. TB}

Por último, las proposiciones con fines diversos son.

Proposiciones diversas.		
Proposición.	Sintaxis.	Objetivo.
Termina	FIN	Termina la ejecución del programa.
Modifica interés	OPCION = INTERÉS < real >	Asigna la tasa de interés que se utilizará en el cálculo del valor presente de Anualidades y Seguros de vida.
Mueve registros.	MUEVE<tabla1>(<lim1>,<lim2> ,<:numele>) = <tabla2>	Mueve n valores(numele) de tabla1 a partir de lim1 a tabla2 colocándolos a partir de la posición lim2.

Hemos dicho que para definir la sintaxis del lenguaje utilizaremos una gramática libre de contexto; concepto que presentaremos en la sección siguiente.

## 2.2 Gramáticas libres de contexto.

Una gramática libre del contexto consta de

a) *Un conjunto de símbolos terminales.* En general los símbolos terminales sirven para representar a cadenas de caracteres que tienen un significado colectivo, por ejemplo, son símbolos terminales el signo "+", y los identificadores de las variables.

b) *Un conjunto de símbolos no terminales.* Son variables sintácticas que definen conjuntos de cadenas que ayudan a definir el lenguaje generado por la gramática. Por ejemplo <parámetro> y <clave> son no terminales.

c) *Un conjunto de reglas de producción.* Las producciones de una gramática especifican cómo se pueden combinar los terminales y no terminales para formar cadenas. Cada producción consta de un no terminal seguido de una flecha o el símbolo igual, seguida por una cadena de no terminales y terminales. por ejemplo, la producción

<suma > = <operador1> "+" <operador2>

se interpreta diciendo que una suma consta de un operando 1, seguido del "+" y un operando 2, en consecuencia la cadena "1-2" no podrá ser identificado como una suma ya que carece le signo "+"

d) *Un símbolo inicial,* que es un no terminal.

Habiendo definido una gramática libre de contexto, se dice que una cadena pertenece al lenguaje definido por la gramática, si la cadena puede ser generada a partir del símbolo inicial siguiendo las reglas de producción de la gramática.

## 2.3 Descripción del lenguaje.

En las siguientes secciones se especifica con la ayuda de una gramática libre de contexto las cadenas de caracteres que tienen una estructura válida(sintaxis), además, se explica el significado de las proposiciones del lenguaje(semántica).

### 2.3.1 Proposición anualidad.

La proposición *anualidad* nos permite evaluar anualidades ordinarias, diferidas, vitalicias, temporales, constantes, crecientes, vencidas y anticipadas (ver sección 1.3).

Las sintaxis definida para la proposición *anualidad* es la siguiente:

#### Sintaxis.

< *anualidad* > = "A" "(" < *parámetros* > ")" < *grupo* >

< *parámetros* > = < *clavea1* > < *clavea2* > < *clavea3* >

< *clavea1* > = "A" |  $\lambda$

< *clavea2* > = "C" |  $\lambda$

< *clavea3* > = < *V\_entero* > |  $\lambda$

< *grupo* > = "(" < *especifica* > ";" < *conjuntos* > ")"

< *especifica* > = "[" < *entero* > "]" | "<" < *entero* > ">" |  $\lambda$

< *conjuntos* > = < *conjunto* > | < *conjunto* > ":" < *conjuntos* > |  $\lambda$

< *conjunto* > = < *grupo* > | < *alfa* >

< *alfa* > = < *expr\_simple* > | "S" < *expr\_simple* > "S"

< *V\_entero* > = < *entero* > | "." < *variable* >

< *entero* > = número entero positivo.

< *variable* > = ZA | ZB..... | ZZ | za | zb ..zz

después de haber definido la sintaxis de la *proposición anualidad* procederemos a describir la semántica de la *proposición anualidad*.

### Semántica

En la siguiente tabla se muestra el significado de los *parámetros* de la *proposición anualidad*

Parámetros de anualidad.	
Valor	Significado
"A"	Anualidad anticipada
"C"	Anualidad creciente en una unidad
V_entero	Años que se difiere la anualidad (entero positivo)

La ausencia del parámetro A identificara una anualidad vencida ,asi como la ausencia del parámetro C identifica una anualidad constante y la ausencia de un entero como parámetro identifica una anualidad ordinaria.

De acuerdo a la clasificación de las anualidades presentadas en la sección 1.3 y la sintaxis definida en la sección 2.3.1 en la siguiente tabla se presentan las combinaciones validas para los parámetros y su significado.

Combinación de parámetros.	
Valor de parámetro	Significado
"A" "c" v_entero	Anualidad anticipada creciente diferida
"A" "c"	Anualidad anticipada creciente ordinaria
"A" v_entero	Anualidad anticipada constante diferida
"C" v_entero	Anualidad vencida creciente diferida
"A"	Anualidad anticipada constante ordinaria
"C"	Anualidad vencida creciente ordinaria
V_entero	Anualidad vencida constante diferida
$\lambda$	Anualidad vencida constante ordinaria

El grupo del cual depende la anualidad tiene dos componentes, *el tipo de grupo y los elementos que lo componen*, las siguientes tablas presentan los significados de los *tipos de grupo y elementos del grupo*

Elementos del grupo.	
Elemento	Significado
N	Persona de edad N *
&N&	Anualidad temporal a N años *

Tipo de grupo.	
Valor del tipo de grupo	significado
$\lambda$	Grupo de vida Conjunta
"[ N ]"	Grupo que sobrevive mientras sobreviven exactamente N individuo *
"< N >"	Grupo que sobrevive mientras al menos N individuos sobrevivan*

A continuación se presentan ejemplos que muestran el uso de los elementos descritos.

**Ejemplos.**

Sintaxis	Semántica
a ( ) ( ;34)	Anualidad ordinaria, constante ,vencida, vitalicia, un pago por periodo de una unidad contratada a edad 34.
a ( 4 ) ( ;34:&3&)	Anualidad diferida cuatro años, vencida, constante, un pago por periodo de una unidad, temporal a tres años contratada a edad 34
a(c 3 a) ( ;25)	Anualidad creciente en una unidad por periodo ,diferida tres años, anticipada, un pago por periodo ,vitalicia contratada a edad 25.
a ( a ) ( ;34)	Anualidad ordinaria, constante, anticipada, un pago por periodo de una unidad, vitalicia contratada a edad 34
a ( X [3];23:23:45:45 )	Anualidad ordinaria, vencida, constante, un pago por periodo de una unidad, pagadera mientras sobrevivan exactamente tres individuos del grupo.
a(c ) ( < 2 > ; 34:45 : 23 : 34 )	Anualidad creciente en una unidad por periodo, ordinaria, vencida, un pago por periodo, pagadera mientras sobrevivan al menos dos individuos del grupo.
a ( ) (<2> ;45:34)	Anualidad ordinaria, constante, vencida, un pago por periodo de una unidad, pagadera mientras sobrevivan los dos individuos de grupo(grupo de vida conjunta)
a ( ) ( < 1 > ; 34:56 :45)	Anualidad ordinaria, constante, vencida, un pago por periodo de una unidad, pagadera mientras sobreviva al menos un individuo del grupo(grupo ultimo superviviente)
a ( c ) ( < 2 > ; 23 : 34 ;56 )	Anualidad ordinaria, creciente en una unidad por periodo, vencida, un pago por periodo, pagadera mientras sobrevivan al menos dos individuos del grupo.
a ( 2 c a ) ( < 1 > ; 23 :34 :32 :33)	Anualidad diferida dos años, creciente en una unidad por periodo ,anticipada, un pago por periodo, pagadera mientras sobreviva un individuo del grupo( grupo ultimo superviviente).

\* N número entero positivo.

### 2.3.2 Proposición seguro.

La proposición *seguro* nos permite evaluar seguros ordinarios, diferidos, vitalicios, temporales, constantes y crecientes (ver sección 1.4).

Las sintaxis definida para la proposición *seguro* es la siguiente:

#### Sintaxis

- < seguro > = "S" "(" < parámetro > ")" < grupo >
- < parámetro > = < claves1 > < claves2 > < claves3 > | < clave4 >
- < claves1 > = "X" |  $\lambda$
- < claves2 > = "C" |  $\lambda$
- < claves3 > = < v\_entero > |  $\lambda$
- < clave4 > = "N"
- < grupo > = "(" < especifica > "; " < conjuntos > ")"
- < especifica > = "[" < entero > "]" | "< entero > "> |  $\lambda$
- < conjuntos > = < conjunto > | < conjunto > ":" < conjuntos > |  $\lambda$
- < conjunto > = < grupo > | < alfa >
- < alfa > = < expr\_simple > | "\$" < expr\_simple > "\$"
- < V\_entero > = < entero > | < variable >
- < entero > = número entero positivo.
- < variable > = ZA | ZB..... | ZZ | za | zb ..zz

después de haber definido la sintaxis de la *proposición seguro* procederemos a describir la semántica de la proposición *seguro*.

## Semántica

En la siguiente tabla se muestran los *parámetros* de la proposición seguro con su significado.

Parámetro de seguros.	
Parámetros	Significado
"X"	Seguro de vida (no dotal mixto).
"N"	Seguro dotal puro.
"C"	Seguro creciente en una unidad
V_entero	Años que se difiere el seguro(entero positivo)

los parámetros 'X' y 'N' se excluyen entre si porque identifican el tipo de riesgo que cubre el seguro(Ver capítulo 1.4) ,cuando no se especifica como parámetro a 'X' o 'N' se identifica un seguro dotal mixto.

El grupo del cual depende el seguro tiene dos componentes, *el tipo de grupo* y *los elementos* que lo componen, las siguientes tablas presentan los significados de los *tipos de grupo* y *elementos del grupo*

Tipo de Grupo	
Tipo de grupo	Significado
$\lambda$	Grupo de vida Conjunta
"[* N *]"	Grupo vigente mientras sobreviven exactamente N individuo'
"< N >"	Grupo vigente mientras al menos N individuos sobreviven *

Elementos del grupo.	
Elemento	Significado
N	Persona de edad N*
"&N&"	Temporal a N años*

De acuerdo a la clasificación de seguros presentada en el sección 1.4 y la sintaxis definida en la sección 2.3.2 en la siguiente tabla se presentan las combinaciones validas para los parámetros y sus significados.

\* N número entero positivo

Combinaciones validas	
Parámetros	Significado
"X" "c" v_entero	Seguro de vida creciente diferido
"X" "v" _entero	Seguro de vida constante diferido
"x" c	Seguro de vida creciente ordinario
"X"	Seguro de vida constante ordinario
"C"	Seguro dotal mixto creciente ordinario
"C" v_entero	Seguro dotal mixto creciente diferido
$\lambda$	Seguro dotal mixto constante ordinario
N	Seguro dotal puro.

El elemento  $\lambda$  es la temporalidad del seguro ,cuando no se especifica este elemento se trata de un seguro vitalicio.

A continuación se presentan ejemplos que muestran el uso de los elementos descritos.

### Ejemplos.

sintaxis	Semántica
$s(x) (; 34)$	Seguro vitalicio, suma asegurada una unidad, contratado a edad 34
$s(3x) (; 34; \$4\$)$	Seguro diferido tres años, suma asegurada una unidad, temporal a cuatro años contratado a edad 34.
$s(n) (;34;\$4\$)$	Seguro dotal puro a cuatro años contratado a edad 34,suma asegurada una unidad.
$s(xc) (; 36 :\$3\$)$	Seguro temporal a tres años, suma asegurada creciente en una unidad por año, contratado a edad 36
$s() (;76 :\$3\$)$	Seguro pagadero si el fallecimiento ocurre en los tres años siguientes a la contratación o al final de estos tres años si el asegurado se encuentra vivo( seguro dotal mixto);suma asegurada de una unidad
$S(xc1) (;34:\$12\$)$	Seguro de suma asegurada creciente en una unidad por año, temporal a doce años, diferido un año contratado a edad 34.



### 2.3.3 Proposición calcula tabla (calt).

La proposición calcula tabla (*calt*) nos permite construir la tabla de mortalidad utilizando alguno de los métodos presentados en la sección 1.6 y sección 1.7.

Las sintaxis definida para la proposición calcula tabla (*Calt*) es la siguiente:

#### Sintaxis.

- < calt > = "CALT" "(" < método > "," < archivo > ")"
- < método > = "U" | "COH" | "COM" | "S" | < anual > | < porcentual >
- < anual > = "A" ";" < lxinicial > ";" < entero > ";" < entero >
- < lxinicial > = 0 | 1
- < porcentual > = "COP" ";" < porcentaje > ";" < porcentaje >
- < porcentaje > = < entero >
- < entero > = números enteros positivos.
- < Archivo > = < cadena de caracteres > / λ
- < cadena de caracteres > = < carácter > < cadena de caracteres > | λ
- < carácter > = a | b | . | z | A | ... | Z

En la siguiente tabla se muestran los métodos por los que se pueden construir la tabla de mortalidad utilizando la proposición *Calt*.

Métodos de construcción		
Método	Estimación de ${}_n f_x$	Tipo de tabla de mortalidad.
"U" Uniforme	Se supone ${}_n f_x = \frac{1}{2}$ .	Abreviada
"COH" Coale y Demeny	Se estima ${}_n f_x$ utilizando la relación empírica obtenida por Coale Y Demeny para hombres.	Abreviada
"COM" Coale y Demeny	Se estima ${}_n f_x$ utilizando la relación empírica obtenida por Coale y Demeny para mujeres.	Abreviada
"S" Estandar	Se estima ${}_n f_x$ utilizando otra tabla de mortalidad.	Abreviada

Métodos de construcción		
Método	Estimación de ${}_n f_x$	Tipo de tabla de mortalidad.
< anual >	Construcción de una tabla de vida completa a partir de una tabla abreviada, iniciando la construcción desde $l_{x_n}$ o $l_{x_1}$ según se especifique en los parámetros.	Completa
< porcentual >	Se estima ${}_n f_x$ utilizando la relación empírica obtenida por Coale y Demeny considerando los porcentajes de población femenina y masculina.	Abreviada

La tabla de mortalidad construida se guarda en el archivo seleccionado en la proposición *calct*, si en *< archivo >* se tiene a la cadena vacía la tabla se muestra en pantalla.

Para el cálculo del valor presente de anualidades y seguros se construye una tabla completa de vida a partir de la tabla abreviada que se encuentre en el archivo *tablaux.txt* o de la tabla construida con anterioridad por la proposición *calt* (ver sección 1.7).

A continuación se presentan ejemplos que muestran el uso de los elementos descritos.

#### Ejemplos.

Sintaxis	Semántica
<i>calct</i> (coh,)	Se construye la tabla para una población masculina, estimando ${}_n f_x$ con la fórmula de Coale y Demeny, la tabla se muestra en la pantalla.
<i>calct</i> (com,tabla.txt)	Se construye la tabla para una población femenina, estimando ${}_n f_x$ con la fórmula de Coale y Demeny, la tabla se guarda en el archivo <i>tabla.txt</i>
<i>calct</i> (cop,30,70, salida.txt)	Se estima la tabla para una población mixta integrada por un 30% de población femenina estimando ${}_n f_x$ con la fórmula de Coale y Demeny, la tabla se guarda en el archivo <i>salida.txt</i>
<i>calct</i> (s, )	Se estima la tabla utilizando la $f_x$ de la tabla que se encuentra en el archivo <i>tablaux.txt</i> . la tabla construida se muestra en pantalla
<i>calct</i> (a,1,2,30,completa.txt)	Se estima una tabla completa de edad 2 a edad 30, $l_{x_1}$ es el primer punto utilizado para estimar los valores de las columnas en cada una de las edades, la salida es guarda en el archivo <i>completa.txt</i>

### 2.3.4 Proposición cale.

La proposición *cale* nos permite realizar operaciones aritméticas entre anualidades y seguros así como asignar valores a las variables y arreglo de variables definidas en la sintaxis (za...zz, ta..tz).

Dado que el propósito del traductor es muy específico, solo se definieron dos tipos de variables: las variables reales y los arreglos de variables reales. Los identificadores de las variables reales deben pertenecer al conjunto {ZA,...,ZZ}, y los identificadores de los arreglos al conjunto {TA,...,TZ}.

Las sintaxis definida para la proposición *Calt* es la siguiente:

#### Sintaxis.

- < cale > = " cale " < destino > " = " < expr >
- < expr > = < expr simple > < Rexpr >
- < Rexpr > = < oper relación > < expr simple > | λ
- < oper relación > = " <= " | "< " | " < " | "> " | " = " | "> = "
- < expr simple > = < signo > < termino > < Rexpr simple >
- < signo > = " + " | " - " | λ
- < Rexpr simple > = < opsuma > < termino > < Rexpr simple > | λ
- < opsuma > = " + " | " . " | λ
- < termino > = < factor > < Rtermino >
- < Rtermino > = < opmult > < primario > < Rtermino > | λ
- < opmult > = " \* " | "/"
- < primario > = < tabla > | < v\_entero > | < anualidad > | < seguro >
- < v\_entero > = < variable > | < entero >

< variable > = za | zb |.. | zz| ZA |ZB |..|ZZ

< destino > = < tabla > | < variable >

< tabla > = < arre > < index >

< are > = ra | tb |.. | tz |TA|TB|..| TZ

< index > = "[^" < v\_entero > "]" | λ

< entero > = número entero positivo.

En la siguiente tabla se muestra como se asignan los resultados de la proposición Cale en la variable destino (TA.. TZ,ZA...ZZ)

Proposición Cale.		
Variable	Resultado	Acción
Escalar	Escalar	Asigna el valor del escalar resultado al escalar destino.
Escalar	Arreglo	Envía mensaje de error.
Arreglo	Escalar	Asigna el valor del escalar a todo el arreglo.
Arreglo	Arreglo	Asigna a cada elemento del arreglo destino su valor correspondiente en el arreglo resultado

A continuación se presentan ejemplos que muestran el uso de los elementos descritos.

### Ejemplos.

Sintaxis	Semántica
cale za = a ( ) ( ;34 ) - a ( ) ( ;34 :\$4\$ )	En la variable za depositamos el valor presente de una anualidad unitaria contratada a edad 34 diferida 4 años.
cale zb = a ( ) ( ;23 ) - a ( ) ( ; 23:\$5\$ ) - a(10) ( ;23 )	En la variable zb tenemos el valor presente de una anualidad unitaria contratada a edad 23 pagadera entre en el periodo de 28 a 38 años.
cale zv = a ( ) ( ;45 ) * 10	Anualidad de 10 unidades vitalicia contratada a edad 45
cale zs = a ( ) ( ;23 ) + 2 * a ( 1 ) ( ;23 ) + 2 *a(2) ( ;23 )	Anualidad vitalicia creciente en dos unidades durante los tres primeros periodos contratada a edad 23; después de estos tres periodos la anualidad es de 5 unidades y permanece constante

Sintaxis	Semántica
$calc\ zv = 1 - a(i; 38) / a(i; 34)$	Reserva al final del año 4 ,de un seguro ordinario, vitalicio, unitario contratado a edad 34
$calc\ ta = a(i; 34) + a(i; 45) + a(i; 23) - a(i; 34:45) - a(i; 34:23) - a(i; 45:23) + a(i; 34:45:23)$	Valor de presente de una anualidad pagadera mientras viva alguno de los integrantes del grupo ( 34,45,23 )
$calc\ za = s(x; 34:23) + s(x; 34:43) - s(x; 34:23:43)$	Valor presente de un seguro pagadero a la muerte de la persona que contrato a edad 34 si y solo si antes que el ya fallecieron los de edad 23 y 43
$calc\ za = s(n; 32:4&) + s(n; 32:4&)$	Valor presente de seguro dotal mixto contratado a edad 32 temporal a 4 años.

### 2.3.5 Proposición entrada.

La proposición *entrada* nos permite definir el archivo de donde se leerán las " *expresiones actuariales* " que se quieren evaluar.

Las sintaxis definida para la proposición *entrada* es la siguiente:

#### Sintaxis.

< *entrada* > = " *entrada* " "=" < *cadena de caracteres* >

< *cadena de caracteres* > = < *carácter* > < *cadena de caracteres* > | ;.

< *carácter* > = a | b | . | z | A | ... | Z

A continuación se presentan ejemplos que muestran el uso de los elementos descritos.

#### Ejemplo.

Sintaxis	Semántica
<i>Entrada</i> = datos	Se abre el archivo datos como archivo de entrada, de donde leeremos las expresiones actuariales.
<i>entrada</i> = ejemplo1	Se asigna el archivo ejemplo1 como archivo de entrada ,de donde leeremos las expresiones actuariales.

Si no se asigna un archivo de entrada con la proposición *entrada* se asume que el dispositivo de entrada es la consola.

### 2.3.6 Proposición salida.

La proposición *salida* nos permite definir un archivo de salida ,donde se guardan los resultados de haber evaluado las " expresiones actuariales ".

Las sintaxis definida para la proposición *salida* es la siguiente:

#### Sintaxis.

< salida > = " salida " " = " < cadena de caracteres >

< cadena de caracteres > = <carácter> <cadena de caracteres> | λ

<carácter> = a | b | .. | z | A | ... | Z

A continuación se presentan ejemplos que muestran el uso de los elementos descritos.

#### Ejemplo

Sintaxis	Semántica
salida = resultado	Los resultados de evaluar las " expresiones actuariales " se guardan en el archivo resultado.txt
salida = tabla	Los resultados de evaluar las " expresiones actuariales " se guardan en el archivo tabla.txt

### 2.3.7 Proposición pinta.

La proposición *pinta* permite desplegar los valores de un arreglo de variables o de una variable.

Las sintaxis definida para la proposición *pinta* es la siguiente:

#### Sintaxis.

< pinta > = " pinta " " = " < destino >

< destino > = < tabla > | < variable >

< variable > = za | zb |.. | zz| ZA | ZB|..| ZZ

< tabla > = < arre > < index >

< are > = ta | tb |.. | tz |TA | TB|..| TZ

< index > = "[^" < v\_entero > "]" | λ

< v\_entero > = < variable > | < entero >

< entero > = número entero positivo.

A continuación se presentan ejemplos que muestran el uso de los elementos descritos.

### Ejemplos

Sintaxis	Semántica
cale za = 45 pinta = za	Asigna el valor 45 a la variable za. Muestra en la consola el valor 45.
cale ZZ = 45 + 56 salida = resultado pinta = zz	Asigna el valor 101 a la variable zz. Se asigna como dispositivo de salida el archivo resultado. Se graba en el archivo salida 101
cale zc = 3 cale ta [zc] = 345 pinta = ta [zc]	Asigna el valor de 3 a la variable zc Asigna el valor 345 a la variable ta [3] Se muestra en la consola el valor 345

### 2.3.8 Proposición leer.

La proposición *leer* asigna a un arreglo de variables o una variable los valores que se encuentran capturados en archivo de entrada (asignado por la proposición *entrada*).

Las sintaxis definida para la proposición *leer* es la siguiente:

#### Sintaxis.

< leer > = " leer " " < destino >

< destino > = < tabla > | < variable >

< variable > = za | zb |.. | zz| ZA | ZB|..| ZZ

< tabla > = < arre > < index >

< are > = ta | tb |.. | tz |TA | TB|..| TZ

< index > = "|^" < v\_entero > "]" | λ

< v\_entero > = < variable > | < entero >

< entero > = número entero positivo.

A continuación se presentan ejemplos que muestran el uso de los elementos descritos.

### Ejemplos

Sintaxis	Semántica	Archivo
entrada = factores leer = za	Asigna el archivo de factores como archivo de entrada Se asigna a la variable za el valor se 125	125 132
cale ZZ = 45 + 5 entrada = datos leer = ta[50] leer = TC	Asigna el valor 50 a la variable zz. Se asigna como dispositivo de entrada el archivo datos. Se asigna a la variable ta[50] el valor de 234 Se asigna a la variable TC[01] el valor 456 y así consecutivamente hasta que sea fin de archivo o todo TC tenga un valor.	234 456 789 678 345 678 789 789 543

### 2.3.9 Proposición opción.

La proposición *opción* nos permite asignar la tasa de interés que se utilizará en el cálculo del valor presente de las anualidades y seguros.

Las sintaxis definida para la proposición *opción* es la siguiente:

#### Sintaxis.

< opción > = " opción " = "" interés " < real >

< real > = número real positivo.

A continuación se presentan ejemplos que muestran el uso de los elementos descritos.



## Ejemplos

Sintaxis	Semántica
opción = interés 10	La tasa de interés para el cálculo de las anualidades o seguros será 10 %.
opción = interés 23	La tasa de interés para el cálculo de las anualidades o seguros será 23 %

Si no se asigna ningún interés, se utiliza un interés del 10 % en el cálculo de anualidades y seguros.

### 2.3.10 Proposición evalúa(eval).

Proposición que permite evaluar en forma repetitivamente una expresión válida; considerando una expresión como válida si cumple con la sintaxis definida en la proposición *cale*.

Las sintaxis definida para la proposición *evalúa(eval)* es la siguiente:

#### Sintaxis.

$\langle \text{eval} \rangle = \text{"eval" "(" " , " } \langle v\_entero \rangle \text{ " , " } \langle v\_entero \rangle \text{ " ) " } \langle \text{tabla} \rangle \text{ "=" } \langle \text{expr} \rangle$

$\langle v\_entero \rangle = \langle \text{variable} \rangle | \langle \text{entero} \rangle$

$\langle \text{variable} \rangle = \text{za} | \text{zb} | \dots | \text{zz} | \text{ZA} | \text{ZB} | \dots | \text{ZZ}$

$\langle \text{tabla} \rangle = \langle \text{arre} \rangle \langle \text{index} \rangle$

$\langle \text{arre} \rangle = \text{ta} | \text{tb} | \dots | \text{tz} | \text{TA} | \text{TB} | \dots | \text{TZ}$

$\langle \text{index} \rangle = \text{"[^" } \langle v\_entero \rangle \text{ "]" } | \lambda$

$\langle v\_entero \rangle = \langle \text{variable} \rangle | \langle \text{entero} \rangle$

$\langle \text{entero} \rangle = \text{número entero positivo}$

A continuación se presentan ejemplos que muestran el uso de los elementos descritos.

**Ejemplos :**

Sintaxis	Semántica
eval(2,5) ta [za]= a(za) (;34)	Evalúa una anualidad diferida za años contratada a edad 34 Variando za de 2 a 5. Y coloca el resultado en la variable ta en la posición za.
eval(34,38) tc [zb] = a( ) (;zb)	Evalúa una anualidad constante ,vencida ,ordinaria contratada a edad zb, recorriendo zb de 34 a 38 deposita los resultados en la tabla tc en la posición zb.

En la proposición evalúa la variable real(z<sub>a</sub>...Z<sub>Z</sub>) que se encuentra del lado izquierdo, toma los valores desde el primer <v\_entero> hasta el segundo <v\_entero>,sustituyendo cada uno de estos valores en la parte derecha de la expresión donde aparece la variable.

**2.3.11 Proposición mueve.**

La proposición mueve nos permite mover n elementos de una tabla a partir de cierta posición hacia otra tabla colocándolos desde una determinada posición de la segunda.

La sintaxis definida para la proposición mueve es la siguiente:

**Sintaxis.**

< mueve > = "mueve " <tabla1> "( " <lim1> ", " <lim2> ", " <numele> ")" "=" <tabla2>

< lim1 > = < entero >

< lim2 > = < entero >

<entero > = número entero positivo

< tabla1 > = < tabla >

< tabla2 > = < tabla >

< tabla > = < arre > < index >

< are > = ta | tb |.. | tz |TA | TB|..| TZ

$\langle index \rangle = "[\wedge \langle v\_entero \rangle "]" \lambda$

$\langle v\_entero \rangle = \langle variable \rangle | \langle entero \rangle$

A continuación se presentan ejemplos que muestran el uso de los elementos descritos.

Ejemplos :

Sintaxis	Semántica
Mueve $tb(1,2,4) = tc$	Se trasladan los primeros 4 valores del arreglo de variables $tb$ al arreglo de variables $tc$ a partir de la posición 2.
Mueve $tc(2,3,5) = tz$	Se trasladan los valores del arreglo de variables $tc$ desde la posición 2 hasta la posición 6 hacia el arreglo de variable $tz$ a partir de la posición 3.

Dado que el arreglo de variables fue definido como un arreglo de 100 posiciones , el valor del  $\langle lim1 \rangle$  deberá ser menor o igual a 100,asi como también deberá serlo la suma de  $\langle lim2 \rangle$  y  $\langle numele \rangle$ .

## Capítulo 3.

### 3.1 Introducción.

El objetivo de este capítulo es describir las fases del proceso de traducción así como las funciones y procedimientos desarrollados para reconocer la sintaxis y semántica de las proposiciones definidas en el capítulo dos.

La restricción de solo haber definido dos tipos de variables (Las variables reales (za..zz) y los arreglos de variables reales (ta..tz) se tomo en una primera etapa para facilitar el diseño, aunque después se encontró que también facilita la operación del programa y evita definir una proposición para especificar el tipo de las variables.

### 3.2 Fases del proceso de traducción.

Los programas interpretes reciben un programa escrito en un lenguaje fuente y ejecutan las acciones especificadas en el programa fuente, además de detectar la existencia de posibles errores<sup>4</sup>. La interpretación de un programa consta de las etapas siguientes.

El *análisis léxico* es la primera fase de un interprete, su función consiste en leer los caracteres de entrada e identificar los componentes léxicos, entendiendo por un componente léxico a una secuencia de caracteres que tiene un significado colectivo. Generalmente, el analizador léxico hace una codificación de los componentes léxicos para facilitar las etapas posteriores.

En la etapa del *análisis sintáctico* se valida que la cadena de componentes léxicos satisfaga las reglas sintácticas (estructura) del lenguaje. En nuestro caso, las reglas sintácticas del lenguaje se expresaron en una gramática libre de contexto.

En la etapa del *análisis semántico* se verifica que las proposiciones del programa tengan significado, por ejemplo, la expresión "A+B" es valida en función de la definición del operador "+", así si el operador "+" actúa sobre número reales, "A+B" será semánticamente correcta cuando A y B sean número reales.

En la etapa de *ejecución*, el interprete debe crear y controlar las variables declaradas las proposiciones, además de ejecutar las acciones indicadas en las proposiciones.

Esta definición de las etapas de un traductor es conceptual, y dependiendo de la complejidad del lenguaje se pueden realizar simultáneamente más de una etapa<sup>[A1]</sup>

En las siguientes secciones se describen las funciones y procedimientos que realizan cada una de estas fases.

---

<sup>4</sup> En contraste, los compiladores reciben el programa escrito en el lenguaje fuente y lo traducen a un programa equivalente en otro lenguaje, llamado lenguaje objeto.  
<sup>5</sup> Los compiladores tienen como etapas posteriores, la generación y optimización de código.

### 3.3 Analizador léxico.

El análisis léxico es realizado por la función lógica *otro( var token :tt )*, la cual regresa el valor "verdadero" cuando identifica un componente léxico. La función *otro* lee la cadena de entrada carácter por carácter, elimina espacios en blanco, identifica y codifica a los componente léxicos. La variable *token* es un registro variable que toma alguno de los valores siguientes :

Codificación de los componentes léxicos			
Componente Léxico	Tipo	Num	Valor
Signo	1		Cadena con el signo
Letra	2		Cadena de caracteres
Número	3	Valor de número	

### 3.3 Analizador sintáctico.

El analizador sintáctico recibe como entrada a los componentes léxicos de una proposición y trata de identificar las producciones de la gramática que aplicadas a partir del símbolo inicial pueden generar la proposición a analizar. En caso de tener éxito el analizador, regresa un *árbol de análisis sintáctico*; estructura de datos donde se indica cómo se identificó que la cadena pertenece al lenguaje. Dada una gramática libre de contexto un árbol de análisis sintáctico tiene las propiedades siguientes[A1] :

- La raíz está etiquetada con el símbolo inicial.
- Las hojas del árbol está etiquetadas con un componente léxico o con la cadena vacía.
- Si A es un símbolo no terminal que etiqueta a algún nodo interior y  $X_1, X_2, \dots, X_n$  son los hijos de ese nodo, de izquierda a derecha, entonces  $A = X_1 X_2 \dots X_n$  es una producción utilizada,  $X_1, X_2, \dots, X_n$  pueden representar a símbolos terminales o no terminales.
- El árbol de análisis sintáctico se construye utilizando un método descendente, es decir se inicio su construcción en la raíz y se avanza hacia las hojas." Las etapas de un *método de análisis sintáctico descendente* son :
  - a) Se obtiene el primer componente léxico (*actual*) ; si en la gramática existe una producción A cuyo primer elemento léxico concuerde con *actual*, A será el hijo del símbolo inicial.
  - b) Obténgase el siguiente componente léxico (*actual*).

6 En los métodos ascendentes la construcción se inicia en las hojas avanzando hacia la raíz, aunque en general son métodos más difíciles de implementar.

c) Trátase de identificar de izquierda a derecha cada uno de los símbolos (terminales o no terminales) que definen a la producción A. A será un nodo del árbol.

c.1) Para identificar un símbolo terminal T (identificadores, operadores) en la definición de A, este debe coincidir con el componente léxico *actual*. En caso de tener éxito obténgase el siguiente componente léxico y T será un hijo de A.

c.2) Para identificar un símbolo no terminal (NT), selecciónese una producción (A\*) que pueda aplicarse a NT y repítase recursivamente el paso c) a A\*. En caso de tener éxito, A\* será un hijo de A

Una producción es inadecuada cuando después de usarla no se puede completar un árbol que concuerde con la cadena de entrada. En virtud de que el procedimiento de identificación es recursivo, cada vez que se ejecute el paso c) debe conservarse el componente léxico *actual*, dado que si al aplicar la producción A\* no se pudo identificar al terminal *actual*, entonces sea factible usar otra producción A\*\*.

Una gramática recursiva por la izquierda puede ocasionar que un *analizador sintáctico descendente* entre en un lazo infinito. es decir que cuando se trate de aplicar la producción A nuevamente se este intentando aplicar la producción A sin haber consumido ningún símbolo de entrada.

Si no es posible reconstruir la cadena de entrada a partir de la gramática definida se despliega un mensaje de error.

Cada símbolo terminal o no terminal de la gramática identificado es almacenado en el arreglo *código*, además se utilizan números negativos como apuntadores que limitan hasta que posición de *código* se encuentra la representación de los símbolos no terminales.

Es importante notar que la gramática esta definida de tal suerte que es suficiente conocer el primer componente léxico para identificar una proposición del lenguaje

En las siguientes tablas se especifica el código que se guarda en el arreglo *codi* que identifica los símbolos terminales y no terminales de cada una de las proposiciones definidas en el capítulo dos.

Codificación de un Seguro		
Código	Posición relativa En el arreglo <i>cod<sup>i</sup></i>	Descripción.
4000		Seguro
0	+1	Seguro dotal mixto
1		Seguro no dotal mixto
2		Seguro dotal
0	+2	Seguro creciente
1		Seguro constantes
0	+3	Seguro ordinario
n		Seguro diferido
4100		Grupo de vida conjunta
4002		El estatus del grupo continua mientras sobrevivan

7 Una producción es recursiva por la izquierda si el símbolo situado más a la izquierda del lado derecho es el mismo que el no terminal izquierdo de la producción.

\* Los códigos 0,1,2 y n que nos permiten identificar los diferentes tipos de seguros y anualidades deben guardarse en las posiciones  $m+1, m+2$  y  $m+3$  a partir de la posición  $m$  donde se guardo el código 4000 que identifica al seguro o 2000 que identifica a la anualidad.

Codificación de un Seguro		
Código	Posición relativa En el arreglo <i>cod</i> <sup>m</sup>	Descripción.
		exactamente <i>r</i> miembros de los <i>m</i> miembros del grupo.
4003		El estatus del grupo continua mientras al menos sobrevivan <i>r</i> miembros de los <i>m</i> miembros del grupo.
1004		Miembro del grupo
1005		Temporalidad del seguro.

Codificación de una Anualidad		
Código	Posición relativa En el arreglo <i>cod</i> <sup>m</sup>	Descripción.
2000		Anualidad
0	+1	Anualidad anticipada
1		Anualidad vencida
0	+2	Anualidad creciente
1		Anualidad constante
0	+3	Anualidad ordinaria
n		Anualidad diferida <i>n</i> años
1000		Grupo de vida conjunta
1002		El estatus del grupo continua mientras sobrevivan exactamente <i>r</i> miembros de los <i>m</i> miembros del grupo.
1003		El estatus del grupo continua mientras al menos sobrevivan <i>r</i> miembros de los <i>m</i> miembros del grupo.
1004		Termino
1005		Temporalidad

Codificación de una tabla		
Código	Posición relativa En el arreglo <i>cod</i> <sup>m</sup>	Descripción.
3000		Tabla
2	+1	Método uniforme para una población femenina(Coale y Demeny)
3	+1	Método uniforme para una población masculina(Coale y Demeny)
5	+1	Método standard
6	+1	Método de tabla anual

\* Los códigos 0,1,2 y *n* que nos permiten identificar los diferentes tipos de seguros y anualidades deben guardarse en las posiciones *m+1*, *m+2* y *m+3* a partir de la posición *m* donde se guarda el código 4000 que identifica al seguro o 2000 que identifica a la anualidad.

<sup>m</sup> Posición relativa con respecto a la posición *m* donde se guarda el código 3000 cálculo de una tabla.

Codificación de una tabla		
Código	Posición relativa En el arreglo <i>codi</i> <sup>o</sup>	Descripción.
3	+1	Método uniforme para una población masculina(Coale y Demeny)
5	+1	Método standard
6	+1	Método de tabla anual
4	+1	Método uniforme para una población mixta(Coale y Demeny).
9	+1	Método uniforme para una población mixta con distinto porcentaje para su población femenina y masculina(Coale y Demeny)

Codificación de Operadores	
Código	Descripción.
8001	Operador más unario
8002	Operador menos unario
8003	Operador suma
8004	Operador resta
8005	Operador multiplicación
8006	Operador división
8007	Operador mayor que
8008	Operador mayor o igual que
8009	Operador menor que
8010	Operador menor o igual
8011	Operador diferente
8012	Operador igual que
8017	Vacío
7001	Operando es una tabla
7002	Operando es una variable real
7003	Operando es una constante real
7004	Operando es una anualidad
7005	Operando es un seguro
7008	Índice



Codificación de opción.	
Código	Descripción.
5000	Opción interés

En los siguientes ejemplos mostraremos la representación interna de algunas proposiciones.

### Ejemplo 1. Proposición *seguro*.

Semántica.

Seguro temporal a tres años con suma asegurada creciente en una unidad contratado a edad 34..

Sintaxis

s(x c) (:36 : & 3 & )

Código

Codificación		
Posición Absoluta	valor	Significado
1	400	Identifica un seguro
2	1	Seguro no dotal mixto
3	0	Seguro creciente
4	7003	Constante real
5	0	Seguro ordinario(diferido cero años).
6	2	Dos elementos forman el grupo de vida
7	4100	Grupo de vida conjunta
8	0	No existe especificación para el grupo de vida conjunta
9	-15	Apuntador que delimita al primer miembro del grupo de vida.
10	1	Un solo elemento forma el siguiente grupo
11	1004	Elemento básico del grupo
12	7003	Constante real
13	36	Edad del elemento del grupo
14	8017	Vacio
15	-21	Apuntador que delimita al segundo miembro del grupo de vida
16	1	Un solo elemento forma el siguiente grupo
17	1005	Elemento de temporalidad.
18	7003	Constante real
19	3	Número de años del periodo temporal.
20	8017	Vacio

### Ejemplo 2. Proposición *anualidad*.

#### Sintaxis

Anualidad diferida cuatro años, vencida, constante con un pago por periodo de una unidad temporal a tres años contratada a edad 34.

#### Sintaxis

a(4)(:40)

#### Código

Codificación		
Posición Absoluta	valor	Significado
1	200	Identifica una anualidad
2	1	Anualidad vencida
3	1	Anualidad constante
4	7003	Constante real
5	4	Anualidad diferida cuatro años.
6	1	un elementos forman el grupo de vida
7	1000	Grupo de vida conjunta
8	-14	Apuntador que delimita al miembro del grupo de vida.
9	1	Un solo elemento forma el siguiente grupo
10	1004	Elemento básico del grupo
11	7003	Constante real
12	40	Edad del elemento del grupo
13	8017	Vacio

### Ejemplo 3. Proposición *anualidad*.

#### Sintaxis

Anualidad ordinaria, vencida, creciente por periodo en una anualidad, un pago por periodo ,pagadera mientras sobrevivan al menos dos integrantes del grupo.

#### Sintaxis

a(c )( < 2 > ;34:45:67 )

#### Código

Codificación		
Posición Absoluta	valor	Significado
1	2000	Identifica una anualidad

Codificación		
2	1	Anualidad vencida
3	0	Anualidad creciente.
4	7003	Constante real
5	0	Anualidad ordinaria(diferida cero años).
6	3	Tres elementos forman el grupo de vida
7	1003	El estatus del grupo continua mientras sobrevivan exactamente r miembros de los 3
8	2	Valor de r igual a 2
9	-15	Apuntador que delimita al primer miembro del grupo de vida.
10	1	Un solo elemento forma el siguiente grupo
11	1004	Elemento básico del grupo
12	7003	Constante real
13	34	Edad del elemento del grupo
14	8017	Vacio
15	-21	Apuntador que delimita al segundo miembro del grupo. de vida
16	1	Un solo elemento forma el siguiente grupo
17	1004	Elemento básico del grupo
18	7003	Constante real
19	45	Edad del elemento del grupo
20	8017	Vacio
21	-27	Apuntador que delimita al tercer miembro del grupo. de vida
22	1	Un solo elemento forma el siguiente grupo
23	1004	Elemento básico del grupo
24	7003	Constante real
25	67	Edad del elemento del grupo
26	8017	Vacio

#### Ejemplo 4. Proposición *calce*.

##### Sintaxis

Suma de un seguro dotal contratado a edad 32 temporal a cuatro años y de un seguro de vida temporal a cuatros años ( seguro temporal mixto temporal a 4 alos contratado a edad 32).

##### sintaxis

$$\text{calce } za = s(n) (\ ;32;\&4\&) + s(x) (\ ;32;\&4\&)$$

Codificación		
Posición Absoluta	valor	Significado
1	7002	Operando es una variable real
2	1	Variable real 1 za
3	7005	Operando es un seguro
4	4000	Identifica un seguro
5	2	Seguro dota puro.
6	1	Seguro constante
7	7003	Operando es una constante real
8	0	Seguro ordinario
9	2	Dos elemento forma el siguiente grupo
10	4100	Grupo de vida conjunta
11	0	No existe especificación para el grupo
12	-18	Apuntador que delimita al primer miembro del grupo de vida.
13	1	Un elemento forma el siguiente grupo
14	1004	Elemento básico del grupo
15	7003	Operando es una constante real
16	32	Edad del elemento del grupo
17	8017	Vacio
18	-24	Apuntador que delimita al segundo miembro del grupo de vida.
19	1	Un solo elemento forma el siguiente grupo
20	1005	Elemento de temporalidad.
21	7003	Operando es una constante real
22	4	Número de años del periodo temporal
23	8017	Vacio.
24	8017	Vacio
25	7005	Operando es un seguro.
26	4000	Identifica un seguro
27	1	Seguro no dota.
28	1	Seguro constante.
29	7003	Operando es una constante real
30	0	Seguro ordinario(diferido cero años)
31	2	Operando es una constante real
32	4100	Grupo de vida conjunta
33	0	No existe especificación para el grupo
34	-40	Apuntador que delimita al primer miembro del grupo de vida
35	1	Un solo elemento forma el siguiente grupo
36	1004	Elemento básico del grupo
37	7003	Operando es una constante real

Codificación		
Posición Absoluta	valor	Significado
38	32	Edad del elemento del grupo
39	8017	Vacío
40	-46	Apuntador que delimita al segundo miembro del grupo de vida.
41	1	Un solo elemento forma el siguiente grupo
42	1005	Elemento de temporalidad.
43	7003	Operando es una constante real
44	4	Número de años del periodo temporal
45	8017	Vacío
46	8003	Operador suma

Para cada proposición del lenguaje se definió una función recursiva que la identifica; en caso de identificarse como sintácticamente correcta la proposición se procede a su análisis semántico y ejecución (Ver diagrama).

Las funciones y procedimientos que se ejecutan para la evaluación de las 'expresiones actuariales' se presentan en la siguiente tabla :

Funciones y procedimientos		
Nombre	Proposición.	Objetivo
Evalúa Anualidad	Anualidad	Evalúa anualidad.
Evalúa seguro	Seguro	Evalúa seguro.
Evalúa tabla	Calct	Construye tabla de mortalidad.
Evalúa expresión.	Cale	Realiza operaciones aritméticas entre anualidades y seguros.
Asigna entrada	Entrada	Asigna archivo de entrada.
Asigna salida	Salida	Asigna archivo de salida
Despliega valores.	Pinta	Despliega valores de las variables.
Lee valores	Leer	Lee valores del archivo de entrada y los asigna a variables.
Modifica interés.	Opción	Modifica interés
Repite expresión	Evalúa	Evalúa una expresión en forma repetitiva.
Fin	Fin	Termina la ejecución.

### 3.5 Analizador semántico y ejecución.

En el análisis semántico de una proposición se utiliza a la gramática del modo siguiente a cada símbolo de la gramática se le asocia un conjunto de atributos y a cada producción, un conjunto de reglas semánticas para calcular los valores de los atributos asociados a los símbolos sintácticos que aparecen en esa producción.

La gramática y el conjunto de reglas semánticas constituyen una definición semántica dirigida por la sintaxis[A1].

En las secciones siguientes se describen los procedimientos y funciones más importantes que forman el analizador sintáctico y de ejecución.

#### 3.5.1 Función probabilidad.

La función probabilidad declarada como :

*Function proba (apt:integer, nper :integer ,var paso\_tiempo :boolean):real*

Tiene como finalidad calcular la probabilidad de sobrevivencia de un grupo de personas *U* en periodo de *nper* años.

Recibe como parámetros al apuntador *apt* que indica a partir de donde se iniciara el recorrido en el arreglo *código*, el periodo que sobrevive el grupo (*nper*).

La variable booleana *paso\_tiempo* indica si el grupo ha "fallecido" debido al fallecimiento del elemento cierto *N*.

Inicialmente se obtiene de *código* el número de elementos que forman el grupo (*numele*) y dependiendo de el tipo de grupo (*tipgrup*), se ejecuta alguna de las acciones presentadas en la siguiente tabla.

Tipos de grupos y acciones.	
Tipo de grupo	Acción
4100 Vida conjunta seguro 1000 Vida conjunta anualidad	
4002 Exactamente r seguro 1002 Exactamente r anualidad	Asigna a la variable exacta el valor r tomado de código
4003 Al menos r seguro 1003 Al menos r anualidad	Asigna a la variable al menos el valor de r tomado de código.
1004 elemento básico del grupo	Asigna a la variable <i>edadx</i> el valor tomado de código.
1005 elemento de temporalidad(N).	Asigna a la variable <i>perio</i> el valor tomado de código.

Si el tipo de grupo (*tipgrup*) es diferente al elemento básico<1004> se llama en forma recursiva la función *probabilidad* tantas veces como número de elementos tenga el grupo(*numele*).

La función *probabilidad* deposita las probabilidades de cada elemento del grupo en el arreglo  $px[i]$

cuando se ha calculado la probabilidades para cada uno de los elementos del grupo y se encuentran en el arreglo  $px[i]$ , entonces dependiendo del tipo de grupo (*tipgrup*), se realiza algunas de las acciones siguientes :

Si el tipo de grupo (*tipgrup*) es de vida conjunta (<4100> ó <1000>) se obtiene la probabilidad del grupo como el producto de las probabilidades de cada elemento del grupo.

Si el tipo de grupo (*tipgrup*) es exactamente r supervivientes (<4002> ó <1002>) se calcula la probabilidad según la expresión siguiente:

$${}_n p_{x_1 x_2 \dots x_m}^{[r]} = \frac{z^r}{(1+z)^{r+1}}$$

Si el tipo de grupo (*tipgrup*) es al menos r supervivientes (<4003> ó <1003>) se calcula la probabilidad según la expresión siguiente :

$${}_n P = \frac{z^r}{(1+z)^r}$$

### 3.5.2 Función probabilidad $l_x$

La función *probaele* declarada como :

*probae*(*nper* :integer, *edadx* :integer) :real

calcula la probabilidad de vida que tiene una personas de *edad x* en el año *nper* como :

$${}_{nper} P_x = \frac{l_{x+nper}}{l_x}$$

los valores de  $l_x$  se obtienen de la tabla completa previamente construida.

### 3.5.3 Procedimiento evalúa anualidad,

El procedimiento evalúa anualidad tiene como finalidad obtener el valor presente de la anualidad que se registro en el arreglo *código*.

El valor presente de la anualidad se calcula como una suma de seguros dótiles puros, sumados desde el primer periodo de la anualidad hasta el ultimo periodo de ella.

El procedimiento evalúa anualidad recibe como parámetros un apuntador(*apt*) al arreglo *código*, la tasa de interés con la que se calculara el valor presente de la anualidad (*linterés*) y la variable *valor* donde depositara el valor presente de la anualidad su encabezado es :

*procedure evalua\_anualidad(var apt :integer,interés :real, var valor:real)*

El procedimiento evalúa anualidad realiza los siguientes pasos, del arreglo *codi* se obtienen los valores para las variables *vencida*, *diferida*, *constante* e *incremento*.

Los valores iniciales para las variables *factor* y *nper* se asignan de acuerdo a la siguiente tabla.

Valores iniciales			
Si variable <i>Vencida</i>	Y variable <i>Diferido</i>	Entonces variable <i>factor</i>	Variable Número de periodo( <i>nper</i> ).
Cierto	= 0	1	1
Cierto	<> 0	$(1 + \text{interés})^{-\text{diferido}+1}$	<i>diferido</i> + 1
Falso	= 0	1	0
Falso	<> 0	$(1 + \text{interés})^{-\text{diferido}}$	<i>diferido</i>

Una vez identificado el tipo de anualidad se ejecuta el siguiente algoritmo hasta que la variable *paso\_tiempo* sea cierta.

- $P := \text{probabilidad}(apt, nper, \text{paso\_tiempo})$
- $\text{Valor} = \text{valor} + s * p * \text{factor}$
- $\text{factor} = \text{factor} * (1 / (1 + \text{interés}))$
- $s = s + \text{incremento}$
- $nper = nper + 1$

Cuando la variable *paso\_tiempo* es cierta el valor presente de la anualidad se encuentra en la variable *valor*.

### 3.5.4 Procedimiento evalúa seguro.

Calcula el valor presente de un seguro como la suma del valor presente de la suma asegurada por la probabilidad de muerte de el grupo desde el primer periodo de protección del seguro hasta el ultimo.



El procedimiento *evalúa seguro* tiene como parámetros el apuntador (*apt*) al arreglo *código*, la tasa de interés con la que se calculará el valor presente del Seguro (*interés*) y la variable *valor* donde depositará el valor presente del seguro su encabezado es :

*procedure evalúa\_seguro(var apt:integer; interés :real, var valor:real)*

Al recorrer el arreglo *código* se identifica si es un seguro, creciente, constante, ordinario, diferido, dotal mixto, dotal o de vida.

Dependiendo si el seguro es ordinario o diferido, creciente o constante se asignan los valores iniciales para las variables *factor*, *incremento* y *nper*.

Si valor variable diferido	Entonces valor variable factor	Valor variable número de periodo(nper).
= 0	1	0
<> 0	$(1 + \text{interés})^{-\text{diferido}}$	diferido

Valores iniciales	
Si valor variable constante	Entonces valor variable Incremento
Cierto	Incremento = 0
Falso	Incremento = 1

Cuando se ha identificado el tipo de seguro se ejecutan el siguiente algoritmo hasta que la variable *paso\_tiempo* sea cierta.

- $s = s + \text{incremento}$
- $\text{factor} = \text{factor} * (1 / (1 + \text{interés}))$
- $q := \text{probabilidad}(\text{apt}, \text{nper}, \text{paso\_tiempo})$
- $\text{Valor} = \text{valor} + s * q * \text{factor}$
- $\text{nper} = \text{nper} + 1$

Cuando la variable *paso\_tiempo* es cierta el valor del presente del seguro se encuentra en la variable *valor*

### 3.5.5 Evalúa tabla.

El objetivo del procedimiento *evalúa tabla* es construir la tabla de mortalidad por el método elegido.

recibe como parámetro el apuntador *apt* al arreglo *codigó*, su encabezado es :

*procedure evalua\_tabla(var apt :integer )*

Dependiendo del valor de la variable *método* se llama a alguno de los procedimientos de la siguiente tabla :

<b>Métodos y Procedimientos</b>		
<b>Método</b>	<b>Valor</b>	<b>Procedimiento</b>
Coale y Demeny	2	Tabla_coale_mujeres
Coale Y Demeny	3	Tabla_coale_hombres.
Uniforme	4	Tabla_uniforme
Estandar	5	Tabla_estandar
Anual	6	Tabla_completa
porcentaje	9	Tabla_porcentajes

Se declaro la variable *tabla* como un arreglo real de dos dimensiones.

*tabla : array[1....nreg,1..mcol] of real*

donde se colocan los valores de las funciones elementales de las tablas construidas.

En la construcción de la tabla de vida se utilizan procedimientos comunes para el cálculo de  $M_x, l_x, d_x, T_x, e_x$ , sin embargo el procedimiento utilizado para el cálculo de  $a_x, q_x$  y  $L_x$  depende del método seleccionado.

<b>Procedimientos Comunes</b>		
<b>Procedimientos</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Función elemental que se calcula.</b>
Calcula_Mx(colu_def,colum_P obla,colum_Mx :integer)	Columnas del arreglo tabla donde se encuentran las defunciones, la población media y en donde se colocara la $M_x$ calculada.	$M_x$
Personas_edadx(colum_qx,clu m_lx,colum_dx :integer)	Columnas del arreglo tabla donde se encuentran el valor de $q_x$ y donde se depositaran el valor de $d_x$ y $l_x$ .	$d_x, l_x$
calcula _TX ( colum_Lx,, colum_Tx :integer)	Columnas del arreglo tabla donde se encuentran el valor de $L_x$ y donde se depositaran los valore de $T_x$ .	$T_x$
Calcula_ex (colum_Tx,	Columnas del arreglo tabla donde se encuentran el valor	$e_x$

Procedimientos Comunes		
Procedimientos	Parámetros	Función elemental que se calcula.
column_lx, column_cx)	de $T_x$ , $L_x$ y donde se depositaran los valores de $e_x$ .	

El procedimiento para el cálculo de  $a_x$ ,  $q_x$  y  $L_x$  depende del método seleccionado.

Procedimiento para el cálculo de $q_x$ y $L_x$		
Procedimiento	$q_x$	$L_x$
Tabla_coale_mujeres Tabla_coale_hombres Tabla_porcentajes	qx(column_ax, column_qx)	LX(column_lx, column_Lx )
Tabla_uniforme	qx_Uni (column_Mx , column_qx)	LXUNI (column_lx, column_Lx )
Tabla_estandar	qx_STD(column_Mx,column_Fx,colum_qx)	LX(column_Fx,column_lx,column_dx, column_Lx)
Tabla_completa	qx_uni(column_dx, column_lx )	LX(column_lx, column_Lx )

Procedimiento para el cálculo de $a_x$	
Procedimiento	$a_x$
Tabla_coale_mujeres	Cercin(column_ax,0,porce_hombre)
Tabla_coale_hombres	Cercin(column_ax,porc_mujer,0)
Tabla_porcentajes	Cercin(column_ax,porc_mujer,porce_hombre)

### 3.5.6 Procedimiento Evalúa expresión.

El procedimiento evalúa expresión fue declarado como :

*Procedure evalua\_operador(apc\_i,apc\_f,opcion:integer,var resval :integer)*

El algoritmo implementado en el procedimiento *evalúa expresión* es el siguiente :

En virtud de que en el árbol sintáctico queda registrada la jerarquía de los operadores aritméticos, el árbol se recorre en posfijo para interpretar una expresión , es decir se evalúan primero los nodos hijos y después el nodo padre. En consecuencia, el algoritmo para evaluar expresiones es el siguiente :

a) Cuando aparece un identificador de variable ( <7001> ó <7002> ), una constante ( <7003> ) o un llamado a una función ( <7004> ó <7005> ) en el recorrido del árbol de análisis sintáctico, se hace un llamado a el procedimiento *objeto* para obtener el tipo de variable(*tvar*) , número de variable(*nvar*) e índice de la tabla(*ivar*),posteriormente el procedimiento *guarda* en la pila(*tvalor*) el valor del operando y en la pila de operandos (*tpila*) el tipo de variable(*tvar*) identificado.

b) Cuando aparece un operador unario (<8001>ó.<8002> ó.....<8017>.) el procedimiento *opera1* aplica el operador sobre el tope de la pila (*tvalor*) y si es binario el procedimiento *opera2* aplica el operador sobre los dos últimos elementos de la pila(*tvalor*). Además determina el tipo de la variable resultante.

c) Finalmente, el resultado que queda en el tope de la pila(*tvalor*) es depositado por el procedimiento *guarda2* en la variable destino de la expresión además verifica que el tipo de la expresión resultante y la variable destino sean compatibles.

En las siguientes secciones describiremos los procedimientos *objeto*, *guarda* y *guarda2* que son llamados por el procedimiento *evalúa expresión*.

### 3.5.6.1 Procedimiento objeto.

El procedimiento *Objeto* identifica el tipo de variable(*tvar*) , el número del índice de la tabla(*ivar*) y el número de tabla o variable(*nvar*) , su encabezado es

*Procedure objeto(var apc:integer,var tvar,nvar ,ivar:integer)*

los valores que se asignan a las variables *tvar*,*ivar* y *nvar* dependen de los valores que se identifican en el recorrido por *código*.

Asignación de valores				
Código[apc]	Código[apc+2]	nvar	tvar	ivar
7001	7003	Código[apc+1] Número de tabla	2	Código[apc+3]
7001	7002	Código[apc+1] Número de tabla	2	A_var[código[apc+3]] Constante índice
7001	7008	Código[apc+1] Número de tabla	3	0
7002		Código[apc+1] Número de variable	1	0
7003		Apc+1	4	0
7004		0	5	0

Asignación de valores				
Código[apc]	Código[apc+2]	nvar	tvar	ivar
7005		0	5	0

Tipo de Variables	
Valor tvar	Tipo de variable
1	Variable escalar
2	Elemento de una tabla
3	Tabla completa
4	Constante real
5	Resultado de anualidad
5	Resultado de seguro

Si el valor en *código[apc]* es diferente a los mostrados en la tabla anterior se envía un error y termina la ejecución del programa.

### 3.5.6.2 Procedimiento guarda.

El objetivo del procedimiento guarda es colocar en la pila de operandos (*tpila*) el tipo de la variable (*tvar*), y un apuntador (*apila*) a la pila de valores (*tvalor*) que indica a partir de que posición de la Pila de valores (*tvalor*) se guardo el valor de la variable identificada por el procedimiento objeto.

el procedimiento es declarado como :

*Procedure guarda(tvar , nvar , ivar ; integer)*

Si el tipo de variable es real (*tvar=1*), se mueve del arreglo de variables (*a\_var*) el valor que se encuentra en la posición *numvar* (*a\_var[numvar]*) a la pila de valores (*tvalor*) en la posición *apila*.

Si el tipo de variable es elemento de una tabla (*tvar = 2*), se mueve del arreglo de tablas (*a\_tab*) el valor que se encuentre en la posición del número de variable (*numvar*) e índice de la tabla (*ivar*) (*a\_tab[numvar,ivar]*) a la pila de valores (*tvalor*) en la posición *apila*.

Si el tipo de variable es una tabla completa (*tvar=3*) se mueve del arreglo de tablas (*a\_tab*) el valor que se encuentra en el número de variable (*Numvar*) e índice de la tabla (*ivar*) (*a\_tab[numvar,ivar]*) a la pila de valores (*tvalor*) desde la posición *apila* hasta la posición *apila+100*.

Si el tipo de variables es constante real (*tvar=4*) a la pila de valores (*tvalor*) en la posición *apila* se mueve el valor del arreglo *código* en el número de variable. (*código[numvar]*)

Si el tipo de variable es el resultado una anualidad o seguro se guarda en la pila de valores (*tvalor*) en la posición *apila* el valor calculado por la función *anualidad* o *seguro* según sea el caso.

### 3.5.6.3 Procedimiento guarda2.

El objetivo del procedimiento *guarda2* es mover el resultado que se encuentra en el tope de la pila de valores (*tvalor*) a la variable destino.

El procedimiento *guarda2* es declarado como :

*Procedure guarda2(tvar,nvar,ivar:integer)*

Identificada la localidad a partir de la cual se encuentra el resultado y el tipo de variable validando que el tipo de variable destino sea compatible con el tipo de la variable resultado, cuando no resulta así se envía un mensaje de error.

Si la variable destino es compatible con la variable resultado se procede a mover los valores del resultado hacia destino.

En la última localidad en la pila de operandos (*tpila*) se almacena el apuntador(*apila*) a la pila de valores(*tvalor*) donde se encuentra el resultado y en la penúltima localidad de la pila de operandos(*tpila*) se encuentra el tipo de resultado (*tvar*).

Compara el tipo de variable del resultado con el tipo de variable destino para validar que sean compatibles y proceder a la asignación de valores del resultado hacia la variable destino.

### 3.5.7 Procedimientos de entrada y salida de datos.

Los procedimientos de entrada y salida de datos nos permiten desplegar los valores contenidos en las variables, seleccionar el interés que se utilizará en la evaluación de anualidades y seguros, así como definir los archivos de entrada y salida.

#### 3.5.7.1 Procedimiento modifica interés.

Este procedimiento asigna un valor a la variable interna *interés* del programa interprete; su encabezado es

*Modifica interés(var interés : real ; apt : integer )*

recibe como parámetro un apuntador a arreglo *código* y la variable *interés*, se asigna a *interés* el valor que se encuentra en el arreglo *código* después del <5000> que identifica la opción interés.

#### 3.5.7.2 Procedimiento asigna entrada.

Este procedimiento abre como archivo de entrada el dispositivo que se encuentra en la variable *dis\_entrada*:

Si la variable *dis\_entrada* es la cadena vacía el archivo de entrada es la pantalla.

### 3.5.7.3 Procedimiento asigna salida.

Asigna como archivo de salida al dispositivo que se encuentra en la variable *dis\_sal* asignado por el procedimiento es *salida*.

Si la variable *salida* es la cadena vacía se abre como archivo de salida la pantalla.

### 3.5.7.4 Procedimiento despliega valores.

Este procedimiento muestra los valores de las variables reales y los arreglos de variables reales.

se declara como :

*Procedure despliega(apc :integer )*

recibe como parámetro un apuntador al arreglo *código*, a partir de donde iniciara su recorrido. en su ejecución llama al procedimiento *identifica\_objeto* y *escribe\_objeto*

El procedimiento *identifica\_objeto* obtiene el tipo de variable (*tvar*) , número de variable (*nvar*) e índice de la variable (*ivar*) ,posteriormente el Procedimiento *escribe\_objeto* muestra el valor de la variable identificada

Tvar	Variabes que se despliegan
1 Variable real	A_var[nvar]
2 Elemento de una tabla.	A_tab[nvar,ivar]
3 Tabla completa	A_TAB[nvar , i ] i=1.....100
4 Constante Real	Código[nvar]
5 Anualidad o Seguro	Monto_anua / monto_seguro.

## Capítulo 4

### APLICACIONES DEL TRADUCTOR DESARROLLADO.

#### 4.1 introducción.

El objetivo del capítulo es mostrar la utilidad del programa desarrollado en el cálculo del valor presente de anualidades, seguros y reservas.

En los párrafos siguientes se presentan 4 ejemplos y se comentan los resultados sin embargo se realizaron varias pruebas para probar la correcta ejecución del traductor.

La ejecución del código de cada uno de los ejemplos producen los valores tabulados que se encuentran en el apéndice 3 en este capítulo se presentan los valores graficados.

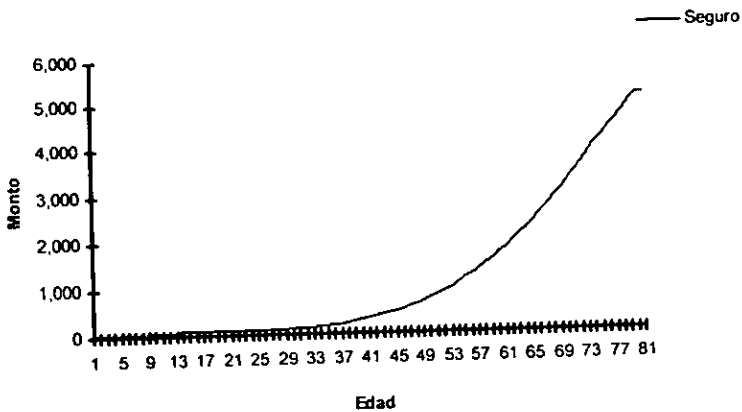
#### EJEMPLO 1. Cálculo de un seguro y una Anualidad.

Cálculo del valor presente de un seguro temporal a diez años con suma asegurada de 10,000 y una anualidad de 10,000 temporal a diez años para las personas entre 1 y 85 años.

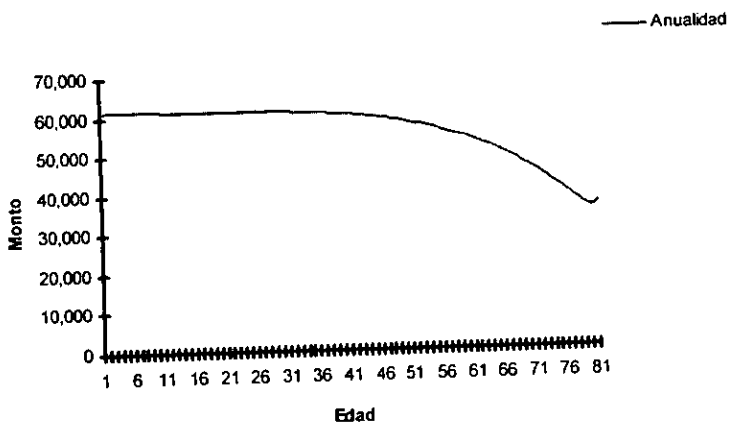
Código	Descripción del Código
opcion = interés 10	Tasa de interés del 10 %
eval (1,80) ta[za] =s( )(za:10%) * 10000	ta = $A_{z:a 10}$ , za = 1 a 80 años
eval (1,80) td[zd] =a(a )(zd:10%) *10000	td = $a_{z:d 10}$ , zd = 1 a 80 años
salida = vectora	vectora es el archivo de salida
pinta ta	Pinta $A_{z:a 10}$ , za = 1 a 80 años
pinta td	Pinta anualidad $a_{z:d 10}$ , zd = 1 a 80 años
fin	Termina la ejecución

En las gráficas uno y dos podemos observar que el valor de la anualidad es casi el mismo entre las edades 1 y 50, mientras que el valor del seguro se incrementa en forma significativa a partir de la edad 56(ver apéndice 3).





Gráfica 1 . Costo de un seguro temporal a 10 años( Suma asegurada = 10,00)

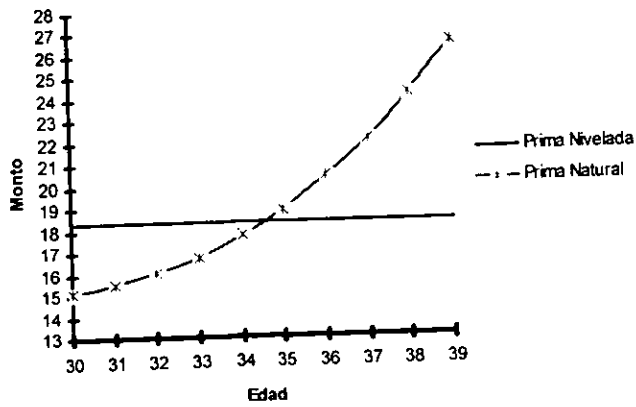


Gráfica 2 . Costo de una anualidad temporal a 10 años( pago = 10,00)

**EJEMPLO 2. cálculo de la prima neta natural y nivelada.**

Cálculo de la prima neta nivelada y prima natural para un Seguro contratado a edad 30 temporal a 10 años.

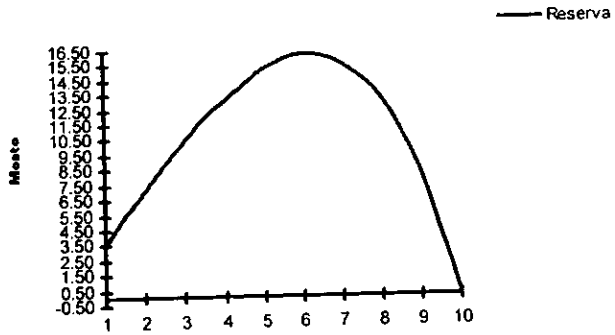
Código.	Descripción del Código
Opcion = interés 10	tasa de interés del 10 %
cale za = s(x)(;30;&10&)*10000	$za = A_{30 10}$
cale zb = a(a)(;30;&10&)	$zb = \ddot{a}_{30 10}$
cale zc = za / zb	$Zc = A_{30 10} / \ddot{a}_{30 10}$ , prima neta nivelada
Eval (30, 40 ) td[zd] = s(x)(;zd;&1&)	$Td[zd] = A_{:zd }$ , zd= 30..40 Prima Natural
salida = vectorc	vectorc es el archivo de salida
pinta zc	$Zc = A_{30 10} / \ddot{a}_{30 10}$ , prima neta nivelada
pinta td	$Td[zd] = A_{:zd }$ , zd=30..40 Prima Natural
fin	Termina la ejecución



Gráfica 3. Prima Nivelada y prima Natural para un seguro.

Habiendo calculado la prima neta nivelada del seguro es relativamente fácil calcular el valor de la reserva a lo largo del periodo de 10 años

Código.	Descripción del Código
opcion = interés 10	tasa de interés del 10 %
cale za = s(x);(30:&10&)*10000	$za = A_{30:10}$
cale zb = a(a);(30:&10&)	$zb = \ddot{a}_{30:10}$
cale zc = za / zb	$Zc = A_{30:10} / \ddot{a}_{30:10}$ , prima neta nivelada
eval(1,9) te[ze] = s(x);(30+ze:&10-zc&)*10000 - a(a);(30+ze:&10-zc&)* zc	$te[ze] = A_{30+ze:10-zc} - \ddot{a}_{30+ze:10-zc} * {}_{10}P_{30+ze} v_{30:10}$
salida = vectorb	vectorb es el archivo de salida
pinta te[ze]	Pinta ${}_{zc}v_{30:10}$ ze = 1..10
fin	Termina la ejecución



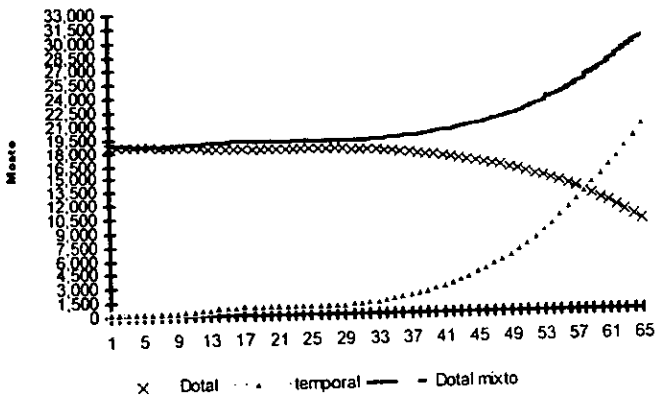
Gráfica 4. Comportamiento de la reserva de un seguro temporal a diez años contratado a edad 30.

como podemos observar en las gráficas tres y cuatro la prima natural se cruza con la prima nivelada entre las edades 35 y 36 punto a partir del cual la reserva empieza a decrecer.(ver apéndice 3)

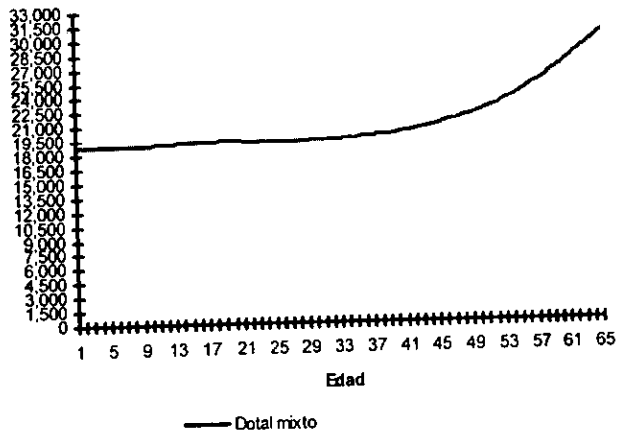
**EJEMPLO 3. Cálculo del valor presente de un seguro dotal mixto ,un seguro dotal y un seguro temporales .**

Cálculo del valor presente de un seguro dotal mixto ,un seguro dotal y un seguro temporales a 15 años para las edades de 1 a 65 años con suma asegurada de 100000.

Código.	Descripción del código.
opcion = interés 15	tasa de interés del 15 %
eval(1,65 ) tb[zb] = s() (:zb:&15&)* 100000	$tb = A_{zb:15}^1$ , zb =1..65 años
eval (1,65) ta[za] = s(n) (:za :&15&) * 100000	$ta = A_{za:15}^1$ , za =1..65 años.
eval(1,65 ) tc[zc] = s(x)(:zc:&15&) * 100000	$tc = A_{zc:15}^1$ , zc =1..65 años
eval(1,65) td[zd] = ta[zd] + tc[zd]	$td = A_{zd:15}^1$ , zd =1..65 años
salida = vectorc	
pinta ta	pinta $ta = A_{x:15}^1$
pinta tb	Pinta $tb = A_{x:15}$
pinta tc	pinta $tc = A_{x:15}^1$
pinta td	Pinta $td = A_{x:15}$
salida	Termina la ejecución .



Gráfica 4. Seguro dotal ,seguro temporal y la suma de un seguro dotal más un temporal.



Gráfica 5. Seguro Dotal mixto .

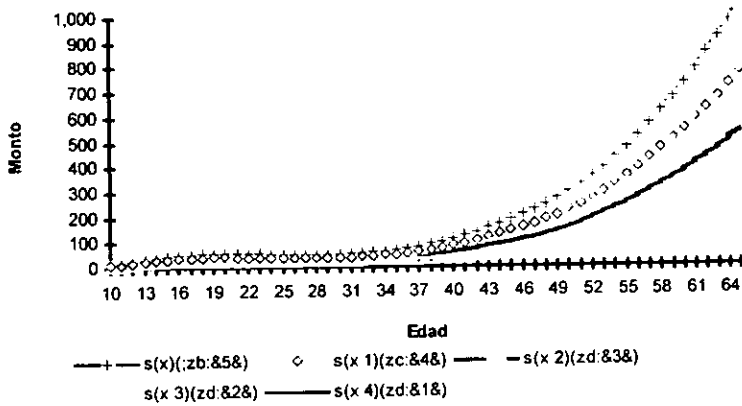
En las gráficas podemos observar que el valor presente de un seguro temporal mixto es igual al valor presente de un seguro temporal más el valor presente de un seguro dotal puro (ver apéndice 3).

#### EJEMPLO 4

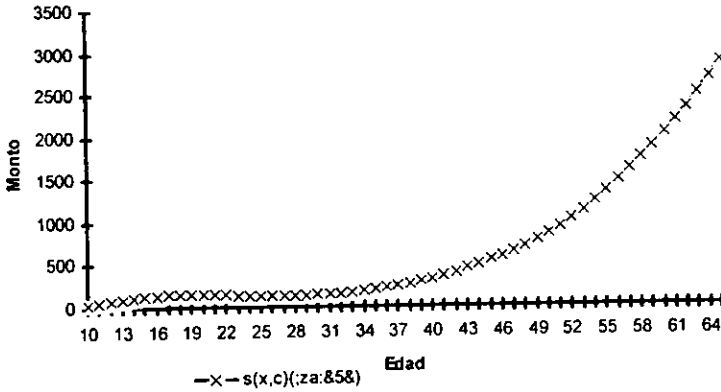
Cálculo para verificar que el valor presente de un seguro temporal a cinco años creciente es igual

$$a \quad S_{x:5} + \sum_{m=1}^4 m S_{x:5-m}$$

Código.	Descripción del código.
opcion = interés 20	tasa de interés del 10 %
eval (1,65) ta[za] = s(x c)(;za) * 10000	$ta = {}_1A_{z:a}$ , za= 1.. 65 años
eval (1,65) tb[zb] = s(x )(;zb:&5&)*10000	$tb = A_{z:b}$ , zb=1.. 65 años
eval (1 ,65 ) tc[zc] = s(x 1) ( zc :&4&)*10000	$tc = {}_1A_{z:c}$ , zc=1.. 65 años
eval (1 ,65 ) td[zd] = s(x 2) ( zd :&3&)*10000	$td = {}_2A_{z:d}$ , zd=1.. 65 años
eval (1 ,65 ) te[ze] = s(x 3) ( ze :&2&)*10000	$te = {}_3A_{z:e}$ , ze=1.. 65 años
eval (1 ,65 ) tf[zf] = s(x 4) ( zf :&1&)*10000	$tf = {}_1A_{z:f}$ , zf=1.. 65 años
eval (1 ,65 ) tg[zg] = tb[zb]+tc[zc]+td[zd]+te[ze]+tf[zf]	zg= 1..65 años
salida = vectore	Vectore archivo de salida
pinta ta	Pinta $ta = {}_1A_{x:5}$
pinta tb	Pinta $tb = A_{x:5}$
pinta tc	pinta $tc = {}_1A_{x:4}$
pinta td	pinta $td = {}_2A_{x:3}$
pinta te	pinta $te = {}_3A_{x:2}$
pinta tf	pinta $tf = {}_1A_{x:4}$
pinta tg	Pinta $S_{x:5} + \sum_{m=1}^4 m S_{x:5-m}$
fin	Termina la ejecución
Salida	



Gráfica 6. Seguro Diferidos.



Gráfica 7. Seguro Creciente.

A pesar de que el traductor solo permite incrementos seguros crecientes en una anualidad con este ejemplo mostramos que se pueden calcular seguros crecientes en más de una anualidad como suma de seguros diferidos (ver apéndice 3).

## Conclusiones

Con los ejemplos se ha demostrado que se pueden hacer los cálculos más elementales e importantes del cálculo actuarial.

El interprete es una herramienta que permite evaluar de manera rápida un buen número de anualidades y seguros; Además de manejar de manera integral la estimación de tablas de mortalidad evitando el uso de tablas actuariales.

El interprete carece de una rutina que presente gráficos así como de una nomenclatura de variables más amigable; sin duda estos dos aspectos son importantes pero fueron sacrificados con la intención de concluir la parte fundamental del proyecto.

En la actualidad existen generadores de analizadores sintácticos sin embargo se considero que la gramática definida es pequeña y sencilla por lo que se opto por construir las funciones para realizara el análisis sintáctico.

En la parte de programación se trato de construir programas estructurados y comentados adecuadamente.

Aunque al interprete le faltan elementos para hacer un análisis de sensibilidad completo considero que es un buen inicio.

En el presente trabajo no se profundizo en los conceptos de Cálculo actuarial por no ser el objetivo de este, sin embargo se presentaron los conceptos básicos.

Aunque el interprete solo evalúa expresiones propias del Cálculo actuarial para el ramo de vida ; se reconoce la gran importancia de las demás ramas del Cálculo actuarial.

Finalmente si el interprete permitiera a un alumno invertir un poco del tiempo que dedica a realizar cálculos para la evaluación de anualidades ,seguros ,reservas y construcción de tablas en la comprensión de los conceptos actuariales habrá cumplido con demasia su objetivo.



## Apéndice 1.

### Sintaxis.

Sintaxis de las proposiciones anualidad, seguro, calct, cale, entrada, salida, pinta, leer ,opción y mueve.

- < **anualidad** > = "A" "(" < *parámetros* > ")" < *grupo* >
- < *parámetros* > = < *clavea1* > < *clavea2* > < *clavea3* >
- < *clavea1* > = "A" |  $\lambda$
- < *clavea2* > = "C" |  $\lambda$
- < *clavea3* > = < *V\_entero* > |  $\lambda$
- < *grupo* > = "(" < *especifica* > ";" < *conjuntos* > ")"
- < *especifica* > = "[" < *entero* > "]" | "< < *entero* > ">" |  $\lambda$
- < *conjuntos* > = < *conjunto* > | < *conjunto* > ":" < *conjuntos* > |  $\lambda$ .
- < *conjunto* > = < *grupo* > | < *alfa* >
- < *alfa* > = < *expr\_simple* > | "\$" < *expr\_simple* > "\$"
- < *V\_entero* > = < *entero* > | < *variable* >
- < *entero* > = número entero positivo.
- < *variable* > = ZA | ZB..... | ZZ | za | zb ..zz
- < **seguro** > = "S" "(" < *parámetro* > ")" < *grupo* >
- < *parámetro* > = < *claves1* > < *claves2* > < *claves3* > | < *clave4* >
- < *claves1* > = "X" |  $\lambda$
- < *claves2* > = "C" |  $\lambda$
- < *claves3* > = < *v\_entero* > |  $\lambda$
- < *clave4* > = "N"

< grupo > = "(" < especifica > ";" < conjuntos > ")"  
 < especifica > = "[" < entero > "]" | "<" < entero > ">" | λ  
 < conjuntos > = < conjunto > | < conjunto > ":" < conjuntos > | λ  
 < conjunto > = < grupo > | < alfa >  
 < alfa > = < expr\_simple > | "\$" < expr\_simple > "\$"  
 <V\_entero> = < entero > | < variable >  
 < entero > = número entero positivo.  
 < variable > = ZA | ZB..... | ZZ | za | zb ..zz  
  
 < calt > = "CALT" "(" < método > ";" < archivo > ")"  
 < método > = "U" | "CHH" | "CHM" | "S" | < anual > | < porcentual >  
 < anual > = "A" ";" < binicial > ";" < entero > ";" < entero >  
 < binicial > = 0 | 1  
 < porcentual > = "CHP" ";" < porcentaje > ";" < porcentaje >  
 < porcentaje > = < entero >  
 < entero > = números enteros positivos.  
 < Archivo > = < cadena de caracteres > / λ  
 < cadena de caracteres > = <carácter > <cadena de caracteres > | λ  
 <carácter > = a | b | . | z | A | ... | Z  
  
 < cale > = "cale" < destino > "=" < expr >  
 < expr > = < expr simple > < Rexpr >  
 < Rexpr > = < oper relación > < expr simple > | λ

< oper relación > = " <= " | "<" | ">" | "<" | ">" | "=" | ">="

< expr simple > = < signo > < termino > < Rexpr simple >

< signo > = "+" | "-" | λ

< Rexpr simple > = < opsuma > < termino > < Rexpr simple > | λ

< opsuma > = "+" | "-" | λ

< termino > = < factor > < Rtermino >

< Rtermino > = < opmult > < primario > < Rtermino > | λ

< opmult > = "\*" | "/"

< primario > = < tabla > | < v\_entero > | < anualidad > | < seguro >

< v\_entero > = < variable > | < entero >

< variable > = za | zb |.. | zz| ZA |ZB |..|ZZ

< destino > = < tabla > | < variable >

< tabla > = < arre > < index >

< arre > = ta | tb |.. | tz |TA|TB|..|TZ

< index > = "[^" < v\_entero > "]" | λ

< entero > = número entero positivo.

< entrada > = " entrada " "=" < cadena de caracteres >

< cadena de caracteres > = <carácter> <cadena de caracteres> | λ

<carácter> = a | b |..|z |A|...|Z

< salida > = " salida " "=" < cadena de caracteres >

< cadena de caracteres > = <carácter> <cadena de caracteres> | λ

<carácter> = a | b |..|z |A|...|Z

**pinta** > = " pinta " " = " < destino >  
 < destino > = < tabla > | < variable >  
 < variable > = za | zb |.. | zz| ZA | ZB|..| ZZ  
 < tabla > = < arre > < index >  
 < arre > = ta | tb |.. | tz |TA | TB|..| TZ  
 < index > = "[^" < v\_entero > "]" | λ  
 < v\_entero > = < variable > | < entero >  
 < entero > = número entero positivo.  
 < leer > = " leer " " = " < destino >  
 < destino > = < tabla > | < variable >  
 < variable > = za | zb |.. | zz| ZA | ZB|..| ZZ  
 < tabla > = < arre > < index >  
 < arre > = ta | tb |.. | tz |TA | TB|..| TZ  
 < index > = "[^" < v\_entero > "]" | λ  
 < v\_entero > = < variable > | < entero >  
 < entero > = número entero positivo.  
 < opción > = " opción " " = "" interés " < real >  
 < real > = número real positivo.  
 < eval > = "eval" "(" " " " <v\_entero > "," <v\_entero > ")" <tabla > "=" <expr >  
 <v\_entero > = <variable > | <entero >  
 < variable > = za | zb |.. | zz| ZA | ZB|..| ZZ  
 < tabla > = < arre > < index >

< are > = ta | tb |.. | tz |TA | TBI..| TZ

< index > = "[^" < v\_entero > "]" | λ

< v\_entero > = < variable > | < entero >

< entero > = número entero positivo

< mueve > = "mueve " < tabla1 > " (" < lim1 > ", " < lim2 > ", " < numele > ")" "=" < tabla2 >

< lim1 > = < entero >

< lim2 > = < entero >

< entero > = número entero positivo

< tabla1 > = < tabla >

< tabla2 > = < tabla >

< tabla > = < arre > < index >

< are > = ta | tb |.. | tz |TA | TBI..| TZ

< index > = "[^" < v\_entero > "]" | λ

< v\_entero > = < variable > | < entero >

## Apéndice 2.

### Módulos del Traductor.

El código para el traductor se organizo en ocho módulos, la ejecución inicia en el modulo **TOTAL.PAS** donde se llama a los módulos .

- global :** Declaración de variables globales.
- Gramta :** Análisis semántico, sintáctico y registra en el arreglo CODIGO el método por el que se construirá la tabla.(CALCT).
- Calcta :** Ejecuta la construcción de la tabla de mortalidad utilizando el método identificado en el modulo gramta.
- Anual** Análisis semántico , sintáctico, registro en el arreglo CODIGO de la anualidad identificada y cálculo del valor presente de la anualidad.(Anualidad).
- Seg** Análisis semántico , sintáctico registro en el arreglo CODIGO del seguro identificado y cálculo del seguro.(Seguro).
- Operació** Análisis semántico , sintáctico y registro en el arreglo CODIGO de la operación identificada (CALE ).
- Evalc** realiza las operaciones aritméticas indicadas en la proposición CALE

### Apéndice 3.

Resultados de las ejecuciones del interprete mostradas en el capítulo 4.

**Ejemplo 1.** Evaluación de un seguro y una Anualidad.

Costo de un seguro temporal a diez años con suma asegurada de 10,000 y de una anualidad de 10,000 temporal a diez años para las personas entre 1 y 85 años (capítulo 4 gráfica 1 y 2 )

Edad	Seguro	Anualidad
1	38.8969	61,237.275
2	35.7291	61,251.474
3	32.2944	61,272.912
4	29.5370	61,295.922
5	28.3192	61,314.573
6	29.0036	61,325.689
7	31.6661	61,327.271
8	36.5698	61,316.432
9	43.3120	61,294.462
10	51.7776	61,260.259
11	62.7556	61,206.288
12	73.7096	61,149.508
13	84.0363	61,093.047
14	93.1898	61,040.584
15	100.7710	60,994.953
16	106.2633	60,958.268
17	110.0334	60,930.412
18	112.0423	60,912.567
19	112.4892	60,904.472
20	111.7983	60,904.174
21	110.5601	60,909.112
22	108.8184	60,919.189
23	107.0743	60,931.262
24	105.6150	60,943.779
25	104.7989	60,954.815
26	105.6675	60,956.918
27	107.8761	60,953.168
28	111.4620	60,942.799
29	116.5642	60,925.552
30	123.2544	60,901.107
31	131.2177	60,871.394
32	140.8717	60,834.723

Edad	Seguro	Anualidad
33	152.4105	60,789.855
34	165.9856	60,736.043
35	181.6610	60,673.129
36	199.9636	60,599.143
37	220.4849	60,515.112
38	243.5439	60,418.521
39	269.0556	60,310.184
40	296.9724	60,189.683
41	327.2448	60,055.360
42	360.0685	59,909.282
43	395.7933	59,750.604
44	434.5823	59,578.999
45	476.7073	59,393.913
46	522.0632	59,198.903
47	571.3698	58,987.700
48	625.1024	58,757.506
49	683.4600	58,506.695
50	747.0930	58,230.391
51	817.4386	57,918.921
52	893.3263	57,577.835
53	974.4200	57,208.605
54	1,060.6239	56,811.005
55	1,151.5776	56,386.772
56	1,245.7841	55,942.964
57	1,344.5526	55,475.505
58	1,447.9077	54,985.415
59	1,556.1949	54,471.744
60	1,669.8023	53,933.617
61	1,788.9350	53,373.438
62	1,914.3689	52,784.048
63	2,046.6251	52,161.676
64	2,186.3927	51,501.558
65	2,334.2736	50,797.965
66	2,495.5226	50,030.552
67	2,664.2008	49,208.584
68	2,839.9120	48,331.422
69	3,022.3108	47,399.875
70	3,212.3718	46,415.221
71	3,403.3802	45,391.018
72	3,598.1213	44,325.290



Edad	Seguro	Anualidad
73	3,795.8669	43,221.718
74	3,995.5575	42,087.254
75	4,196.0908	40,927.508
76	4,388.2416	39,822.799
77	4,581.2665	38,694.007
78	4,774.4971	37,542.066
79	4,966.6760	36,374.460
80	5,152.2544	35,239.941

**Ejemplo 2. Prima neta nivelada y prima Natural.**

Calculó de la prima neta nivelada y prima natural para un seguro contratado a edad 30 temporal a 10 años.(capitulo 4 gráfica 3).

Edad	Prima Nivelada	Prima Natural
30	18.361	15.127
31	18.361	15.535
32	18.361	16.042
33	18.361	16.744
34	18.361	17.739
35	18.361	18.837
36	18.361	20.424
37	18.361	22.023
38	18.361	24.118
39	18.361	26.523

Valores de la reserva a lo largo de 10 años.(capitulo 4 gráfica 4)

Año	Reserva
1	3.56421
2	7.04126
3	10.31459
4	13.14910
5	15.17796
6	16.20669
7	15.59307
8	13.15685
9	8.16145
10	0.00000

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

**Ejemplo 3. Seguro dotal mixto, seguro dotal y seguro temporal.**

Calculó del valor presente de un seguro dotal mixto, un seguro dotal y un seguro temporal a 15 años para las edades entre 1 a 65 años todos con suma asegurada de 100,000. (capitulo 4 gráfica 4 y 5)

Edad	Dotal	Temporal	Dotal mixto
1	18.570.805	345.636	18.916.441
2	18.573.565	328.654	18.902.219
3	18.573.081	307.337	18.880.418
4	18.567.828	289.164	18.856.991
5	18.557.039	281.181	18.838.220
6	18.540.518	286.801	18.827.319
7	18.518.832	307.523	18.826.354
8	18.492.746	345.697	18.838.443
9	18.464.168	397.899	18.862.067
10	18.433.480	465.025	18.898.504
11	18.400.135	556.504	18.956.639
12	18.369.610	648.111	19.017.722
13	18.343.030	735.433	19.078.463
14	18.322.862	812.044	19.134.906
15	18.308.140	875.634	19.183.775
16	18.298.676	924.404	19.223.080
17	18.293.531	959.502	19.253.033
18	18.292.147	980.200	19.272.347
19	18.293.007	988.268	19.281.275
20	18.295.179	986.833	19.282.012
21	18.297.528	979.716	19.277.244
22	18.297.528	979.716	19.277.244
22	18.299.477	967.440	19.266.917
23	18.299.490	954.927	19.254.417
24	18.296.978	944.408	19.241.386
25	18.290.569	939.251	19.229.820
26	18.278.520	949.631	19.228.152
27	18.261.167	971.699	19.232.867
28	18.238.088	1,006.820	19.244.908
29	18.209.445	1,055.126	19.264.572
30	18.174.219	1,117.942	19.292.160
31	18.132.742	1,192.873	19.325.615
32	18.084.189	1,282.563	19.366.752

Edad	Dotal	Temporal	Dotal mixto
33	18.027.917	1.389.018	19.416.935
34	17.962.274	1.514.701	19.476.974
35	17.888.558	1.658.632	19.547.190
36	17.806.490	1.822.965	19.629.456
37	17.716.137	2.006.405	19.722.542
38	17.617.396	2.211.894	19.829.289
39	17.512.095	2.436.600	19.948.695
40	17.397.457	2.683.563	20.081.020
41	17.271.680	2.957.005	20.228.686
42	17.134.640	3.254.934	20.389.574
43	16.985.000	3.579.656	20.564.656
44	16.820.521	3.933.832	20.754.353
45	16.641.934	4.317.499	20.959.433
46	16.449.562	4.725.824	21.175.386
47	16.241.698	5.167.303	21.409.002
48	16.017.658	5.645.480	21.663.139
49	15.776.176	6.163.203	21.939.379
50	15.517.897	6.725.267	22.243.164
51	15.241.478	7.343.606	22.585.084
52	14.949.375	8.009.624	22.958.999
53	14.642.872	8.720.434	23.363.306
54	14.325.242	9.473.102	23.798.344
55	13.993.380	10.268.522	24.261.902
56	13.648.035	11.098.846	24.746.881
57	13.287.223	11.970.742	25.257.965
58	12.909.891	12.884.222	25.794.113
59	12.513.251	13.843.194	26.356.445
60	12.098.251	14.847.834	26.946.085
61	11.665.336	15.894.296	27.559.632
62	11.212.692	16.991.961	28.204.653
63	10.740.385	18.144.608	28.884.993
64	10.233.630	19.371.834	29.605.463
65	9.715.371	20.658.988	30.374.359

**Ejemplo 4. Seguro temporal creciente.**

comprobaremos que el valor presente de un seguro temporal a cinco años creciente es igual a

$$s_{x:\overline{5}|} + \sum_{m=1}^4 m s_{x:\overline{5-m}|} \text{ (capítulo 4 gráficas 6 y 7)}$$

Edad	s(x)(:zb:&5&)	s(x 1)(zc:&4&)	s(x 2)(zd:&3&)	s(x 3)(ze:&2&)	s(x 4)(zf:&1&)	ta+tb+tc+td+te+tf
10	12.554	11.359	9.439	6.831	3.621	43.804
11	18.201	15.897	12.767	8.915	4.569	60.349
12	24.475	20.718	16.094	10.877	5.393	77.558
12	24.475	20.718	16.094	10.877	5.393	77.558
13	31.052	25.500	19.237	12.653	6.178	94.620
14	37.462	29.941	22.036	14.261	6.842	110.542
15	43.264	33.769	24.430	15.520	7.302	124.284
16	48.127	36.908	26.203	16.330	7.558	135.125
17	52.124	39.260	27.398	16.857	7.775	143.414
18	54.972	40.715	28.046	17.131	7.787	148.652
19	56.659	41.431	28.310	17.078	7.717	151.195
20	57.373	41.600	28.096	16.843	7.565	151.476
21	57.052	40.817	27.288	16.134	7.038	148.329
22	55.878	39.611	26.200	15.264	6.802	143.754
23	54.232	38.107	24.958	14.784	6.606	138.686
24	52.310	36.501	24.268	14.435	6.493	134.006
25	50.347	35.640	23.818	14.270	6.463	130.538
26	49.486	35.276	23.797	14.413	6.643	129.614
27	49.226	35.427	24.147	14.808	6.823	130.431
28	49.628	36.070	24.844	15.246	7.045	132.833
29	50.706	37.213	25.677	15.820	7.352	136.769
30	52.516	38.650	26.802	16.624	7.787	142.379
31	54.723	40.483	28.249	17.627	8.267	149.349
32	57.623	42.917	30.149	18.897	8.960	158.546
33	61.248	45.899	32.373	20.428	9.657	169.606
34	65.750	49.489	35.128	22.179	10.570	183.117
35	71.118	53.852	38.282	24.323	11.615	199.190
36	77.465	58.743	41.958	26.676	12.709	217.550
37	84.760	64.572	46.193	29.395	14.110	239.031
38	93.324	71.216	51.009	32.622	15.649	263.819
39	103.058	78.745	56.622	36.200	17.372	291.997
40	114.052	87.427	62.849	40.189	19.282	323.799
41	126.891	97.303	70.023	44.854	21.642	360.713

Edad	s(x)(;zb:&5&)	s(x 1)(zc:&4&)	s(x 2)(zd:&3&)	s(x 3)(zd:&2&)	s(x 4)(zd:&1&)	ta+tb+tc+td+te+tf
42	141.031	108.179	77.868	49.915	23.852	400.845
43	156.503	119.987	86.310	54.910	26.175	443.885
44	173.322	132.731	94.886	60.252	28.704	489.896
45	191.328	145.691	103.927	65.884	31.270	538.099
46	209.452	159.058	113.155	71.391	33.660	586.716
47	228.841	173.422	122.999	77.447	36.809	639.518
48	249.924	189.012	133.983	84.891	40.424	698.235
49	272.871	206.350	147.007	93.254	44.387	763.869
50	298.417	226.631	161.609	102.497	48.804	837.957
51	328.241	249.536	177.985	112.994	53.920	922.676
52	361.377	274.698	195.964	124.401	59.079	1.015.519
53	397.731	302.257	215.478	136.268	64.628	1.116.362
54	437.370	332.028	235.875	148.910	70.457	1.224.639
55	480.135	363.274	257.581	162.232	76.601	1.339.823
56	525.428	396.792	280.746	176.527	83.299	1.462.791
57	573.570	432.132	305.108	191.480	89.954	1.592.244
58	624.360	469.300	330.592	206.658	96.849	1.727.760
59	677.811	508.206	356.665	222.396	103.974	1.869.052
60	733.840	548.213	383.742	238.683	111.323	2.015.800
61	791.151	589.290	411.253	254.939	118.308	2.164.941
62	851.276	632.329	440.095	272.068	126.574	2.322.342
63	914.674	677.769	470.696	291.392	135.405	2.489.937
64	982.005	726.247	504.786	312.125	144.884	2.670.047
65	1.054.193	780.026	541.512	334.469	155.103	2.865.303

Edad	s(x,c)(;zn:&5&)
10	43.804
11	60.349
12	77.558
13	94.620
14	110.542
15	124.284
16	135.125
17	143.414
18	148.652
19	151.195
20	151.476
21	148.329
22	143.754

Edad	s(x,c)(:za:&5&)
23	138.686
24	134.006
25	130.538
26	129.614
27	130.431
28	132.833
29	136.769
30	142.379
31	149.349
32	158.546
33	169.606
34	183.117
35	199.190
36	217.550
37	239.031
38	263.819
39	291.997
40	323.799
41	360.713
42	400.845
43	443.885
44	489.896
45	538.099
46	586.716
47	639.518
48	698.235
49	763.869
50	837.957
51	922.676
52	1,015.519
53	1,116.362
54	1,224.639
55	1,339.823
56	1,462.791
57	1,592.244
58	1,727.760
59	1,869.052
60	2,015.800
61	2,164.941
62	2,322.342
63	2,489.937

## **BIBLIOGRAFIA.**

- A1** Alfred V. Aho, Ravi Sethi, Jeffrey D. Ullman; Compiladores, Addison Wesley. 1986
- C1** Corona Vázquez Rodolfo; El comportamiento de la mortalidad en México por entidad federativa. Universidad Nacional Autónoma de México.
- G1** García García Javier ; Diseño de un lenguaje Orientado a Resolver Problemas Estadísticos; Tesis de Licenciatura de Actuario ,UNAM ; 1983
- J1.** Jordan; Life Contingencies ; society of Actuaries Textbook. 1982
- J2.** José González Gale ; Elementos de Cálculo Actuarial
- M1** Magge ;El Seguro de Vida; UTEHA 1964.
- M2** Mortimer Spiegelman ;Introducción a la demografía, Fondo de Cultura Económica.
- R1** Regina C. Elandt-Johnson. Norman L. Johnson.; Survival Models and Data Analysis; John Wiley 1980
- T1** Turbo Pascal Reference Manual ,Scotts Valley , Borland International ; 1985