

$$g(\underline{X}) = E[\mu(\Theta) / \underline{X}] \quad (2.4.8)$$

Bühlmann estima la prima restringiendo la función $g(\underline{X})$ a un conjunto de funciones lineales de tal forma que se tiene:

$$g(\underline{X}) = c_0 + c_1 X_1 + \dots + c_t X_t \quad (2.4.9)$$

Minimizando el *ECM*, se pretende encontrar la función que estime mejor la prima de riesgo que se desea, por lo tanto se minimizará

$$E\left[\left\{\mu(\Theta) - g(X_1, \dots, X_t)\right\}^2\right]$$

considerando el conjunto de funciones lineales.

El objetivo es encontrar las c'_i s para obtener la combinación lineal de las \mathbf{X}'_i s o experiencia de la cartera más la constante, de aquí se deriva lo siguiente:

$$\begin{aligned} \underset{c_0, \dots, c_t}{\text{Mín}} E\left[\left\{\mu(\Theta) - g(X_1, \dots, X_t)\right\}^2\right] &= \underset{c_0, \dots, c_t}{\text{Mín}} E\left[\left\{\mu(\Theta) - c_0 - c_1 X_1 - \dots - c_t X_t\right\}^2\right] \\ &= \underset{c_0, \dots, c_t}{\text{Mín}} E\left[\left\{\mu(\Theta) - c_0 - \sum_{i=1}^t c_i X_i\right\}^2\right] \end{aligned} \quad (2.4.10)$$

El problema será obtener el mínimo en relación a cada uno de los coeficientes de \mathbf{X}_i , mediante la teoría del cálculo diferencial e integral, bajo condiciones de regularidad, es conocido que se pueden obtener valores mínimos de las variables utilizando las derivadas de las funciones e igualándolas a cero, por lo que si se deriva la última expresión respecto a c_0 se tiene:

$$\frac{d}{dc_0} E \left[\left\{ \mu(\Theta) - c_0 - \sum_{i=1}^t c_i X_i \right\}^2 \right] = 2E \left[\mu(\Theta) - c_0 - \sum_{i=1}^t c_i X_i \right] \quad (2.4.11)$$

Igualando a cero se observa que:

$$2E \left[\mu(\Theta) - c_0 - \sum_{i=1}^t c_i X_i \right] = 0 \quad (2.4.12)$$

$$E \left[\mu(\Theta) - c_0 - \sum_{i=1}^t c_i X_i \right] = 0 \Rightarrow c_0 = E[\mu(\Theta)] - E \left[\sum_{i=1}^t c_i X_i \right] = m - \sum_{i=1}^t c_i m \quad (2.4.13)$$

Sustituyendo c_0 , ahora será necesario minimizar:

$$\underset{c_0, \dots, c_t}{\text{Mín}} E \left[\left\{ \mu(\Theta) - m - \sum_{i=1}^t c_i X_i \right\}^2 \right] \quad (2.4.14)$$

Entonces conviene generalizar el proceso de la siguiente manera: derivando respecto a c_r para alguna $r = 1, 2, \dots, t$ e igualando a cero se obtiene:

$$E \left[\left\{ \mu(\Theta) - m - \sum_{i=1}^t c_i (X_i - m) \right\} \{ (X_r - m) \} \right] = 0 \quad (2.4.15)$$

$$E \left[\left\{ (\mu(\Theta) - m)(X_r - m) - \sum_{i=1}^t c_i (X_i - m)(X_r - m) \right\} \right] = 0 \quad (2.4.16)$$

Se deduce que:

$$E[(\mu(\Theta) - m)(X_r - m)] = E \left[\sum_{i=1}^t c_i (X_i - m)(X_r - m) \right] \quad (2.4.17)$$

$$\Rightarrow \text{Cov}[\mu(\Theta), X_r] = \sum_{i=1}^t c_i \text{Cov}[X_i, X_r] \quad (2.4.18)$$

Sean X_1, X_2, \dots, X_t variables aleatorias condicionalmente independientes. Si es conocido el parámetro de riesgo ($\Theta = \theta$), con esperanza $\mu(\theta)$ y varianza $\sigma^2(\theta)$ condicionales, entonces:

$$(a) \text{Cov}[X_r, X_{r'}] = a + \delta_{rr'} s^2 \quad (2.4.19)$$

para $r, r' = 1, 2, \dots, t$, donde δ es la δ de Kronecker.

$$(b) \text{Cov}[\mu(\theta), X_r] = a \quad (2.4.20)$$

Por (2.4.19) se tiene:

$$a = \sum_{i=1}^t c_i \text{Cov}[X_i, X_r] = \sum_{i=1}^t c_i (a + \delta_{irs^2}) \quad (2.4.21)$$

para $i = r$ se optimiza:

$$a = a \sum_{i=1}^t c_i + c_{rs^2} = c_i at + s^2 c_i = c_i (at + s^2) \quad (2.4.22)$$

$$\Rightarrow c_i = \frac{a}{at + s^2} = c_0 = c_1 = \dots = c_t \quad (2.4.23)$$

Se pudo realizar esta simplificación, dado que $\forall r = 1, \dots, t$ se tiene la misma derivada con respecto a c_1, c_2, \dots, c_t , es decir, existe un sistema de ecuaciones simétrico.

Se puede reexpresar la función óptima en términos del promedio ponderado de la esperanza del riesgo individual y la esperanza de los siniestros de toda la cartera de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 g(\underline{X}) &= c_0 + \sum_{i=1}^t c_i X_i = \left(1 - \frac{at}{at + s^2}\right)m + \left(\frac{a}{at + s^2}\right) \sum_{i=1}^t X_i \\
 &= \left(1 - \frac{at}{at + s^2}\right)m + \left(\frac{at}{at + s^2}\right) \sum_{i=1}^t \frac{X_i}{t} \\
 &= (1 - z)m + z\bar{X}
 \end{aligned} \tag{2.4.24}$$

Con la fórmula se obtiene el factor de credibilidad propuesto por Bühlmann, establecido como

$$z = \frac{at}{s^2 + at} \tag{2.4.25}$$

$$\text{con } \bar{X} = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t X_i \tag{2.4.26}$$

Mediante la fórmula (2.4.25) se determina el factor de credibilidad de acuerdo al método de Bühlmann.

C.1.1. Variables del factor de credibilidad „z”: Bühlmann14

De acuerdo con las ecuaciones (2.4.24), (2.4.25) y (2.4.26) se requiere conocer las variables m , a y s^2 mismas que son desconocidas, sin embargo, dichos términos pueden ser sustituidos por estimadores. El modelo considera que si la cartera consta de k pólizas o conglomerados, se cuenta con los montos reclamados por cada uno de ellos en los últimos t períodos, esto es:

Conglomerado		1	2	...	j	...	k
Variable estructural		Θ_1	Θ_2	...	Θ_j	...	Θ_k
Período de Observación	1	X_{11}	X_{21}	...	X_{j1}	...	X_{k1}
	2	X_{12}	X_{22}	...	X_{j2}	...	X_{k2}
	\vdots	\vdots	\vdots		\vdots		\vdots
	t	X_{1t}	X_{2t}	...	X_{jt}	...	X_{kt}

Tabla C.1. Observación de las conglomerados en el tiempo [7]

Al conglomerado j , le corresponde un vector aleatorio $(\underline{X}_j) = (X_{j1}, X_{j2}, \dots, X_{jt})$, donde X_{jt} representa la reclamación del j -ésimo conglomerado, en el momento t , y un parámetro de riesgo Θ .

Ahora bien se parte del supuesto de que las k pólizas son independientes e idénticamente distribuidas, que conocido el parámetro $\Theta_j = \theta_j$, las variables $X_{j1}, X_{j2}, \dots, X_{jt}$ son condicionalmente independientes e idénticamente distribuidas. Se hace énfasis que la cartera no es homogénea debido a los diferentes parámetros de riesgo a los que se encuentran expuestas las pólizas. Será necesario estimar las primas que se deben cobrar al asegurado, una vez conocida la clase de riesgo al que se encuentra expuesto $\mu(\Theta_j)$. Sin embargo, se desconoce la distribución del parámetro de riesgo, será necesario estimar cada uno de los parámetros que definen las ecuaciones (2.4.24), (2.4.25) y (2.4.26). De acuerdo con la *Sección a)* se determina que los mejores estimadores son:

$$\hat{\mu}(\Theta) = M_{j^a} = (1 - z)m + zM_j \quad (2.4.27)$$

donde:

$$M_{j^a} = \overline{X}_j = \frac{1}{t} \sum_{r=1}^t X_{j^r} \quad (2.4.28)$$

$$z = \frac{at}{s^2 + at} \quad (2.4.29)$$

El estimador de la prima involucra la prima correspondiente a toda la cartera m y el factor de credibilidad z , para el cual es necesario conocer tanto la heterogeneidad inducida por toda la cartera a , como la variación de la siniestralidad dentro de cada conglomerado sujeta al mismo riesgo s^2 , siendo estas variables desconocidas y los montos de los siniestros de los conglomerados condicionalmente independientes e idénticamente distribuidos. Por lo anterior es posible estimarlos insesgadamente, obteniendo como estimadores los siguientes:

$$\hat{m} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \overline{X_j} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \sum_{r=1}^t \frac{X_{jr}}{t} \quad (2.4.30)$$

$$\hat{s}^2 = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \left(\frac{1}{t-1} \right) \sum_{r=1}^t (X_{jr} - M_j)^2 = \frac{1}{k(t-1)} \sum_{j=1}^k \sum_{r=1}^t (X_{jr} - M_j)^2 \quad (2.4.31)$$

donde:

$$M_j = \frac{1}{t} \sum_{r=1}^t X_{jr} \quad (2.4.32)$$

$$\hat{a} = \frac{1}{k-1} \sum_{j=1}^k (M_j - \hat{m})^2 - \frac{1}{t} \hat{s}^2 \quad (2.4.33)$$

C.2. Modelo Bühlmann-Straub

Un portafolio de seguros generales es posible subdividirlo en grupos de riesgo que posean el mismo valor del parámetro (Θ_j). Se tomará para cada periodo de tiempo la suma ponderada de todos los individuos en los conglomerados sujetos a ese parámetro de riesgo conformados en grupos de riesgo. Los grupos de riesgo se determinan por algún factor de agrupación que disponga el actuario o que por estudios estadísticos (muchas veces multivariante) tenga más peso para el actuario.

Se utilizan ponderadores naturales por número de expuestos, se define un nuevo conglomerado Y_{jr} como el promedio ponderado de individuos en el conglomerado sujeto a un mismo parámetro de riesgo X_{jr} , es decir:

$$Y_{jr} = \frac{1}{w_j} \sum_{i \in T_j} X_{ir} \quad (2.5.1)$$

donde

T_j representa el grupo de **individuos** (seleccionados por el factor) en el conglomerado sujetos al j -ésimo riesgo.

X_{ir} Para i en T_j , representa la i -ésimo **individuo** sujeto al riesgo j en el momento r .

Y_{jr} Nueva variable ponderada que concentra al conjunto de reclamaciones de los grupos de individuos en los conglomerados que se encuentran sujetos al riesgo j ., durante el r -ésimo período. A partir de ahora cada conglomerado $j=1, \dots, k$ será el promedio de un grupo de individuos sujetos al mismo riesgo que conforman los conglomerados.

w_j es el ponderador de los nuevos contratos Y_j y generalmente coincide con el número de expuestos de los grupos creados. Sin embargo este modelo sugiere que todos los grupos de individuos tienen el mismo peso a lo largo del tiempo debido a que para los diferentes periodos se utiliza el mismo ponderador w_j .

No obstante se crea un ponderador que cambie en el tiempo, de esta manera en vez de tener un solo ponderador w_j para los conglomerados sujetos al riesgo j en cualquier momento, habrá ponderadores que tomen en cuenta que el grupo j puede cambiar de tamaño en el tiempo y por lo tanto dependerá del periodo estudiado $w_{j1}, w_{j2}, \dots, w_{jt}$.

Bajo estas condiciones los supuestos del modelo de Bühlmann-Straub se traducen como sigue:

- 1) Cada conglomerado $j=1, \dots, k$ es el promedio de un grupo de individuos sujetos a un riesgo similar en los conglomerados.
- 2) Se supone que todos los contratos Y_j , tienen el mismo monto esperado de la reclamación, el cual es función del parámetro de riesgo, es decir:

$$E[Y_{jq} / \Theta_j] = \mu(\Theta_j) \quad (2.5.2)$$

Para $j=1, \dots, k$ $q=1, \dots, t$ (periodo de tiempo)

3) Excluyendo el ponderador w_{jr} la varianza de todas los conglomerados Y_j , una vez conocido el riesgo, también es la misma:

$$\text{Var}[Y_{jr} / \Theta_j] = \frac{\sigma^2(\Theta_j)}{w_{jr}} \quad (2.5.3)$$

Para $j=1, \dots, k$, $r=1, \dots, t$

4) Para cada conglomerado j , la covarianza entre las observaciones en diferentes períodos de tiempo es nula, condicionado al factor de riesgo:

$$\text{Cov}[Y_{jr}, Y_{jq} / \Theta_j] = 0 \quad (2.5.4)$$

Para $j=1, \dots, k$, $r, q=1, \dots, t$ $r \neq q$

5) Cada conglomerado j , se puede ver como un vector que consta de un parámetro estructural Θ_j y observaciones $Y_{j1}, Y_{j2}, \dots, Y_{jt}$, es decir cada conglomerado puede verse de la forma $(\Theta_j, Y_{j1}, Y_{j2}, \dots, Y_{jt}) = (\Theta_j, \underline{Y}_j)$. Este supuesto indica que los conglomerados $j=1, \dots, k$ expresados como $(\Theta_j, \underline{Y}_j)$ son independientes.

Aún más, supone que las observaciones Y_{jr} tienen varianza finita:

$$\text{Var}[Y_{jr}] < \infty$$

6) Las variables $\theta_1, \dots, \theta_k$ son idénticamente distribuidas.

Se considerará \mathbf{X}_{jr} como el promedio de conglomerados sujetos al mismo riesgo

Términos	Descripción
$W = \sum_{w=1}^k W_j = \sum_{j=1}^k \sum_{q=1}^t W_{jq}$	<p>Ponderador total de toda la cartera, que es la suma de los ponderadores existentes para los nuevos contratos (subdivididos por individuos que poseen el mismo valor del parámetro de riesgo) a lo largo del tiempo estudiado.</p>
$z_j = \frac{aw_j}{s^2 + aw_j}$	<p>Factor de credibilidad de Bühlmann-Straub para determinar la prima correspondiente a los individuos en los conglomerados que poseen el mismo valor del parámetro de riesgo Θ_j, ya que es el coeficiente que permite ponderar la experiencia particular de estos individuos con la prima teórica determinada en función de la experiencia global.</p>
$Z = \sum_{j=1}^k z_j$	<p>Factor credibilidad acumulado considerando el total de la cartera. Esto es igual a la suma de cada uno de los factores de credibilidad correspondientes a los individuos que se encuentran sujetos al mismo grupo de riesgo.</p>
$X_{jw} = \sum_{q=1}^t \frac{W_{jq}}{W_j} X_{jq}$	<p>Nueva variable que representa el promedio ponderado de todas las reclamaciones de individuos en los conglomerados sujetos al mismo grupo de riesgo j.</p>
$X_{ww} = \sum_{j=1}^k X_{jw}$	<p>Promedio ponderado de las reclamaciones realizadas por todos los conglomerados sin importar el grupo de riesgo o el periodo de reclamación, corresponde a la suma de los grupos de riesgo X_{jw}, obtenidos para cada factor j.</p>
$X_{zw} = \sum_{j=1}^k \frac{z_j}{Z} X_{jw}$	<p>Promedio ponderado de las reclamaciones realizadas por todos los conglomerados sin considerar el parámetro de riesgo Θ_j al que se encuentren expuestas, pero en este caso los ponderadores están en función de los factores de credibilidad.</p>

Tabla C.2. Términos del Modelo Bühlmann - Straub [7]

Una vez definidos los conceptos anteriores y bajo los supuestos establecidos, los estimadores lineales de Bühlmann-Straub para $\mu(\Theta_j)$ (prima a cobrar en el j -ésimo grupo de riesgo), pueden obtenerse al resolver el siguiente problema de minimización:

$$\underset{c_j, c_{jr}}{\text{Min}} E \left[\left\{ \mu(\Theta_j) - c_j - \sum_{i=1}^k \sum_{r=1}^t c_{jir} X_{ir} \right\}^2 \right] \tag{2.5.5}$$

El procedimiento de minimización es similar al realizado para obtener la prima a cobrar en el modelo de credibilidad original de Bühlmann, pero debido a la existencia de diferentes

factores de riesgo (parámetros de riesgo Θ_j para $j=1, \dots, k$, se toman en cuenta algunas relaciones de covarianza para la determinación de los estimadores de credibilidad, como los diferentes parámetros. Dichas relaciones son las siguientes:

$$1. \text{Cov}[\mu(\theta_j), X_{iq}] = \partial_{ij} a \quad (2.5.6)$$

$$2. \text{Cov}[X_{jq}, X_{ir}] = 0 \quad \text{Para } j \neq i \quad (2.5.7)$$

$$3. \text{Cov}[X_{jq}, X_{ir}] = \frac{a + \partial_{rq} s^2}{w_{jq}} \quad (2.5.8)$$

$$4. \text{Cov}[X_{jq}, X_{jw}] = \text{Cov}[X_{jw}, X_{jw}] = a + s^2 w_j \quad (2.5.9)$$

$$5. \text{Cov}[X_{jw}, X_{zw}] = \text{Cov}[X_{zw}, X_{zw}] = \frac{a}{z} \quad (2.5.10)$$

$$6. \text{Cov}[X_{jw}, X_{ww}] = \frac{s^2}{w} + \frac{aw_j}{w} \quad (2.5.11)$$

$$7. \text{Cov}[X_{ww}, X_{ww}] = \frac{s^2}{w} + a \sum_j \left(\frac{w_j}{w}\right)^2 \quad (2.5.11_{\text{bis}})$$

La resolución al sistema de minimización, tomando en cuenta las relaciones existentes entre los individuos de diferentes conglomerados, da como resultado que para una j determinada (grupo de riesgo), la prima que se cobra es:

$$M_{j^a} = (1 - z_j)m + z_j M_j \quad (2.5.12)$$

con:

$$M_j = X_{jw} \quad (2.5.13)$$

$$\text{y } z_j = \frac{aw_j}{s^2 + aw_j} \quad (2.5.14)$$

Esta ecuación indica que la prima de credibilidad es una combinación de la prima global obtenida para toda la cartera y la prima que le correspondería si únicamente se tomara en cuenta la experiencia presentada por los individuos expuestos al mismo parámetro de riesgo Θ_j o grupo de riesgo.

C.2.1. Variables del factor de credibilidad z : Bühlmann-Straub

El objetivo es calcular el estimador de la prima de credibilidad Bühlmann- Straub por lo que será necesario conocer la prima global obtenida para toda la cartera m , y el factor de credibilidad z_j , del cual implica conocer la **heterogeneidad** inducida por toda la cartera a , y la variación generada por cada grupo de riesgo s^2 . Estos parámetros son desconocidos y deben ser estimados. Dado que los montos de siniestros son condicionalmente independientes e idénticamente distribuidos, será posible estimarlos insesgadamente de la siguiente forma:

$$\hat{m} = M_0 = X_{zw} \tag{2.5.15}$$

$$\hat{s}^2 = \frac{1}{k(t-1)} \sum_{j,s} w_{js} (X_{js} - X_{jw})^2 \tag{2.5.16}$$

$$\hat{a} = \frac{w \left[\sum_j w_j (X_{jw} - X_{ww})^2 - (k-1) \hat{s}^2 \right]}{w^2 - \sum w_j^2} \tag{2.5.17}$$

La razón de utilizar X_{zw} en lugar de X_{ww} en la estimación de m , proviene de la minimización del error cuadrático medio (**ECM**), ya que ambos podrían ser utilizados. Otro posible estimador de a , se encuentra determinado por

$$\hat{a} = \frac{1}{(k-1)} \sum_{j=1}^k z_j (M_j - M_0)^2 \tag{2.5.18}$$

con:

$$M_j = X_{jw}$$

$$M_0 = X_{zw}$$

a y s^2 son medidas de heterogeneidad, es decir que s^2 mide las variaciones del riesgo a lo largo del tiempo, y a mide la heterogeneidad entre los grupos de riesgo.

C.3. Modelo Jerárquico de Jewell

El modelo anterior permite estimar las primas para diferentes grupos de riesgo, sin embargo existen varios factores adicionales, por ejemplo, dentro de cada grupo de riesgo existe características como edad, sexo, peso, altura, entre otros. Ante esta situación, se determina el número de periodos para los cuales se tiene información en cada **subportafolio** los cuales se representan por tpj , donde p indica el grupo de riesgo (1ª división) y $j=1, \dots, kp$ el segundo nivel según el factor seleccionado (sexo, edad, etc. Es de hacer notar que para la selección de estos factores se debe hacer un estudio multivariante, estos será discutido más adelante dentro del presente proyecto) dentro de cada sector. En este caso, en donde existen varios subportafolios y grupos de riesgo, se determina la prima por cada uno de los niveles de profundidad del modelo así como la prima global, por lo que el modelo a seguir cuando se presentan diferentes segmentos es una extensión del modelo con dos segmentos, por lo cual únicamente será exponer el modelo de dos segmentos y mostrar como podría llevarse a cabo esta generalización.

En este modelo el portafolio puede dividirse en varios grupos; cada uno de ellos está caracterizado por un parámetro de riesgo, el cual sigue una determinada distribución. Dentro de cada grupo existen diferentes subgrupos caracterizados por otro parámetro de riesgo. Esquemáticamente el modelo podría observarse de la siguiente manera:

Portafolio:

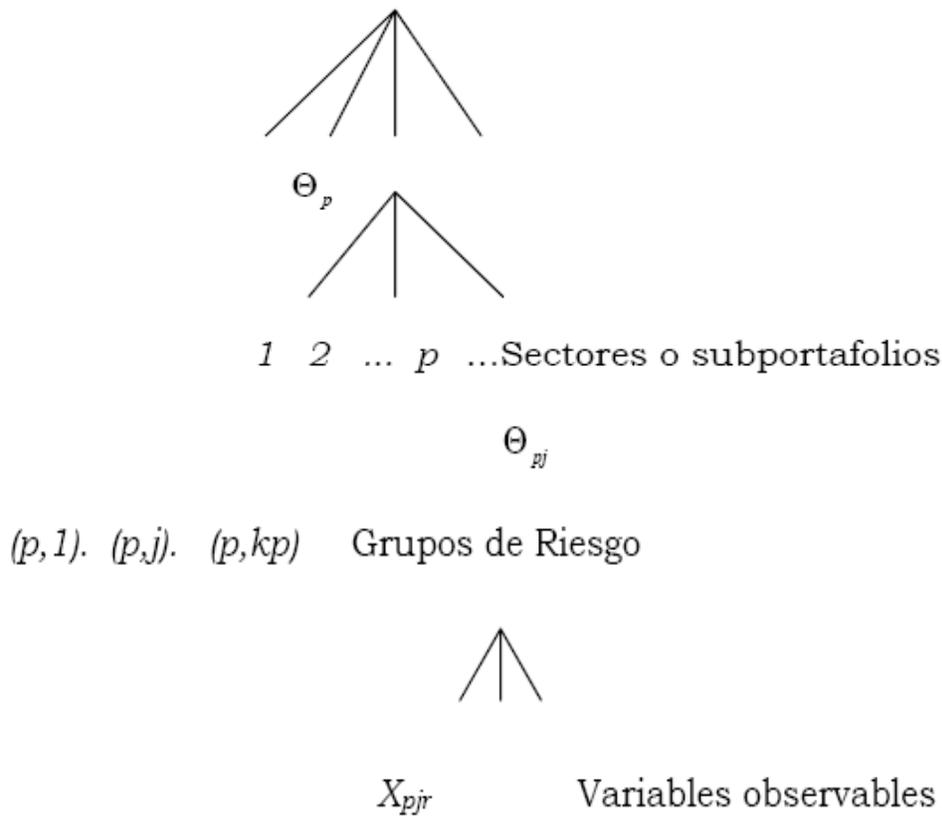


Figura C.1. División de un portafolio para el Modelo de Jewell [7]

Donde:

$p=1, \dots, P$ representa el número de sectores o subportafolios; cada uno posee un parámetro estructural Θ_p ;

$j=1, \dots, Kp$ indica el número de clases de grupos de riesgo p , caracterizados por el factor de riesgo Θ_{pj} , y

r indica el tiempo ($r=1, \dots, tpj$), donde tpj es el número de períodos para los cuales hay datos disponibles.

Cada sector p se encuentra constituido por las variables estructurales Θ_p y Θ_{pj} , y por las variables observadas X_p y puede representarse como:

$$(\Theta_p, \underline{\Theta_p}, X_p) = \Theta_p, \Theta_{pj}, X_{pjr} \tag{2.6.1}$$

Para $j=1, \dots, Kp, r=1, \dots, tpj$

y la clase de contratos (\mathbf{p}, \mathbf{j}) , es un vector aleatorio que consta de un parámetro estructural Θ_j , y las variables observables X_{pj}, \dots, X_{pjtpj} , siendo representado por:

$$(\Theta_p, \underline{X_{pj}}) = \Theta_p, X_{pjr} \quad r=1, \dots, tpj \tag{2.6.2}$$

Un vez que se ha observado como se encuentra integrado cada grupo de riesgo, así como cada sector y el portafolio mismo, será factible agrupar aquellos grupos de riesgo que posean el mismo valor de los parámetros de riesgo, definiendo nuevos contratos por grupo de riesgo y modelo como promedios ponderados de los individuos que integran el conglomerado y posteriormente de los modelos de dichos grupos de riesgo de manera análoga a como se definieron los grupos de riesgo en el modelo de Bühlmann-Straub. Los ponderadores se presentan a continuación.

Términos	Descripción
W_{pjr}	Ponderador de las reclamaciones promedio de aquellas observaciones sujetas a los parámetros de riesgo (Θ_p, Θ_{pj}) en el momento r , y generalmente coincide con el número de observaciones que se presentaron en el periodo y bajo dichas condiciones.
$W_{pj} \bullet = \sum_{r=1}^t W_{pjr}$	Ponderador correspondiente a cada una de los grupos de riesgo sujetos a (Θ_p, Θ_{pj}) , tomando en cuenta todo el periodo de tiempo estudiado y corresponde al número de observaciones o reclamaciones presentadas.
$W_{pjr} \bullet \bullet = \sum_{j=1}^k W_{pj} \bullet = \sum_{j=1}^k \sum_{r=1}^t W_{pjr}$	Ponderador correspondiente a cada subportafolio sujeto al riesgo Θ_p y generalmente corresponde al número de observaciones existentes en ese sector, siendo equivalente de esta manera a la suma de los ponderadores por clase de contratos.

Tabla C.3. Términos en el Modelo Jerárquico de Jewell [7]

Al igual que en los modelos anteriormente presentados, los siniestros de los grupos de riesgos y modelos, deberán presentar los requisitos de independencia condicional, los cuales pueden enunciarse de la siguiente manera:

a) Los sectores o portafolios, son mutuamente independientes, es decir $(\Theta_p, \underline{\Theta}_p, \mathbf{X}_p)$ es independiente de $(\Theta_k, \underline{\Theta}_k, \mathbf{X}_k) \square k \neq p$

b) Dado un sector, sus clases son condicionalmente independientes, o sea, dado $\Theta_p = \theta_p$ las clases de contrato $(\Theta_{pj}, \underline{\mathbf{X}}_{pj})$ son condicionalmente independientes para cada $p = 1, \dots, P$.

c) Los parámetros estructurales (Θ_p, Θ_{pj}) y los montos de las reclamaciones $\underline{\mathbf{X}}_{pj}$ son condicionalmente independientes para todo $p = 1, \dots, P$ y $J = 1, \dots, K_p$.

d) Todo par de variables dado los parámetros estructurales (Θ_p, Θ_{pj}) , los montos de las reclamaciones $\underline{\mathbf{X}}_{pj}$ son condicionalmente independientes para todo $p = 1, \dots, P$ y $J = 1, \dots, K_p$.

Lo anterior puede expresarse en términos de varianzas y covarianzas de la siguiente forma:

$$e) E[X_{pjr} / \Theta_p, \Theta_{pj}] = \mu(\Theta_p, \Theta_{pj}) \quad \forall r = 1, \dots, t_{pj} \quad (2.6.3)$$

Que representa la reclamación esperada para este grupo de riesgo y modelo en particular, y por consiguiente la prima que debe cobrarse a ese grupo de riesgo.

$$f) Cov[\underline{\mathbf{X}}_{pj} / \Theta_p, \Theta_{pj}] = \sigma^2(\Theta_p, \Theta_{pj}) \mathbf{w}_{pj} \quad (2.6.4)$$

Indica la variación de las reclamaciones de un mismo grupo de riesgo, donde \mathbf{w}_{pj} es una matriz diagonal de \mathbf{r} por \mathbf{r} y cada elemento de la diagonal es $1/W_{pjr}$, es decir la variación en las reclamaciones se encontrará ponderada por el peso correspondiente a cada grupo de riesgo sujeto a los mismos riesgos (Θ_p, Θ_{pj}) , y en el mismo periodo de tiempo \mathbf{r} .

Se ha dividido el portafolio en subportafolios formados por grupos de riesgo **homogéneos** y se estima la prima correspondiente a cada grupo de riesgo. Con base en la forma en como fue dividido el portafolio, se descubre que cada grupo de riesgo **j**, del sector **p** (factor seleccionado), posee las mismas características, y que la prima de todo el portafolio dependerá de todos los sectores, observándose las siguientes relaciones entre las clases de contratos, los sectores o subportafolios y el portafolio:

Se define $\gamma(\Theta_p) = E[X_{pjr} / \Theta_p]$, como el valor esperado de las reclamaciones en el sector **p** y por lo tanto equivale a la prima que debe cobrarse a ese sector en particular, y por lo cual se necesita estimar. En este sentido $m = m_p = E[\gamma(\Theta_p)] = E[\mu(\Theta_p, \Theta_{pj})] = E[X_{pjr}]$ determina la prima total que deberá cobrarse al portafolio o cartera y representa el principal objetivo en el estudio.

$S^2 = E[\sigma^2(\Theta_p, \Theta_{pj})]$, mide la heterogeneidad o las fluctuaciones de una clase de contratos a lo largo del tiempo.

$a = E[\text{Var}[\mu(\Theta_p, \Theta_{pj}) / \Theta_p]]$, puede interpretarse como el grado de variación o heterogeneidad dentro de un sector.

$b = \text{Var}[\gamma(\Theta_p)]$, muestra la heterogeneidad global entre los sectores.

El objetivo será encontrar los estimadores de credibilidad para las primas que se deberán cobrar a cada clase de contratos, a los sectores y finalmente al portafolio total. Para obtener los resultados en el marco de los modelos de credibilidad y de esta manera poder obtener las primas se definen las siguientes relaciones y notación que simplifique las sumas ponderadas.

Términos	Descripción
$W_{p**} = \sum_{j=1}^k W_{pj*} = \sum_{j=1}^k \sum_{r=1}^t W_{pj*}$	Ponderador del contrato p .
$Z_{pj} = \frac{aW_{pj*}}{S^2 + aW_{pj*}}$	Factor de credibilidad para determinar la prima que sería adecuado cobrar al grupo de riesgo j , es decir, a aquellos contratos que se encuentran sujetos a los mismos parámetros de riesgo (Θ_p, Θ_{pj}) , permitiendo ponderar la prima que se obtendrá a partir de la experiencia de estos contratos con la prima determinada a partir de experiencia global.
$Z_{p*} = \sum_j Z_{pj}$	Factor acumulado de credibilidad para cada sector p , tomando en cuenta todas las posibles clases de contratos que agrupa dicho sector o subportafolio
$Z_p = \frac{bZ_{p*}}{a + bZ_{p*}}$	Factor de credibilidad correspondiente a todos aquellos contratos que pertenecen al subportafolio o sector p y que por lo tanto presentarán el mismo parámetro estructural Θ_p y que permitirá calcular la prima que le corresponde combinando la experiencia individual de este subportafolio particular, con la prima que se cobra a toda la cartera.
$X_{pjw} = \sum_{r=1}^t X_{pj*} \left(\frac{W_{pj*}}{W_{pj}} \right)$	Es el nuevo contrato para la clase j , y representa el promedio ponderado (utilizando los ponderadores naturales w_{pj*}) de las reclamaciones presentadas por aquellos contratos sujetos a los riesgos (Θ_p, Θ_{pj}) en cualquier momento.
$X_{pzw} = \sum_{j=1}^k X_{pjw} \left(\frac{Z_{pj}}{Z_p} \right)$	Representa un nuevo contrato a nivel sector o subportafolio, integrado por el promedio ponderado de las reclamaciones (observaciones) presentadas en todas las clases sujetas al mismo factor de riesgo Θ_p , sin embargo en este caso el ponderador no será el natural, en su lugar, los ponderadores estarán dados en función de los factores de credibilidad.
$X_{zpw} = \sum_{p=1}^P X_{pzw} \left(\frac{Z_p}{Z} \right)$	Es el nuevo contrato general que considera el promedio ponderado de las reclamaciones de todos los subportafolios, clases de contratos y los contratos individuales sin importar los parámetros estructurales correspondientes a cada uno, ni el momento de la reclamación.

Tabla C.4. Términos en el Modelo Jerárquico de Jewell para sumas ponderadas [7]

Se procede a determinar los estimadores de las primas correspondientes a cada clase de contratos, sector o subportafolio y la prima del portafolio total. La construcción y subdivisión del modelo y la **homogeneidad** proporcionada por esta división, permitirá estimar la prima del sector p , utilizando toda la información de las clases de contratos y los

contratos pertenecientes a este sector, ya que poseen las mismas características. Así mismo, se utilizarán los resultados de todos los sectores para estimar la prima del portafolio. A continuación se expondrá la manera de estimar cada una de las primas. Las primas podrán obtenerse nuevamente, minimizando el error cuadrático medio (**E.C.M**) existente entre el estimador y el verdadero valor de la prima de tal forma que será necesario minimizar:

$$\underset{c_0, \underline{\Theta}_p}{\text{Mín}} E \left[\left\{ \gamma(\Theta_p) - c_0 - \sum_{q=1}^p \sum_{j=1}^k c_{qj} X_{qjw} \right\}^2 \right] \quad (2.6.5)$$

Para determinar la prima correspondiente al sector \mathbf{p} ; y para obtener la prima de cada clase de contratos sujetos a los parámetros (Θ_p, Θ_{pj}) , será necesario minimizar el error de la siguiente manera:

$$\underset{\{c_0, \underline{\Theta}_p\}}{\text{Mín}} E_{\underline{\Theta}_p} \left[E_{\underline{X}_{pj} / \Theta_j} \left[\left\{ \mu(\Theta_p, \Theta_{pj}) - c_0 - \sum_{q=1}^p \sum_{i=1}^{k_i} \sum_{r=1}^{t_{qi}} c_{qir} X_{qir} \right\}^2 \middle| \Theta_p \right] \right] \quad (2.6.6)$$

El procedimiento de cada una de las minimizaciones es similar al realizado para obtener la prima en el modelo de credibilidad original de Bühlmann, y en los modelos presentados anteriormente. Pero debido a la existencia de diferentes factores de riesgo (parámetros de riesgo Θ_j para $j=1, \dots, k$), es necesario tomar en cuenta algunas relaciones de covarianza, que serán importantes para determinar tanto los estimadores de credibilidad, así como los diferentes parámetros. A continuación se presentarán las relaciones.

$$1. \text{Cov}[\mu(\theta_p, \theta_{Ej}), X_{qir}] = \delta_{pq} (\partial_{ij} a + b) \quad (2.6.7)$$

$$2. \text{Cov}[\gamma(\theta_p), X_{qjw}] = \delta_{pq} b \quad (2.6.8)$$

$$3. \text{Cov}[X_{Ejr}, X_{Ejr}] = \delta_{rr} \left(\frac{S^2}{W_{Ejr}} \right) + a + b \quad (2.6.9)$$

$$4. \text{Cov}[X_{Ejr}, X_{Ejr}] = \delta_{jj} \left(\delta_{rr} \left(\frac{S^2}{W_{Ejr}} \right) + a \right) + b \quad (2.6.10)$$

$$5. \text{Cov}[X_{Ejr}, X_{qjr}] = 0 \neq q \quad (2.6.11)$$

$$6. \text{Cov}[X_{Ejr}, X_{Ejw}] = b + \frac{\delta_{jj} a}{z_{Ej}} \quad (2.6.12)$$

$$7. \text{Cov}[X_{Ejw}, X_{pzw}] = \text{Cov}[X_{pzw}, X_{pzw}] = \frac{b}{z_p} \quad (2.6.13)$$

$$8. \text{Cov}[X_{Ejw}, X_{zzw}] = \frac{b}{z} \quad (2.6.14)$$

Se resuelve la minimización para obtener las primas correspondientes, tanto para el sector como para cada clase de contratos, de tal forma que para un determinado sector j la prima que sería adecuado cobrar y que permite combinar la experiencia de ese sector con la prima global está determinada por la siguiente relación:

$$\gamma(\theta_p) = N_p^a = (1 - z_p) m + z_p X_{pzw} \quad (2.6.15)$$

La prima correspondiente a la clase de contratos sujetos a los riesgos (Θ_p, Θ_{Ej}) está determinada por:

$$\mu = (\theta_p, \theta_{Ej}) = M_{Ej}^a = (1 - z_{Ej}) m_p + z_{Ej} X_{Ejw} \quad (2.6.16)$$

donde

$$z_{pj} = \frac{aW_{pj} \bullet}{s^2 + aW_{pj} \bullet} \quad (2.6.17)$$

Los resultados obtenidos permiten observar la prima estimada para el riesgo j , y la correspondiente al modelo p , las cuales se obtienen como una combinación de la prima total que se cobra $m = mp$ (sin importar los diferentes riesgos a los que se puede encontrar expuesto un contrato, ni el momento en el que se encuentra) y la prima que les correspondería si únicamente se tomara en cuenta su propia experiencia individual determinada por sus particulares condiciones o parámetros de riesgo (Θ_p, Θ_{pj}) .

En el caso de los subportafolios, la prima que se obtendría con base en su propia experiencia estaría dada por X_{pzw} , que corresponde a la suma ponderada de las reclamaciones correspondientes (observaciones) a ese sector, independientemente de la clase de contratos de que se trate, obteniéndose así a partir de las primas a cada una de las clases de contratos X_{pjw} . Puede observarse el cálculo de las primas que deberían cobrarse, pero es necesario conocer la prima total que se cobra a toda la cartera m y los distintos factores de credibilidad (de las diversas clases y sectores) para la obtención de los estimadores.

C.3.1 Variables del factor de credibilidad z : Jewell.

Los factores dependen de los parámetros estructurales presentes en los contratos (por lo general desconocidos), lo cual genera la necesidad de estimarlos y se pueden estimar de forma insesgada debido a las relaciones de independencia condicional entre las observaciones, las clases de contratos y los subportafolios, por lo tanto se tienen estimadores manejables, útiles e interpretables y son:

$$\hat{m}_p = N_p = X_{pzw} \quad (2.6.18)$$

$$\hat{m} = N_0 = X_{zzw} \quad (2.6.19)$$

$$\hat{s}^2 = \frac{\sum_{p,j,r} W_{pjr} (X_{pjr} - X_{pjw})^2}{\sum_{p,r} (t_{pj} - 1)} \quad (2.6.20)$$

$$\hat{a} = \frac{\sum_{p,r} z_{pj} (X_{pjr} - X_{pxw})^2}{\sum_p (Kp - 1)} \quad (2.6.21)$$

$$\hat{b} = \frac{\sum_p z_p (X_{pzw} - X_{zzw})^2}{(P - 1)} \quad (2.6.22)$$

Si se sustituyen los estimadores en el estimador de las primas a cobrar, tanto en la clase como en el sector, dado que los distintos parámetros de riesgo son desconocidos y por consiguiente sus momentos distintos, se obtienen estimadores lineales homogéneos de las primas de riesgo tanto de la clase como del sector, y se obteniendo como estimadores:

$$\hat{v} = (\theta_p) = N_p^a = (1 - z_p) X_{zzw} + z_p X_{pzw} \quad (2.6.23)$$

$$\hat{\mu} = (\theta_p, \theta_{pj}) = M_{pj}^a = (1 - z_{pj}) X_{pzw} + z_{pj} X_{pjr} \quad (2.6.24)$$

Apéndice D.**The Watch Model for Developing Business Software
in Small and Midsize Organizations.**

Jonas A. Montilva 1, 2
Khalid Hamzan 1
Mohammed Gharawi 1

1 University of South Florida
College of Engineering
Department of Computer Science & Engineering
Tampa, Florida
montilva@csee.usf.edu
khanzan2@csee.usf.edu
mgharaw2@csee.usf.edu

2 University of Los Andes
Faculty of Engineering
School of System Engineering
Computer Science Department
Mérida, Venezuela
jonas@ing.ula.ve

Abstract

This paper introduces a software process model that can be applied for the development of small and midsize software projects in small organizations. The model, called the *Watch Process*, is the result of integrating well known process models in software engineering, including object-oriented models, reuse and prototyping models. The model focuses on business software applications, such as business information systems, web-based information systems, and e-commerce applications. A watch metaphor was used to design a method that guide development teams into the complexity of managing and developing business applications in small development environments.

Keywords: Information systems development, Object-oriented software development, Development methods and methodologies.

D.1. INTRODUCTION

During the last decade there have been considerable advances in creating solutions to the technical and managerial problems related with the complexity of the software development process. The evolution and integration of the reuse and objectoriented approaches to software development created new software process models, as well as new methods, tools, and techniques. The Rational Process [1] and the Synchronize and Stabilize process [2] are perhaps the most representative development models that capture the newest and recent advances in software engineering.

Most of these new process models were, however, designed to address the process of creating large software applications in the context of large organizations. Many small and medium size organizations have not been successful in adopting and using these new software technologies. The reasons for this failure are not clear. But there reasons to believe

that the new process models are too complex to be applied in small software development environments. It is also believed that these organizations do not find that the new software engineering practices integrate well into their business environment. The need for studying and improving the software process development in small organizations is now being widely recognized [3].

A similar problem is also found in software engineering education. In this area, the development of course projects is a very common teaching-learning strategy. Students are required to develop small applications in a very short period of time, usually a semester. If the process model used to develop the project is too complex, the students will get lost or immersed into the complexity of the model. On the other hand, if the process model is not fully or properly described, it will be useless for guiding the students in the development of their projects. Process models that are simple, self-descriptive, and complete are, therefore, an important requirement in software engineering education.

In this paper, we introduce a software process model that can be applied for developing small and medium size software projects in small organizations. The model, called the *Watch Process Model*, is the result of integrating well-known software development models, including the Spiral model, the V model, prototyping and reuse models, and the objectoriented model described by Bruegge and Dutoit [4]. The IEEE 1074 Standard [5] for developing life cycle processes provided the methodological framework needed to design the Watch model.

Section 2 presents the structure of the Watch Process model in terms of two levels of abstraction. The form of our process model is inspired in a watch metaphor, which is described in Section 3. The managerial processes of the model are outlined in Section 4, while the development processes are explained in Section 5. Finally, Section 6 discusses very briefly the benefits and relevant features of the model.

D.2. STRUCTURE OF THE WATCH MODEL

A software process model is a well-structured and organized set of processes that describe the phases, activities, tasks, and resources needed to develop and maintain software applications. The structure of a process model is mostly hierarchical. The main processes are described at the highest level of abstraction. Each main process is decomposed into a more detailed set of processes, each of which is, in turn, decomposed into further detail until a desired level of process description is reached.

We divide the structure of our model into two levels of abstraction and description, as illustrated in figure 1.

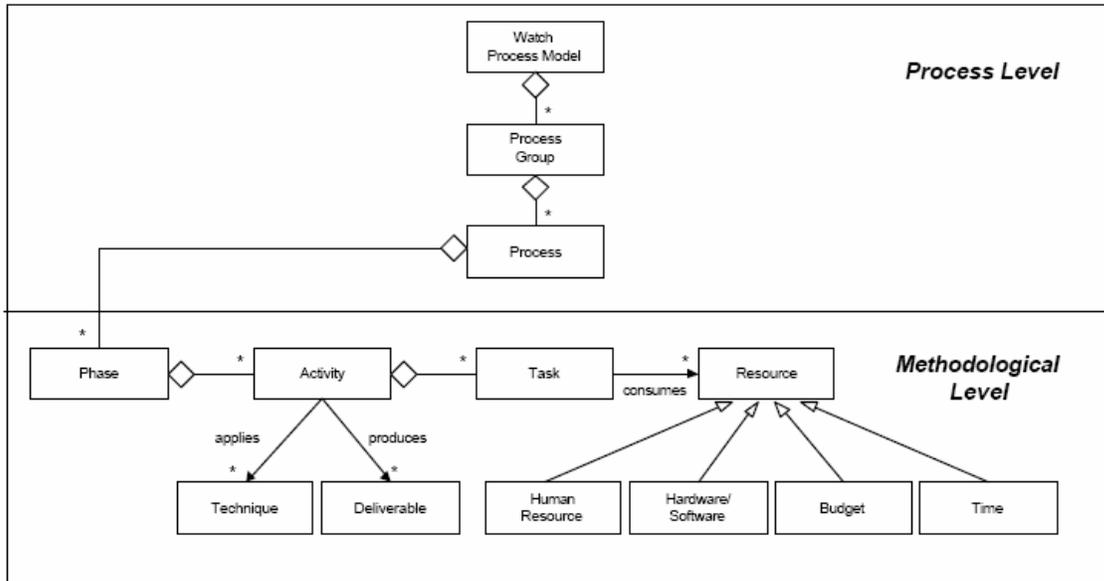


Figura D.1. The structure of the Watch Process Model

The first level, called the *Process Level*, describes the life cycle model for developing software. It contains the most general processes that are required to develop software according to the IEEE 1074 Standard [5]. This level answers the question: *What* do we have to do to develop a software application?

The second level, called the *Methodological Level*, defines the processes at a lower level of abstraction or detail. It specifies the phases, activities, tasks, techniques and resources that are required to develop the managerial and technical processes defined at the Process Level. It answers the question: *How* do we develop a software application?.

The process level is the level at which most software life cycles are explained in the literature. The Waterfall and V software life cycle, for instance, are process models described at this level [6, 7]. They are too general to serve as a guide in a software development project. The methodological level, on the other hand, is more concrete, detailed, and conducive. This is the level at which the software development methods or methodologies are described. The Watch process model is described next at these two levels of abstraction.

D.2.1. The Process Level

This level was designed based on the IEEE 1074 Standard for developing life cycle processes [5]. This standard describes the general and common processes that are required in the development and maintenance of software. It provided a framework or template for the design of this level in the Watch model structure. As shown in Figure 1, this level is composed by a set of process groups, each of which is divided into one or more processes. Table 1 lists the specific process groups and processes that were chosen from the standard to conform the process level in our model.

Adaptability was an important requirement for the design of our model. The Method Engineering Group is concerned with the adaptation of the Watch Process Model to a particular project, family of projects or domain. This group of processes is executed at the beginning of each project to adapt the methodological level to the particularities of the project.

The objective of the Managerial Process Group is to guide the management of the development and maintenance of a given application as a project. Project management processes, such as planning, organizing, directing, staffing and controlling, ensure that the project gets its goals on time and under budget constraints.

The Development Process Group encompasses the main processes that are required to analyze, specify, design, implement, test and deliver an application.

Finally, the Post-development Process Group embraces all those processes that are executed once the application is delivered. It includes the initiation of the application (e.g., the transition from the actual to the new system), its maintenance, and its retirement.

Process Groups	Processes
Method Engineering	<ul style="list-style-type: none"> • Project Definition • Process Model Adaptation • Method Specification
Managerial and Integral Processes	<ul style="list-style-type: none"> • Project Initiation • Project Management • S/W Quality Management • S/W Configuration Management • Verification & Validation • Training • Documentation
Development Processes	<ul style="list-style-type: none"> • Application Domain Analysis • Requirements Elicitation • Requirements Analysis & Specification • System Design • Component Design • System Implementation • System Testing • System Delivery
Post-development Processes	<ul style="list-style-type: none"> • Operation & Support • Maintenance • Retirement

Table D.1. Components of the Process Level

D.1. The Methodological Level

For the design of the Methodological Level, we refined the managerial and development process groups of the Process Level and adapt them to the domain of business software

applications. This level is therefore domain specific (i.e., proper to the business domain). The activities have been decided, organized and specified keeping in mind that the main use of the Watch model will be in the development of business applications, such as business information systems, web-based information systems, and e-commerce applications.

A business domain model is described in [8]. This model captures the main elements of a business and the interaction between the business and its software applications. It is used as a reference model that describes the commonalities and the characteristics of business software applications.

Based on the mentioned business domain model, we decomposed the phases into a set of activities, as shown in Table 2. Activities are more concrete, technical, and specific actions than phases. They are executed using techniques and/or tools. Each activity is comprised by tasks, which are the basic units of action in our model.

Phase	Activities
Application Domain Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Defining the Domain • Identifying & Modeling the Domain Processes • Identifying & Describing the Domain Actors • Identifying & Modeling the Domain Entities • Identifying & Describing the Domain Events • Documenting the Application Domain Model (ADM)
Requirements Elicitation	<ul style="list-style-type: none"> • Eliciting the Functional Requirements • Eliciting the Non-Functional Requirements • Prototyping the User-Interface • Writing the Requirement Definition Document (RDD)
Requirements Analysis & Specification	<ul style="list-style-type: none"> • Refining the Functional Model • Deriving the Structural Model • Deriving the Dynamic Model • Consolidating the Models • Writing the Requirements Specification Document (RSD)
System Design	<ul style="list-style-type: none"> • Designing the System Architecture • Designing the User-Interface • Designing the Database • Writing the System Design Document (SDD)
Component Design	<ul style="list-style-type: none"> • Specifying the Component Services • Selecting Reusable Components • Adapting Reusable Components • Designing Non-reused Components • Writing the Component Design Document (CDD)
System Implementation	<ul style="list-style-type: none"> • Coding the Components • Creating the Database • Testing the Components • Testing the Components Integration
System Testing	<ul style="list-style-type: none"> • Functional Testing • Performance Testing • Acceptance Testing
System Delivery	<ul style="list-style-type: none"> • Installing the System • Testing the System Installation • Training the Users and Operators • Distributing the System Documentation

Tabla D.2. The Methodological Level: phases and activities

D.3. THE WATCH PROCESS MODEL

We use a watch metaphor for designing the form and dynamics of our model. We envisage the development of a software project as a watch or clock whose numbered dial represents the development phases, while its moving hands represent the order in which these phases are executed. The moving hands can be set and controlled by the project manager. The managerial processes are, therefore, at the center of the watch. They control the progress of the phases and decide when to advance to the next phase or go back to a previous phase to review or correct a product.

Figure 2 presents the form of the Watch process model in terms of its phases, their execution order and the relationship between the development processes and the managerial processes.

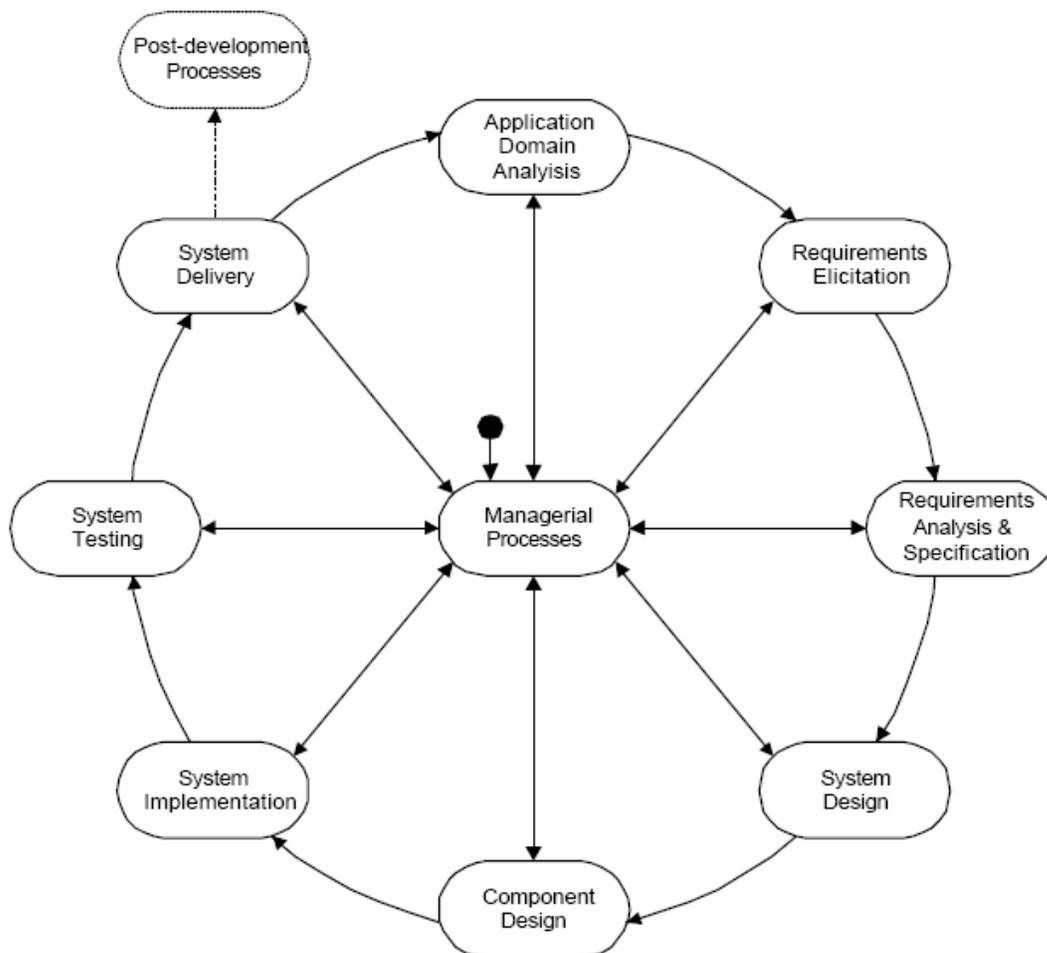


Figure D.2. The Watch Process Model

The development of a software system or application starts at the center of the model, i.e., at the managerial process group. Project planning is the first activity to be performed once that the decision to develop a new system has been taken by the client or upper

management. A project plan indicates in detail the tasks to be performed at each activity of the development process. A project schedule and estimates of time, effort, and resources are the main components of this plan. The schedule determines when a task is to be initiated and finished.

The model is highly iterative. The verification & validation process determines, through a product review, if the progress of the project needs go back to a previous phase in order to correct a detected failure, error or deficiency in the deliverables or products of the project.

Once the project is planned, the development processes are initiated under the control of the managerial processes in a clockwise order, as indicated by the dial of the model. The managerial processes and each of the development phases of the model are described in the next two sections.

D.4. THE MANAGERIAL PROCESSES

Management is a critical success factor in software development. The quality of the product, the delivery of the right product on time and under budget, and the proper control of the system configuration can only be ensured by the correct application of managerial processes.

In the Watch Model, the managerial processes group is similar in functionality to the engine of a watch. It directs and controls the execution of the development processes. That is the reason why we envisaged the managerial processes at the center of the watch; they control the progress of the phases and decide when to advance to the next phase or go back to a previous phase to review or correct a product.

We identified as crucial to the management of a software project four managerial processes: Project Management, Software Quality Management, Software Configuration Management, and Verification & Validation. Training and documentation are two integral processes that are closely related to management. Their integral nature is due to the fact that they are executed in parallel with the development activities. The main managerial and integral activities are itemized in Table D.3.

Processes	Activities
Project Management	<ul style="list-style-type: none"> • Project Planning • Team Organization • Team Direction • Team Staffing • Project Control
S/W Quality Management	<ul style="list-style-type: none"> • S/W Quality Planning • S/W Quality Assurance
S/W Configuration Management	<ul style="list-style-type: none"> • Configuration Management Planning • Configuration Control
Verification & Validation	<ul style="list-style-type: none"> • V & V Planning • Products Review
Training	<ul style="list-style-type: none"> • Training Planning • Training the development team • Production of Training Material
Documentation	<ul style="list-style-type: none"> • Documentation Planning • Documentation Production • Documentation Delivery

Tabla D.3. The Managerial & Integral Activities

D.5. THE DEVELOPMENT PROCESSES

The Watch Process Model comprises eight development phases. These phases are executed sequentially in a clockwise order starting by the Application Domain Phase and ending at the System Delivery Phase. There is, however, a great deal of iteration between the phases. From any phase, it is always possible to return to a previous one in order to:

- modify an intermediate or final product such as a requirement or design specification, a document, a component, or a subsystem;
- repair an error detected in an intermediate or final product; or
- review and elaborate a task or activity of a previous phase.

The Verification & Validation Process of the managerial group determines when the project has to move in a counterclockwise direction.

D.5.1. The Application Domain Analysis Phase

The first development phase to be executed is called *Application Domain Analysis*. This activity identifies and describes in detail the system's environment or wider system, called *application domain*, in which the application or software system will operate. The purpose of this phase is to allow the development team to get a good understanding of the

application domain before initiating the requirements definition and specification phases. The deliverable of this phase is an Application Domain Model that captures the objectives, processes, entities, actors, business rules, and job structure of the application domain.

As shown in Table 2, this phase starts by defining the scope and objectives of the system and its application domain. The domain processes and actors are identified and modeled next. A domain process is a set of business activities executed by a set of actors (e.g., users or customers) with the support of the system. The domain entities and events that are related to the domain processes are also identified and modeled. The Unified Modeling Language - UML [9] - can be used for modelling the application domain, as explained in [8].

D.5.2. The Requirement Elicitation Phase

Requirements Elicitation is the second development phase. Its purpose is to discover and define informally the functional and non-functional requirements to be satisfied by the system. A set of constraints that restricts or limits the development of the project is also defined in this activity. The main deliverables of this phase are the Requirements Definition Document (RDD) and the User's Interface Prototype. The RDD is written in plain English with the help of the users. It is written for the users applying the terminology or "domain language" of the users. The prototype captures the functionality and the external and visual appearance of the system as required by the users.

Scenarios and use cases can be used in this phase to elicit and document the functional requirements, as described in [4].

D.5.3. The Requirements Analysis & Specification Phase

The next phase, called *Requirements Specification*, expresses the user's requirements in a formal or technical way that can be understood by the system's designers without any ambiguity. This phase delivers the Requirement Specification Document (RSD). It describes the user's requirements using a formal, semiformal, or graphical notation or language, such as the Unified Modeling Language [9].

The structure and behavior of the system is specified using three models: functional, structural and dynamics. The functional model of the system can be built using the UML use case notation, which helps describe graphically the functionality to be provided by the system. The structural model can also be built using UML class diagrams. This model captures the classes of domain entities to be managed by the system, their relationships, their attributes, and operations. The dynamic model represents the behavior of the system. UML sequence diagrams can be applied here to describe how a function must be performed by the system.

D.5.4. The System Design Phase

The *System Design* phase translates the requirements specification into a solution, i.e., a design specification of the system or application. The structure of an application is designed

in terms of a set of software components, connections, and constraints, called software or system architecture. The details of the user's interface are also specified in this phase, together with the structure of the database and the system documentation. The main deliverable of this phase is called the System Design Document (SDD). It documents the software architecture, the database design, and the system documentation.

The system architecture may be designed based on the reuse and combination of several architectural styles, as described by [10]. The UML deployment and component diagrams can be used for specifying the software architecture. The user-interface design involves the detailed specification of the graphical and interaction components of the user-interface prototype. The database design is concerned with the process of defining the structure of the database, its access methods, and the set of procedures that are required to manage the database, such as initial data loading, backup, recovery, integrity, and security procedures.

D.5.5. The Component Design Phase

Each of the components and connections identified in the software architecture is designed in detail in the *Component Design* phase. The main deliverable of this phase is the Component Design Document (CDD), which specifies the structure (attributes) and behavior (operations) of each component, as well as the interfaces used to connect the components. Each component is an integrated collection of classes that are used through a well-defined interface. A component is usually made of three kinds of classes: domain, interface, and control classes. The domain classes are persistent classes that represent the entities of the application domain. The interface classes implements the user-interface of the system. The control classes provide the utility or internal services of the system.

Components that can be reused from previous projects or third parties are identified, searched, acquired, and adapted. Those components that are required to be developed in-house must be designed by specifying in detail their attributes and operations (methods). Each complex operation must be outlined using a pseudo -language or an UML activity diagram.

D.5.6. The System Implementation Phase

The *System Implementation* phase translates the design specifications into a concrete software product. The software components are coded and tested individually using the black-box and the white-box testing techniques, as specified by the test plan. The integration of components is also tested using top-down, bottom up or combined integration strategies. The database design is converted into an implementation design before creating the database using the selected DBMS. The system documentation is also written in this phase as specified by the documentation plan.

D.5.7. The System Testing Phase

The functional, performance, and acceptance tests are prepared and conducted in this phase based on the test plan provided by the management processes. The main outcome of this phase is a tested system that is ready to be installed.

D.5.8. The Delivery Phase

In this phase, the system is installed and tested in its operational environment. The users and operators are trained based on the training plan produced by the management processes. Once the system is fully operational, the system is formally delivered to the client.

The end of the Delivery Phase signals the beginning of the post-development processes, which take control of the initiation of the system, its operation, its maintenance and retirement.

D.6. CONCLUSIONS

The main characteristics of the model we have described in this paper are its simplicity, completeness, and adaptability. The description of its structure provides a framework that allows a development team to adapt it easily to its development environment and specific conditions of its projects.

The Watch Model has been successfully used as a teaching-learning instrument in the Software Engineering course taught by the main author in the Department of Computer Science and Engineering at the University of South Florida. Its use in a real application has also been experienced in the design of a Hotel Reservation System. The method and the case of study are documented in (<http://www.csee.usf.edu/~montilva/watchmodel.html>).

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was partially supported by the USF Center for Software Testing under grant no. 2108-004-00 and the Venezuelan Research Council – CONICIT – under grant no. G-97000824.

REFERENCES

- [1] Rational Co., *The Rational Process*, <http://www.rational.com/>
- [2] Cusumano, M. A. and Selbey, R. W. “How Microsoft Builds Software”. *Comm. ACM*, June 1997, pp. 53-61.
- [3] Moitra, D. “Software Engineering in the Small. Guest Editor’s Introduction” *IEEE Computer*, October 1999, pp. 39-40
- [4] Bruegge, B. and Dutoit, A. H. *Object-Oriented Software Engineering*. Prentice Hall. 2000.
- [5] IEEE Standard for Developing Software Life Cycle Processes. *IEEE Computer Society*, New York, 1995.
- [6] Sommerville, Ian. *Software Engineering*. 5th Edition. Addison Wesley. 1995.
- [7] Pfleeger, S. *Software Engineering, Theory and Practice*. Prentice Hall. 1998.

[8] Montilva, Jonas. “An Object-Oriented Approach to Business Modeling in Information System Development” *Proc. Of the III World Multiconference on Systemics, Cybernetics, and Informatics (SCI'99)*. Orlando, Florida, USA, 1999. Vol. 2, pp.358-364.

[9] *UML Specification V1.3*. The Rational Co., <http://www.rational.com/umlcenter>.

[10] Bass, L., Clements, P., and Kazman, R. *Software Architecture in Practice* . Addison-Wesley, 1998.

SEGURO DIRECTO OPERACIÓN DE ACCIDENTES Y ENFERMEDADES P

OPERACIÓN	RAMO	TIPO DE PLAN	MONEDA	PÓLIZAS EN VIGOR	SUMA ASEGURADA	TOTAL
Accidentes y Enfermedades	Accidentes y Enfermedades	Total	Nacional	378,016	1,199,653,806	11,619,287
Accidentes y Enfermedades	Accidentes y Enfermedades	Total	Extranjera	3,454	127,525,798	2,012,374
Accidentes y Enfermedades	Accidentes y Enfermedades	Total	Títulos Indizados	3	7,310	13
Accidentes y Enfermedades	Accidentes Personales	Total	Nacional	173,650	382,054,538	2,781,979
Accidentes y Enfermedades	Accidentes Personales	Total	Extranjera	935	25,108,224	2,003,248
Accidentes y Enfermedades	Accidentes Personales	Total	Títulos Indizados	0	0	0
Accidentes y Enfermedades	Accidentes Personales	Individual y/o Familiar	Nacional	167,969	30,727,039	206,557
Accidentes y Enfermedades	Accidentes Personales	Individual y/o Familiar	Extranjera	21	1,863	21
Accidentes y Enfermedades	Accidentes Personales	Individual y/o Familiar	Títulos Indizados	0	0	0
Accidentes y Enfermedades	Accidentes Personales	Grupo	Nacional	550	215,065,136	451,229
Accidentes y Enfermedades	Accidentes Personales	Grupo	Extranjera	0	0	0
Accidentes y Enfermedades	Accidentes Personales	Grupo	Títulos Indizados	0	0	0
Accidentes y Enfermedades	Accidentes Personales	Colectivo	Nacional	5,131	136,262,363	2,124,193

péndice E.

atos de la Comisión Nacional de Seguros y Finanzas de México.

Accidentes y Enfermedades	Accidentes Personales	Colectivo	Extranjera	914	25,106,361	2,003,227
Accidentes y Enfermedades	Accidentes Personales	Colectivo	Títulos Indizados	0	0	0
Accidentes y Enfermedades	Gastos Médicos Mayores	Total	Nacional	199,739	725,691,662	1,660,409
Accidentes y Enfermedades	Gastos Médicos Mayores	Total	Extranjera	2,519	95,227,486	6,247
Accidentes y Enfermedades	Gastos Médicos Mayores	Total	Títulos Indizados	3	7,310	13
Accidentes y Enfermedades	Gastos Médicos Mayores	Individual y/o Familiar	Nacional	190,541	426,878,222	461,554
Accidentes y Enfermedades	Gastos Médicos Mayores	Individual y/o Familiar	Extranjera	2,518	93,919,527	6,078
Accidentes y Enfermedades	Gastos Médicos Mayores	Individual y/o Familiar	Títulos Indizados	3	7,310	13
Accidentes y Enfermedades	Gastos Médicos Mayores	Grupo	Nacional	3,368	136,386,178	580,508
Accidentes y Enfermedades	Gastos Médicos Mayores	Grupo	Extranjera	1	1,307,959	169
Accidentes y Enfermedades	Gastos Médicos Mayores	Grupo	Títulos Indizados	0	0	0
Accidentes y Enfermedades	Gastos Médicos Mayores	Colectivo	Nacional	5,830	162,427,262	618,347
Accidentes y Enfermedades	Gastos Médicos Mayores	Colectivo	Extranjera	0	0	0
Accidentes y Enfermedades	Gastos Médicos Mayores	Colectivo	Títulos Indizados	0	0	0
Accidentes y Enfermedades	Escolar	Total	Nacional	4,627	30,743,260	1,992,432
Accidentes y Enfermedades	Escolar	Total	Extranjera	0	0	0
Accidentes y Enfermedades	Escolar	Total	Títulos Indizados	0	0	0
Accidentes y Enfermedades	Accidentes a Corto Plazo	Total	Nacional	0	61,164,346	5,184,467

Accidentes y Enfermedades	Accidentes a Corto Plazo	Total	Extranjera	0	7,190,088	2,879
Accidentes y Enfermedades	Accidentes a Corto Plazo	Total	Títulos Indizados	0	0	0
Accidentes y Enfermedades	Accidentes a Corto Plazo	Individual y/o Familiar	Nacional	0	6,701,881	32,507
Accidentes y Enfermedades	Accidentes a Corto Plazo	Individual y/o Familiar	Extranjera	0	0	0
Accidentes y Enfermedades	Accidentes a Corto Plazo	Familiar	Títulos Indizados	0	0	0
Accidentes y Enfermedades	Accidentes a Corto Plazo	Grupo	Nacional	0	952,171	17,402
Accidentes y Enfermedades	Accidentes a Corto Plazo	Grupo	Extranjera	0	0	0
Accidentes y Enfermedades	Accidentes a Corto Plazo	Grupo	Títulos Indizados	0	0	0
Accidentes y Enfermedades	Accidentes a Corto Plazo	Colectivo	Nacional	0	53,510,294	5,134,558
Accidentes y Enfermedades	Accidentes a Corto Plazo	Colectivo	Extranjera	0	7,190,088	2,879
Accidentes y Enfermedades	Accidentes a Corto Plazo	Colectivo	Títulos Indizados	0	0	0

OR TIPO DE PLAN Y SEXO

	PRIMA DEVENGADA	TOTAL	TOTAL
TOTAL			
2,063,199	1,920,286	224,123	1,502,287
16,511	14,985	378	4,633
13	1	0	0
107,271	98,556	6,182	49,399
1,823	1,239	0	0
0	0	0	0
62,051	59,152	685	22,856
-578	-551	0	0
0	0	0	0
8,334	6,343	455	9,592
0	0	0	0
0	0	0	0
36,886	33,061	5,042	16,951

610	595	0	0
0	0	0	0
6,433	5,719	29	275
0	0	0	0
0	0	0	0
1,254	126	364	331
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
1,647	1,498	22	45
610	595	0	0
0	0	0	0

Apéndice F. Descripción de los casos de usos y de los eventos del Laboratorio Actuarial.

F.1. Casos de Uso.

Caso de uso 3.

Nombres:	Análisis del número de siniestros
Alias:	
Actores:	Actuario
Función:	Realiza un análisis estadístico del número de siniestros.
Descripción:	Genera un análisis de frecuencias y estadístico descriptivo de la variable de riesgo número de siniestros, el actuario debe seleccionar el rango de tiempo para el estudio, los factores de riesgo para crear el conglomerado y la cartera o portafolio de riesgo. Crea un histograma de frecuencias, calcula las medidas de tendencia central, las medidas de dispersión y el intervalo de confianza de la variable en estudio.
Referencia:	<i>Requerimientos:</i> <i>De casos:</i>

Caso de uso 4.

Nombres:	Análisis del monto de los siniestros
Alias:	
Actores:	Actuario
Función:	Genera un análisis de frecuencias y estadístico descriptivo de la variable de riesgo monto del siniestro, el actuario debe seleccionar el rango de tiempo para el estudio, los factores de riesgo para crear el conglomerado y la cartera o portafolio de riesgo. Crea un histograma de frecuencias, calcula las medidas de tendencia central, las medidas de dispersión, calcular el monto promedio del siniestro por período de tiempo y el intervalo de confianza de la variable en estudio.
Descripción:	
Referencia:	<i>Requerimientos:</i> <i>De casos:</i>

Caso de uso 5.

Nombres:	Exportar datos
Alias:	
Actores:	Actuario
Función:	Permite exportar los datos según factores de riesgo a un archivo externo.
Descripción:	Crea un archivo externo que permite realizar análisis en sistema o

software especializados fuera del Laboratorio, por ejemplo análisis estadísticos avanzados. El actuario selecciona la cartera o portafolio de riesgo y los factores de riesgos para construir el conglomerado que será exportado.

Referencia: *Requerimientos:*
De casos:

Caso de uso 6.

Nombres: **Generar reportes**

Alias:

Actores: Actuario

Función: Generar reportes de diversas índoles que apoyen la toma de decisiones y los estudios actuariales.

Descripción: El actuario selecciona el tipo de reporte que desea obtener, escoge los factores de riesgo, el rango temporal para el reporte y la cartera o portafolio de riesgo para el cual se creará el reporte. Por otro lado, este caso es usado al final por lo demás casos, pues estos al generar los resultados de sus análisis crean un reporte donde se exponen estos resultados. Puede realizar dos operaciones adicionales con los reportes imprimirlos o exportarlos.

Referencia: *Requerimientos:*
De casos: todos los casos descritos.

Caso de uso 7.

Nombres: **Crear proyecciones**

Alias:

Actores: Actuario

Función: Permite generar proyecciones de variables como el número de siniestros y monto promedio de los siniestros.

Descripción: Para obtener la proyección se debe proporcionar al laboratorio un rango de tiempo futuro y se obtienen las proyecciones por años, para esto el actuario debe conocer la fórmula de regresión de este tipo de variable y para una cartera definida.

Referencia: *Requerimientos:*
De casos:

Caso de uso 8.

Nombres: **Análisis de estadística descriptiva**

Alias:

Actores: Actuario

Función: Genera un análisis de estadística descriptiva para una variable de riesgo

	definida.
Descripción:	Dentro del análisis de estadística descriptiva se presenta el cálculo de las medidas de tendencia central (media y moda), medidas de dispersión (varianza, desviación estándar, rango, valor máximo y mínimo, rango y correlación), para después tabular y generar un informe con la información detallada de los resultados del análisis. El actuario debe proporcionar: la variable de riesgo, el rango de tiempo, los factores de riesgo para el conglomerado y la cartera de riesgo.
Referencia:	<i>Requerimientos:</i> <i>De casos:</i> Cálculo de prima o tarifa, Análisis del número de siniestros, Análisis del monto de los siniestros.

Caso de uso 9.

Nombres:	Análisis de frecuencia
Alias:	
Actores:	Actuario
Función:	Genera un análisis de frecuencia para una variable de riesgo definida.
Descripción:	El análisis de frecuencia se basa en la creación de una tabla de frecuencias que contiene la frecuencia absoluta, frecuencia relativa y porcentaje de frecuencia. Además de crear un histograma de frecuencia donde se pueden ver los resultados y la forma que toman los datos en estudio, estos datos pertenecen a una variable de riesgo definida por el actuario, debe también definir el rango de tiempo, la cartera de riesgo y los factores de riesgo a ser expresados.
Referencia:	<i>Requerimientos:</i> <i>De casos:</i> Cálculo de prima o tarifa, Análisis del número de siniestros, Análisis del monto de los siniestros.

Caso de uso 10.

Nombres:	Presencias amparadas por el riesgo
Alias:	
Actores:	Actuario
Función:	Permite el cálculo de las presencias amparadas por el riesgo para una cartera o portafolio definido.
Descripción:	Las presencias amparadas por el riesgo es un ponderador de los individuos de la cartera o portafolio que miden el porcentaje de participación dentro de la misma, pues en los seguros generales las pólizas o contratos de seguros no son cerrados, así que permiten la inclusión de cliente en cualquier momento del tiempo; lo que indica que si se realiza un análisis donde se utilice un rango de tiempo y se necesite el número de clientes o aseguradores debe usarse este ponderador.
Referencia:	<i>Requerimientos:</i>

De casos: Cálculo de prima o tarifa.

Caso de uso 11.

Nombres: **Análisis de siniestralidad**

Alias:

Actores: Actuario

Función: Realiza un análisis de siniestralidad calculando el índice de siniestralidad.

Descripción: Calcula el índice de siniestralidad de una cartera, con un conglomerado definido por los factores seleccionados y para un rango de tiempo dado, lo que permite medir la relación de los siniestros ocurridos (montos de los siniestros) con respecto al pago obtenido por el cobro de la prima a los clientes.

Referencia: *Requerimientos:*
De casos: Cálculo de la prima o tarifa.

Caso de uso 12.

Nombres: **Cálculo de la sobreprima de seguridad**

Alias:

Actores: Actuario

Función: Calcula la sobreprima de seguridad para una prima calculada de una cartera o portafolio definido.

Descripción: Este caso se aplica justo después de haber obtenido la prima de riesgo mediante el caso de *cálculo de la prima o tarifa*, se emplea el algoritmo de la desigualdad de Chebysheff que genera el valor estimado de la sobreprima.

Referencia: *Requerimientos:*
De casos: Cálculo de la prima o tarifa.

Caso de uso 13.

Nombres: **Cálculo del interés compuesto**

Alias:

Actores: Actuario

Función: Calcula la sobreprima de seguridad para una prima calculada de una cartera o portafolio definido.

Descripción: Este caso se aplica justo después de haber obtenido la prima de riesgo mediante el caso de *cálculo de la prima o tarifa*, se emplea la fórmula del interés compuesto para un año, la cual generará el valor estimado de interés.

Referencia: *Requerimientos:*
De casos: Cálculo de la prima o tarifa.

Caso de uso 14.

Nombres:	Factores de sensibilidad de prima
Alias:	
Actores:	Actuario
Función:	Permite establecer o modificar los índices que deben ser incluidos dentro de la tarifa o prima.
Descripción:	Le permite al actuario, después de haberse generado la prima, darle los últimos detalles para la obtención de la prima de mercado. Esto se realiza mediante la manipulación de los índices por porcentajes de gastos administrativos y factor inflacionario ; mientras que se puede modificar los valores obtenidos por otro de los casos, como son la sobreprima de seguridad y la tasa de interés compuesto .
Referencia:	<i>Requerimientos:</i> <i>De casos:</i> Cálculo de la prima o tarifa, cálculo de la sobre prima de seguridad, cálculo del interés compuesto.

Caso de uso 15.

Nombres:	Cálculo del monto total de los siniestros
Alias:	
Actores:	Actuario
Función:	Calcula el monto total de los siniestros de una cartera o portafolio definido.
Descripción:	El cálculo del monto total de siniestros se realiza mediante la suma de todos los siniestros dentro de una cartera, para un rango de tiempo específico y para una cartera o portafolio definida por el actuario.
Referencia:	<i>Requerimientos:</i> <i>De casos:</i> Cálculo de las reservas.

Caso de uso 16.

Nombres:	Cálculo de ingreso total de la empresa
Alias:	
Actores:	Actuario
Función:	Permite calcular el monto total de los ingresos que produjo una cartera o portafolio.
Descripción:	Se define con la sumatoria de las primas canceladas por los asegurados dentro de un rango de tiempo y para una cartera definida. El total de los ingresos o beneficios que ha recibido la compañía.
Referencia:	<i>Requerimientos:</i> <i>De casos:</i> Cálculo de las reservas.

Caso de uso 17.

Nombres:	Comparar resultados
Alias:	

Actores:	Actuario
Función:	Permite realizar comparaciones de tarifas, índices y estudios realizados dentro del Laboratorio.
Descripción:	Este caso realiza un análisis de variación en el tiempo de los diferentes valores y variables que definen el sistema de tarificación. Lo que realiza es comparar los resultados año a año definiendo sus variaciones. Estos valores y variables son: primas, número de siniestros, monto promedio de los siniestros, sobreprima de seguridad, interés compuesto, porcentaje de gastos administrativo, tasa inflacionaria, siniestros totales, ingresos totales y reservas; para cada una de las carteras de la compañía.
Referencia:	<i>Requerimientos:</i> <i>De casos:</i>

Caso de uso 18.

Nombres:	Guardar datos
Alias:	
Actores:	Actuario
Función:	Permite almacenar los resultados de los análisis.
Descripción:	El almacenamiento de los resultados se hace dentro de la base de datos del laboratorio actuarial, donde se registran los valores que posean las variables como: primas, número de siniestros, monto promedio de los siniestros, sobreprima de seguridad, interés compuesto, porcentaje de gastos administrativo, tasa inflacionaria, siniestros totales, ingresos totales y reservas, esto realizado para cada año que finaliza y sobre la base de cada una de las carteras que se encuentran dentro de la compañía. El actuario debe generar un análisis completo al finalizar cada año de póliza y solicitar al laboratorio que almacene los datos.
Referencia:	<i>Requerimientos:</i> <i>De casos:</i> Para cada uno de los casos de uso.

Tabla F.1. Tablas descriptivas de los casos de uso propuestos.

F.2. Eventos.

Evento 2.

Nombre del caso de uso:	Análisis de número de siniestros – Subcaso: Análisis descriptivo
Alias:	
Actores:	Actuario
Evento:	Respuesta del sistema
Descripción:	1. Selecciona el rango de tiempo a estudiar.

2. Dirigir a la función según el tipo seleccionado.
3. Selección de la cartera, grupo o portafolio a usarse.
4. Capturar la selección.
5. Seleccionar los factores de riesgos asignados a ese tipo de cartera de riesgo.
5. Capturar la selección.
6. Realizar la consulta a la base de datos para formar el conglomerado de datos filtrados por la cartera determinada y los factores seleccionados.
7. Cálculo del promedio y de la moda (medidas de tendencia central) de los siniestros por rango de tiempo (anual o mensual).
8. Cálculo de la varianza mediante el estimador s^2 , de la desviación estándar, del rango ($V_{\max} - V_{\min}$), valor máximo (V_{\max}), valor mínimo (V_{\min}) y la correlación para la variable de número de siniestros.
9. Cálculos de los intervalos de confianza para la media y la varianza (según la fórmula explicada en el capítulo 2 apartado 2.6.2.).
10. Mostrar por pantalla los resultados.
11. Generar reporte.
12. Imprimir el reporte.
13. Exportar el reporte.

Eventos alternos:**Alias:****Actores:****Línea 2**

Actuario

No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.

Línea 4

No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.

Línea 5

No se seleccionan las opciones válidas, muestra mensaje informativo.

Línea 6

Si existe algún error en la conexión con la base de datos no continua con el proceso, genera un mensaje de error.

Línea 7

Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.

Línea 8

Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.

Línea 9

Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.

Evento 3.

Nombre del caso de uso:	Análisis del número de siniestros – Subcaso: Análisis de frecuencias.
Alias:	
Actores:	Actuario
Evento:	Respuesta del sistema
Descripción:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selecciona el rango de tiempo a estudiar. 2. Dirigir a la función según el tipo seleccionado. 3. Selección de la cartera, grupo o portafolio a usarse. 4. Capturar la selección. 5. Seleccionar los factores de riesgos asignados a ese tipo de cartera de riesgo. 6. Capturar la selección. 7. Realizar la consulta a la base de datos para formar el conglomerado de datos filtrados por la cartera determinada y los factores seleccionados. 8. Calcular las clases de frecuencias mediante la fórmula de Struggess. 9. Calcular la frecuencia absoluta. 10. Calcular la frecuencia relativa. 11. Calcular el porcentaje de representación. 12. Construcción del histograma de frecuencia. 13. Construcción de un gráfico de tortas. 14. Mostrar resultados por pantalla 15. Generar reporte. 16. Imprimir reporte. 17. Exportar reporte.
Eventos alternos:	
Alias:	
Actores:	Actuario
Línea 2	No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.
Línea 4	No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.
Línea 5	No se seleccionan las opciones válidas, muestra mensaje informativo.
Línea 6	No se seleccionan las opciones válidas, muestra mensaje informativo.
Línea 7	Si existe algún error en la conexión con la base de datos no continua con el proceso, genera un mensaje de error.
Línea 8	Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.
Línea 9	Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.
Línea 10	Si existe algún error en el procesamiento de los datos

Línea 11	debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente. Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.
Evento 4.	
Nombre del caso de uso:	Análisis del monto de los siniestros – Subcaso: Análisis descriptivo
Alias:	
Actores:	Actuario
Evento:	Respuesta del sistema
Descripción:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selecciona el rango de tiempo a estudiar. 2. Dirigir a la función según el tipo seleccionado. 3. Selección de la cartera, grupo o portafolio a usarse. 4. Capturar la selección. 5. Seleccionar los factores de riesgos asignados a ese tipo de cartera de riesgo. 5. Capturar la selección. 6. Realizar la consulta a la base de datos para formar el conglomerado de datos filtrados por la cartera determinada y los factores seleccionados. 7. Cálculo del promedio y de la moda (medidas de tendencia central) de los siniestros por rango de tiempo (anual o mensual). 8. Calcular el monto promedio de los siniestros por rango de tiempo (anual o mensual). 9. Cálculo de la varianza mediante el estimador s^2, de la desviación estándar, del rango ($V_{\max} - V_{\min}$), valor máximo (V_{\max}), valor mínimo (V_{\min}) y la correlación para la variable de número de siniestros. 10. Cálculos de los intervalos de confianza para la media y la varianza (según la fórmula explicada en el capítulo 2 apartado 2.6.2.). 11. Mostrar por pantalla los resultados. 12. Generar reporte. 13. Imprimir el reporte. 14. Exportar el reporte.
Eventos alternos:	
Alias:	
Actores:	Actuario
Línea 2	No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.
Línea 4	No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.

Línea 5	No se seleccionan las opciones válidas, muestra mensaje informativo.
Línea 6	Si existe algún error en la conexión con la base de datos no continua con el proceso, genera un mensaje de error.
Línea 7	Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.
Línea 8	Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.
Línea 9	Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.
Línea 10	Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.

Evento 5.

Nombre del caso de uso: **Análisis del monto de los siniestros – Subcaso: Análisis de frecuencias.**

Alias:**Actores:****Evento:****Descripción:**

Actuario

Respuesta del sistema

1. Selecciona el rango de tiempo a estudiar.
 2. Dirigir a la función según el tipo seleccionado.
 3. Selección de la cartera, grupo o portafolio a usarse.
 4. Capturar la selección.
 5. Seleccionar los factores de riesgos asignados a ese tipo de cartera de riesgo.
 6. Capturar la selección.
 7. Realizar la consulta a la base de datos para formar el conglomerado de datos filtrados por la cartera determinada y los factores seleccionados.
 8. Calcular las clases de frecuencias mediante la fórmula de Struggess.
 9. Calcular el monto promedio de los siniestros por clase de frecuencia.
 10. Calcular la frecuencia absoluta.
 11. Calcular la frecuencia relativa.
 12. Calcular el porcentaje de representación.
 13. Construcción del histograma de frecuencia.
 14. Construcción de un gráfico de tortas.
 15. Mostrar resultados por pantalla
 16. Generar reporte.
 17. Imprimir reporte.
-

	18. Exportar reporte.
Eventos alternos:	
Alias:	
Actores:	
Línea 2	No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.
Línea 4	No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.
Línea 5	No se seleccionan las opciones válidas, muestra mensaje informativo.
Línea 6	No se seleccionan las opciones válidas, muestra mensaje informativo.
Línea 7	Si existe algún error en la conexión con la base de datos no continua con el proceso, genera un mensaje de error.
Línea 8	Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.
Línea 9	Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.
Línea 10	Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.
Línea 11	Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.
Línea 12	Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.

Evento 6.

Nombre del caso de uso:	Cálculo de prima o tarifa – Subcaso: presencias amparadas por el riesgo
Alias:	
Actores:	Actuario
Evento:	Respuesta del sistema
Descripción:	1. Cálculo de las presencias amparadas por el riesgo (según la fórmula vista en el capítulo 3 apartado 3.5). 2. Mostrar resultados por pantalla.
Eventos alternos:	
Alias:	
Actores:	Actuario
Línea 1	Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma

de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.

Evento 7.

Nombre del caso de uso: **Cálculo de la tarifa o prima – Subcaso: Cálculo de la sobreprima de seguridad**

Alias:**Actores:** Actuario**Evento:** Respuesta del sistema**Descripción:** 1. Cálculo de la sobreprima de seguridad basándose en la desigualdad de Chebysheff (según capítulo 2 apartado 2.6.1.).
2. Mostrar resultados por pantalla.**Eventos alternos:****Alias:****Actores:** Actuario**Línea 1** Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.**Evento 8.**

Nombre del caso de uso: **Cálculo de la tarifa o prima – Subcaso: Cálculo del interés compuesto**

Alias:**Actores:** Actuario**Evento:** Respuesta del sistema**Descripción:** 1. Cálculo del interés compuesto basándose en la Ley del interés compuesto (según capítulo 2 apartado 2.6.3.).
2. Mostrar resultados por pantalla.**Eventos alternos:****Alias:****Actores:** Actuario**Línea 1** Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.**Evento 9.**

Nombre del caso de uso: **Cálculo de la tarifa o prima – Subcaso: Factores de sensibilidad**

Alias:**Actores:** Actuario**Evento:** Respuesta del sistema**Descripción:** 1. Determinar el porcentaje de los gastos administrativos.
2. Capturar la selección.

3. Determinar la tasa de inflación.
4. Capturar la selección.
5. Modificar la sobreprima de seguridad.
6. Capturar la selección.
7. Modificar la tasa de interés compuesto.
8. Capturar la selección.
9. Mostrar los resultados por pantalla.

Eventos alternos:**Alias:****Actores:**

Actuario

Línea 2

No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.

Línea 4

No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.

Línea 6

No se seleccionan las opciones válidas, muestra mensaje informativo.

Línea 8

Si existe algún error en la conexión con la base de datos no continua con el proceso, genera un mensaje de error.

Evento 10.**Nombre del caso de uso: Análisis de la siniestralidad****Alias:****Actores:**

Actuario

Evento:

Respuesta del sistema

Descripción:

1. Selección de la cartera, grupo o portafolio a usarse.
2. Capturar la selección.
3. Seleccionar los factores de riesgos asignados a ese tipo de cartera de riesgo.
4. Capturar la selección.
5. Realizar la consulta a la base de datos para formar el conglomerado de datos filtrados por la cartera determinada y los factores seleccionados.
6. Calcular el índice de siniestralidad según fórmula planteada en el capítulo 2 apartado 2.7.
7. Mostrar por pantalla.
8. Generar el reporte.
9. Imprimir el reporte.
10. Exportar el reporte.

Eventos alternos:**Alias:****Actores:**

Actuario

Línea 2

No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.

Línea 4

No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.

Línea 5	Si existe algún error en la conexión con la base de datos no continua con el proceso, genera un mensaje de error.
Línea 6	Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.

Evento 11.

Nombre del caso de uso: Cálculo de la reserva

Alias:**Actores:**

Actuario

Evento:

Respuesta del sistema

Descripción:

1. Selección de la cartera, grupo o portafolio a usarse.
2. Capturar la selección.
3. Realizar la consulta a la base de datos para formar el conglomerado de datos filtrados por la cartera determinada.
4. Calcular el monto total de los siniestros ocurridos para esa cartera, el cual se representa por la suma total de todos los siniestros ocurridos para esa cartera en el período de tiempo.
5. Calcular los ingresos totales de la empresa obtenidos de esa cartera, el cual se representa por la suma total de todas las primas obtenidas por la empresa para esa cartera en el período de tiempo.
6. Calcular la reserva.
7. Mostrar los datos por pantalla.
8. Generar el reporte.
9. Imprimir el reporte.
10. Exportar el reporte.

Eventos alternos:**Alias:****Actores:**

Actuario

Línea 2

No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.

Línea 3

Si existe algún error en la conexión con la base de datos no continua con el proceso, genera un mensaje de error.

Línea 4

Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.

Línea 5

Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.

Evento 12.

Nombre del caso de uso:	Cálculo de reserva – Subcaso: Cálculo total de los siniestros ocurridos
Alias:	
Actores:	Actuario
Evento:	Respuesta del sistema
Descripción:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selección de la cartera, grupo o portafolio a usarse. 2. Capturar la selección. 3. Selecciona el rango de tiempo a estudiar. 4. Capturar la selección 5. Realizar la consulta a la base de datos para formar el conglomerado de datos filtrados por la cartera determinada. 6. Calcular la sumatoria total de los montos de los siniestros ocurridos que representa el total de los siniestros. 7. Mostrar por pantalla.
Eventos alternos:	
Alias:	
Actores:	Actuario
Línea 2	No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.
Línea 4	No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.
Línea 5	Si existe algún error en la conexión con la base de datos no continua con el proceso, genera un mensaje de error.
Línea 6	Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.
Evento 13.	
Nombre del caso de uso:	Cálculo de reserva – Subcaso: Cálculo del ingreso total de la empresa
Alias:	
Actores:	Actuario
Evento:	Respuesta del sistema
Descripción:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selección de la cartera, grupo o portafolio a usarse. 2. Capturar la selección. 3. Selecciona el rango de tiempo a estudiar. 4. Capturar la selección 5. Realizar la consulta a la base de datos para formar el conglomerado de datos filtrados por la cartera determinada. 6. Calcular el ingreso total, que es la sumatoria total de las primas devengadas para la cartera seleccionada en el

	rango de tiempo seleccionado. 7. Mostrar por pantalla
Eventos alternos:	
Alias:	
Actores:	Actuario
Línea 2	No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.
Línea 4	No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.
Línea 5	Si existe algún error en la conexión con la base de datos no continua con el proceso, genera un mensaje de error.
Línea 6	Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.

Evento 14.

Nombre del caso de uso:	Comparar resultados
Alias:	
Actores:	Actuario
Evento:	Respuesta del sistema
Descripción:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selección de la cartera, grupo o portafolio a usarse. 2. Capturar la selección. 3. Selecciona el rango de tiempo a estudiar. 4. Capturar la selección 5. Realizar la consulta a la base de datos para formar el conglomerado de datos filtrados por la cartera determinada. 6. Realiza la comparación calculando la variación año a año de las diferentes variables y valores empleados para la tarificación dentro de Laboratorio Actuarial. 7. Mostrar por pantalla. 8. Generar reporte. 9. Imprimir reporte. 10. Exportar reporte.
Eventos alternos:	
Alias:	
Actores:	Actuario
Línea 2	No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.
Línea 4	No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.
Línea 5	Si existe algún error en la conexión con la base de datos no continua con el proceso, genera un mensaje de error.
Línea 6	Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma

de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.

Evento 15.

Nombre del caso de uso: **Crear proyecciones**

Alias:**Actores:** Actuario**Evento:** Respuesta del sistema

Descripción:

1. Selección de la cartera, grupo o portafolio a usarse.
2. Capturar la selección.
3. Selecciona el rango de tiempo a estudiar.
4. Capturar la selección.
5. Ingresar la fórmula de regresión a ser utilizada.
6. Capturar fórmula.
7. Realizar la consulta a la base de datos para formar el conglomerado de datos filtrados por la cartera determinada y los factores seleccionados.
8. Aplicar la fórmula de regresión a los datos existente para ese período de tiempo.
9. Mostrar por pantalla.
10. Generar reporte.
11. Imprimir reporte.
12. Exportar reporte.

Eventos alternos:**Alias:****Actores:** Actuario

Línea 2 No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.

Línea 4 No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.

Línea 6 No se ingresó una fórmula válida para procesar, muestra mensaje informativo.

Línea 7 Si existe algún error en la conexión con la base de datos no continua con el proceso, genera un mensaje de error.

Línea 8 Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.

Evento 16.

Nombre del caso de uso: **Generar reporte**

Alias:**Actores:** Actuario**Evento:** Respuesta del sistema

Descripción:

1. Obtención de los resultados de los análisis y cálculos.
2. Construcción del reporte para visualización de acuerdo

al diseño de la aplicación (el caso recomendado es un sistema web, por lo tanto sería en formato XHTML – CSS).

3. Mostrar por pantalla

Eventos alternos:

Alias:

Actores:

Actuario

Línea 1

Si existe algún error en la obtención de los datos no continua con el proceso, genera un mensaje de error.

Evento 17.

Nombre del caso de uso: **Generar reporte – Subcaso: Imprimir reporte**

Alias:

Actores:

Actuario

Evento:

Respuesta del sistema

Descripción:

1. Capturar el reporte generado.
2. Ejecuta la función de impresión.

Eventos alternos:

Alias:

Actores:

Actuario

Línea 1

No se obtiene un reporte válido, muestra mensaje informativo.

Línea 2

Problemas de impresión, se debe enviar un mensaje y volver a intentarlo.

Evento 18.

Nombre del caso de uso: **Generar reporte – Subcaso: Exportar reporte**

Alias:

Actores:

Actuario

Evento:

Respuesta del sistema

Descripción:

1. Capturar el reporte generado.
2. Seleccionar el tipo de formato al cual será exportado el reporte.
3. Capturar la selección
5. Seleccionar lugar de almacenamiento del archivo de reporte.
6. Capturar la selección.
7. Realizar la operación de exportación según el formato.

Eventos alternos:

Alias:

Actores:

Actuario

Línea 2

No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.

Línea 3	No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.
Línea 6	No se seleccionan las opciones válidas, muestra mensaje informativo.
Línea 7	Si existe algún error en la exportación de los datos no continua con el proceso, genera un mensaje de error.

Evento 19.

Nombre del caso de uso:	Guardar los datos
Alias:	
Actores:	Actuario
Evento:	Respuesta del sistema
Descripción:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Obtener los datos a ser guardados. 2. Capturar los datos. 3. Establecer una conexión con la base de datos para ejecutar la acción. 4. Crear una sentencia de inserción de los datos para la base de datos. 5. Ejecutar la consulta.
Eventos alternos:	
Alias:	
Actores:	Actuario
Línea 2	No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.
Línea 3	Si existe algún error en la conexión con la base de datos no continua con el proceso, genera un mensaje de error.
Línea 5	Si existe algún error en la conexión con la base de datos no continua con el proceso, genera un mensaje de error.
Línea 5	Si existe algún error de sintaxis en la ejecución de la consulta a la base de datos no continua con el proceso, genera un mensaje de error.

Evento 20.

Nombre del caso de uso:	Exportar datos
Alias:	
Actores:	Actuario
Evento:	Respuesta del sistema
Descripción:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selección de la cartera, grupo o portafolio a usarse. 2. Capturar la selección. 3. Selecciona el rango de tiempo a estudiar. 4. Capturar la selección 5. Seleccionar los factores de riesgos asignados a ese tipo de cartera de riesgo. 6. Capturar la selección.

	7. Selecciona el tipo de formato al cual se exportarán los datos seleccionados.
	8. Capturar selección.
	9. Seleccionar lugar de almacenamiento del archivo de reporte.
	10. Capturar la selección.
	11. Realizar la consulta a la base de datos para formar el conglomerado de datos filtrados por la cartera determinada y los factores seleccionados.
	12. Realizar la operación de exportación según el formato.
Eventos alternos:	
Alias:	
Actores:	Actuario
Línea 2	No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.
Línea 4	No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.
Línea 6	No se seleccionan las opciones válidas, muestra mensaje informativo.
Línea 8	No se seleccionan las opciones válidas, muestra mensaje informativo.
Línea 10	No se seleccionan las opciones válidas, muestra mensaje informativo.
Línea 11	Si existe algún error en la conexión con la base de datos no continua con el proceso, genera un mensaje de error.
Línea 12	Si existe algún error en la exportación de los datos no continua con el proceso, genera un mensaje de error.

Tabla F.2. Tablas descriptivas de los eventos de cada uno de los casos de uso.

Apéndice G. Diagramas UML de cada uno de los casos de uso que componen al Laboratorio Actuarial.

G.1. Diagramas de Interacción.

► **Número de los Siniestros**

Diagrama de secuencia.
Caso de uso: Análisis Número de Siniestros

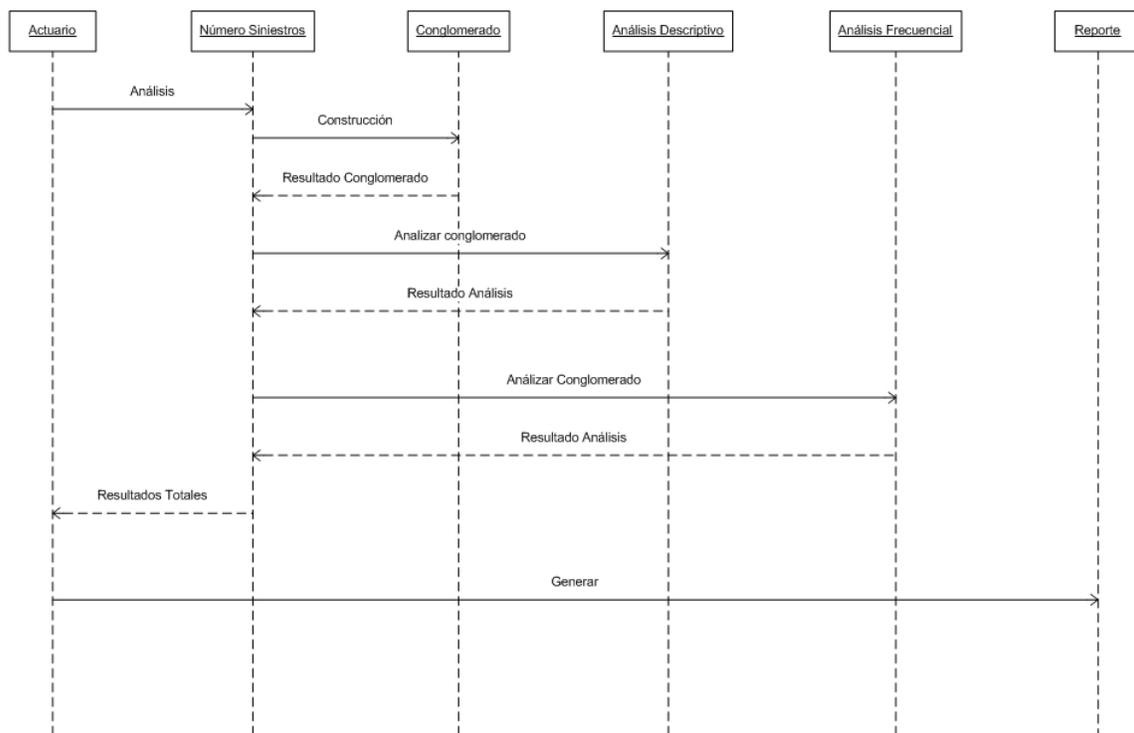


Figura G.1. Diagrama de secuencia para el análisis del número de siniestros.

Diagrama de colaboración.
Caso de uso: Análisis Número de Siniestros

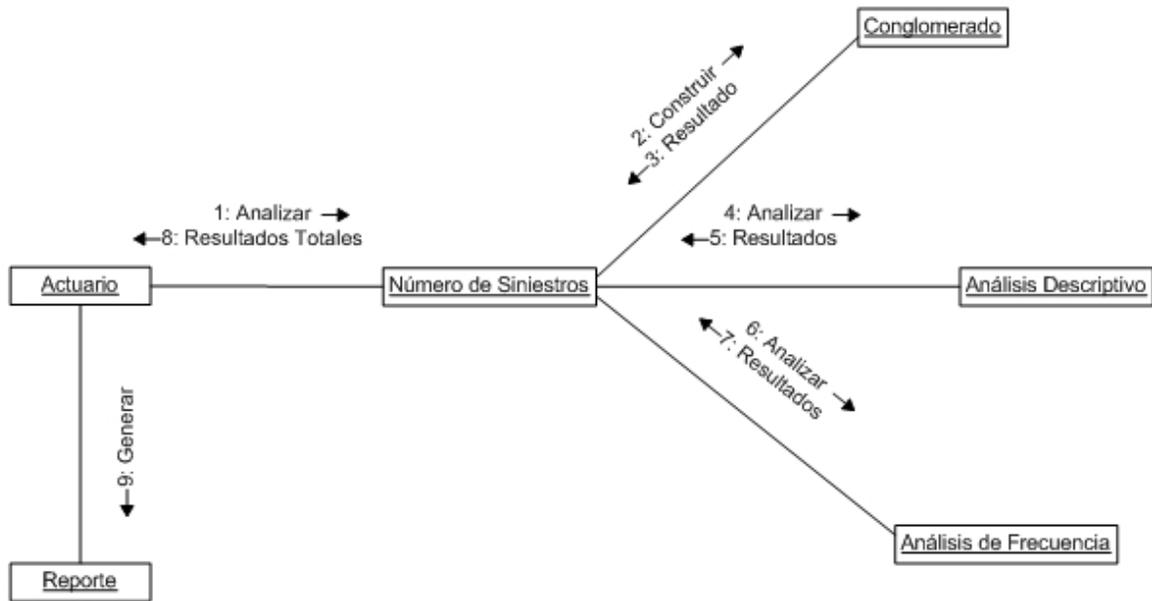


Figura G.2. Diagrama de colaboración para el análisis del número de siniestros.

► **Monto de los siniestros**

Diagrama de secuencia.
Caso de uso: Análisis Monto de los Siniestros

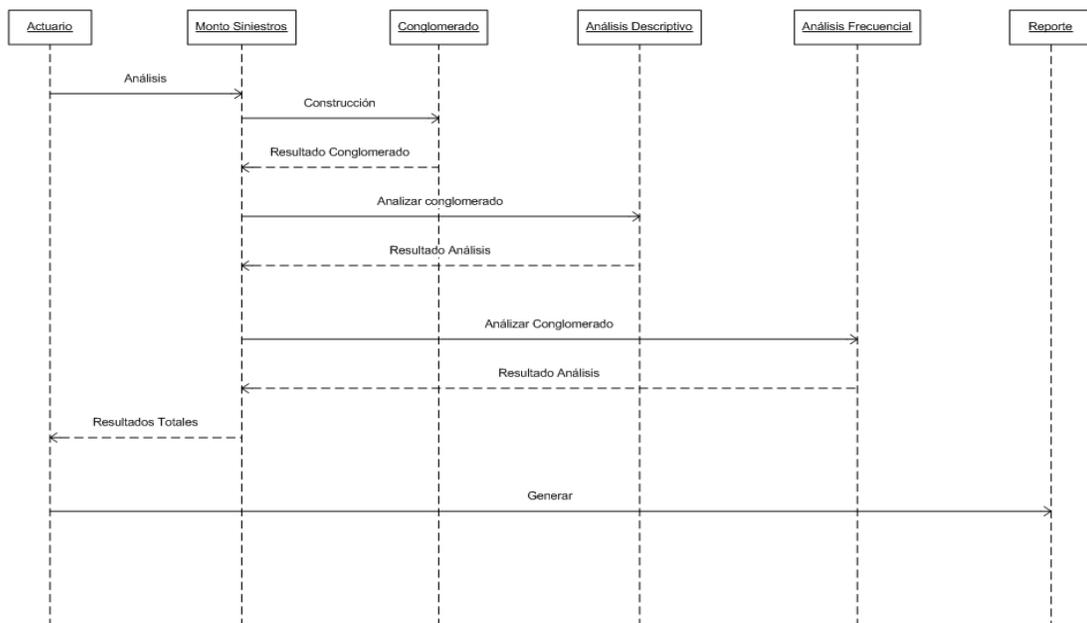


Figura G.3. Diagrama de secuencia para el análisis del monto de los siniestros.

Diagrama de colaboración.
Caso de uso: Análisis Monto de los Siniestros

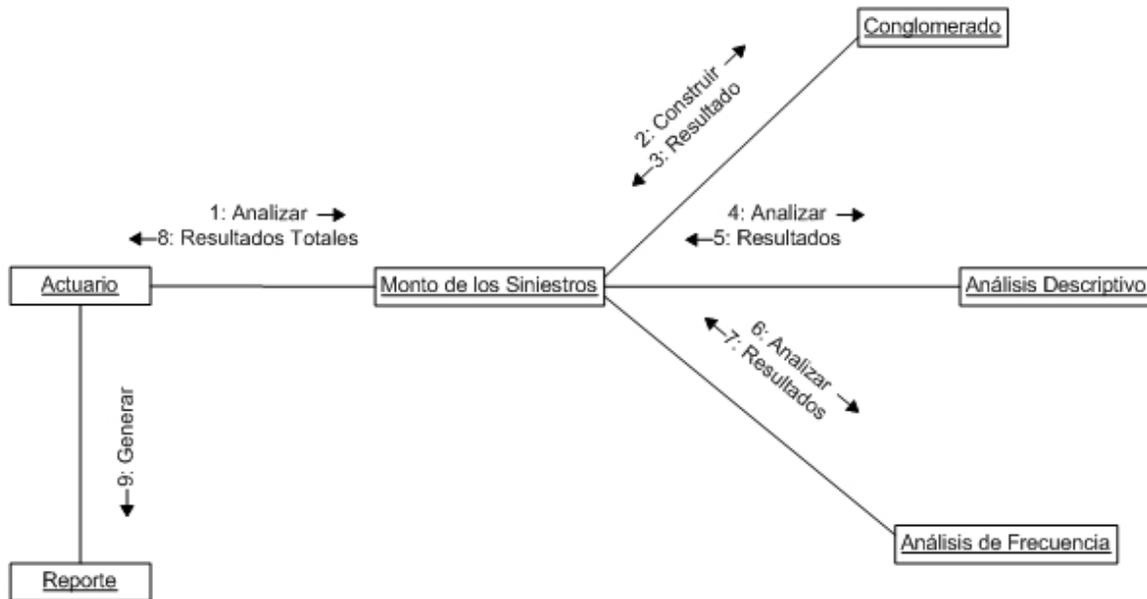


Figura G.4. Diagrama de colaboración para el análisis del monto de los siniestros.

► **Cálculo de la Siniestralidad**

Diagrama de secuencia.
Caso de uso: Cálculo de la Siniestralidad

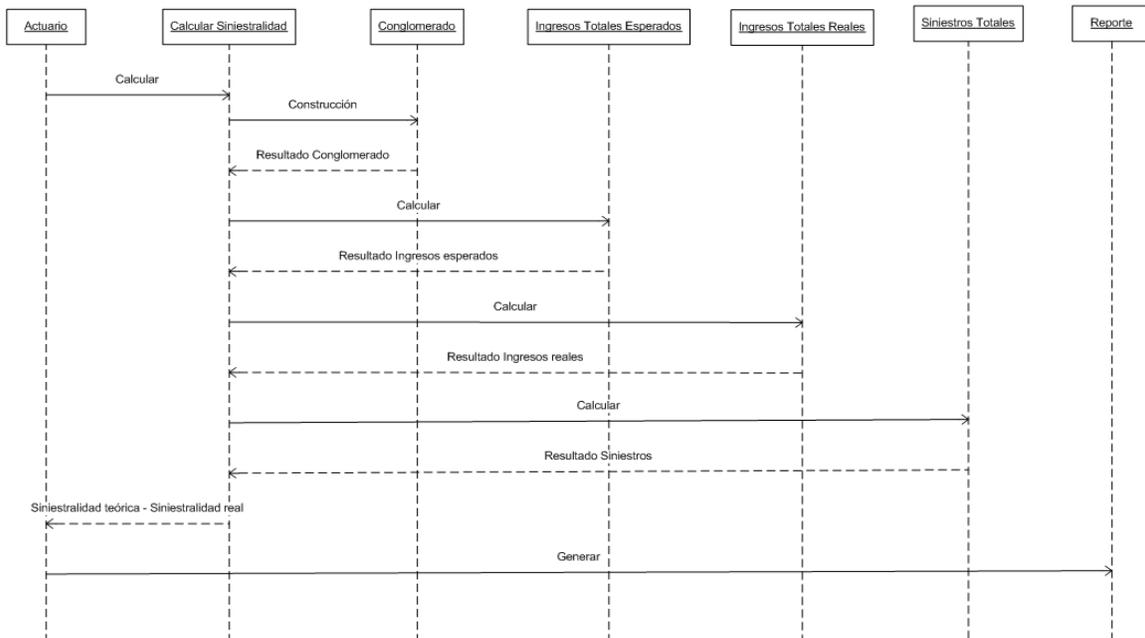


Figura G.5. Diagrama de secuencia para el cálculo de la siniestralidad.

Diagrama de colaboración.
Caso de uso: Cálculo de la Siniestralidad

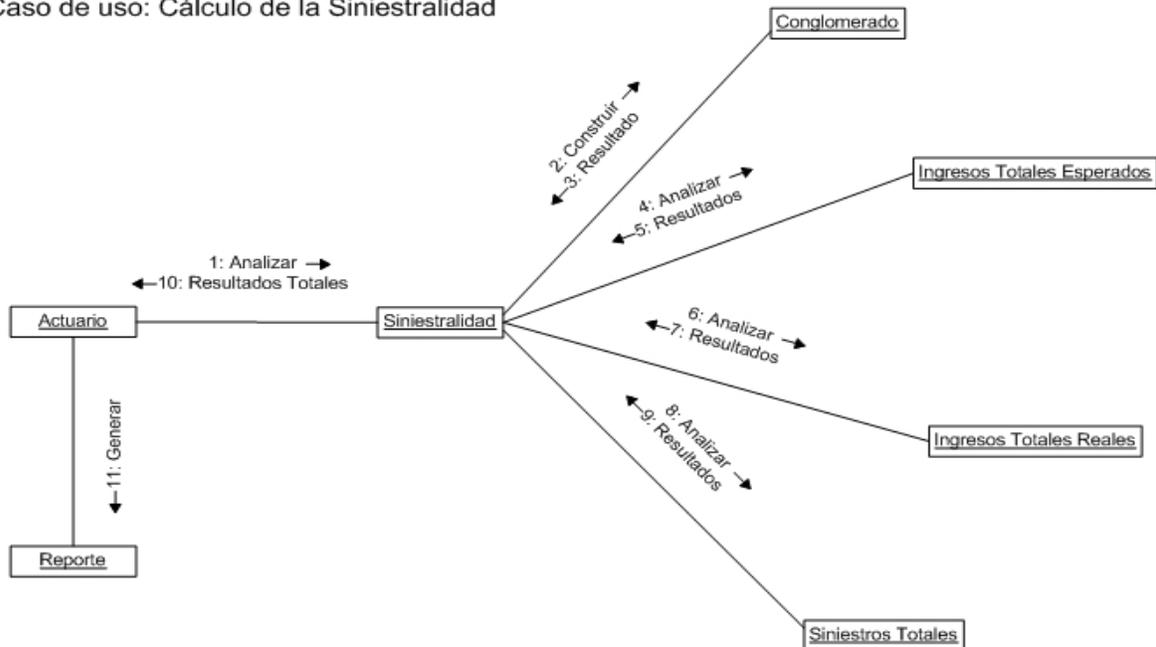


Figura G.6. Diagrama de colaboración para el cálculo de la siniestralidad.

► Cálculo de la reserva de seguridad

Diagrama de secuencia.
Caso de uso: Cálculo de las Reservas

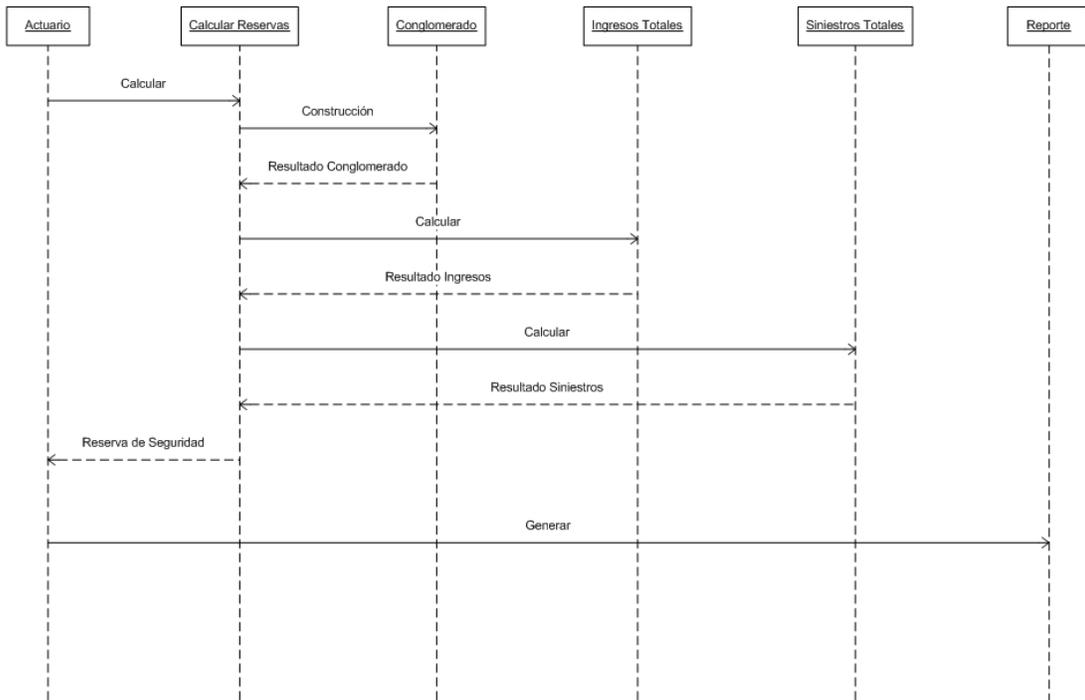


Figura G.7. Diagrama de secuencia para el cálculo de la reserva de seguridad.

Diagrama de colaboración.
 Caso de uso: Cálculo de la Reserva de Seguridad

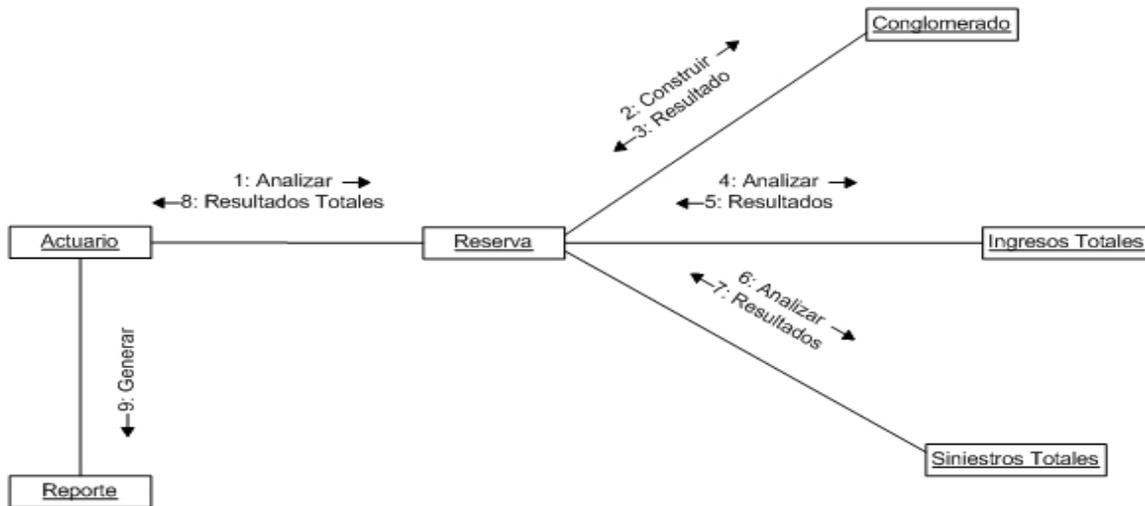


Figura G.8. Diagrama de colaboración para el cálculo de la reserva de seguridad.

Reportes

Diagrama de secuencia.
 Caso de uso: Reportes

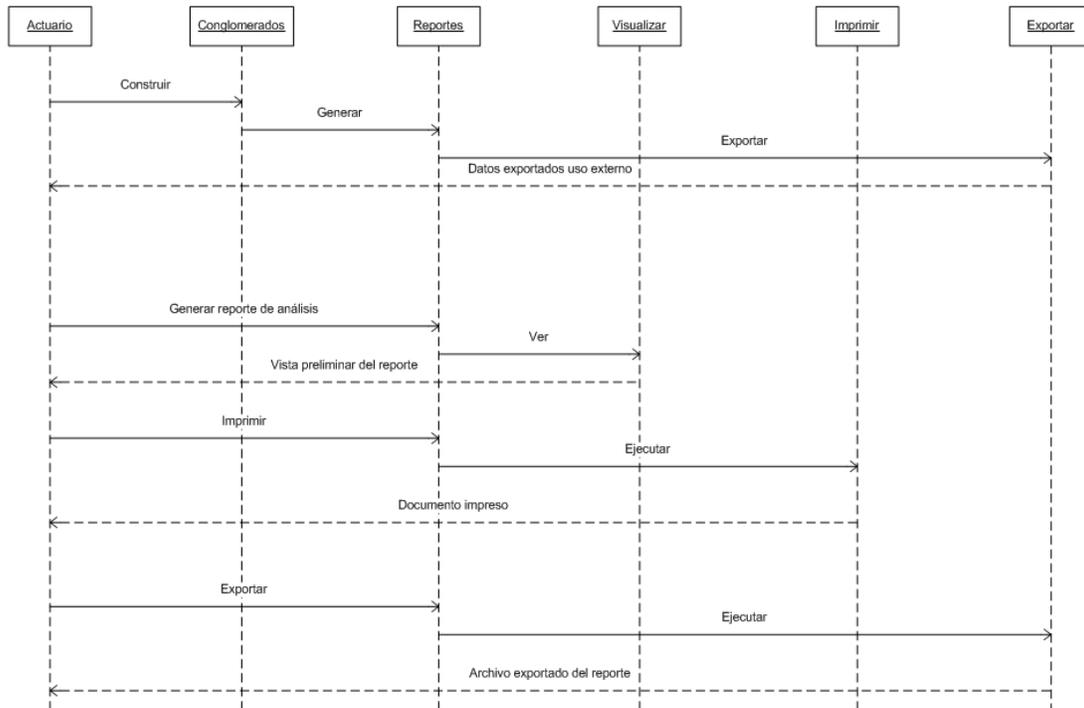


Figura G.9. Diagrama de secuencia para la generación de los reportes.

Diagrama de colaboración.
Caso de uso: Reportes

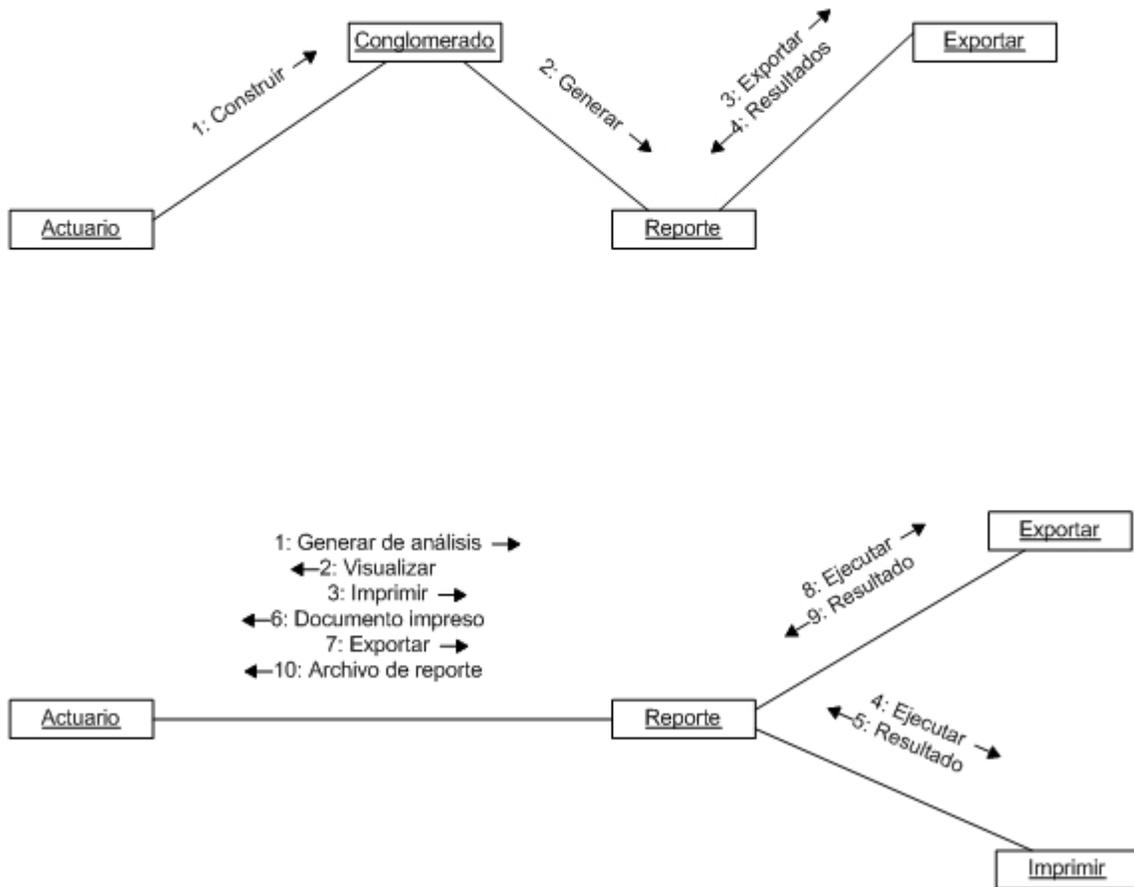


Figura G.10. Diagrama de colaboración para la generación de reportes.

G.2. Diagramas de Estado.

Diagrama de Estados 2.

Diagrama de Estado
Objeto: Reporte

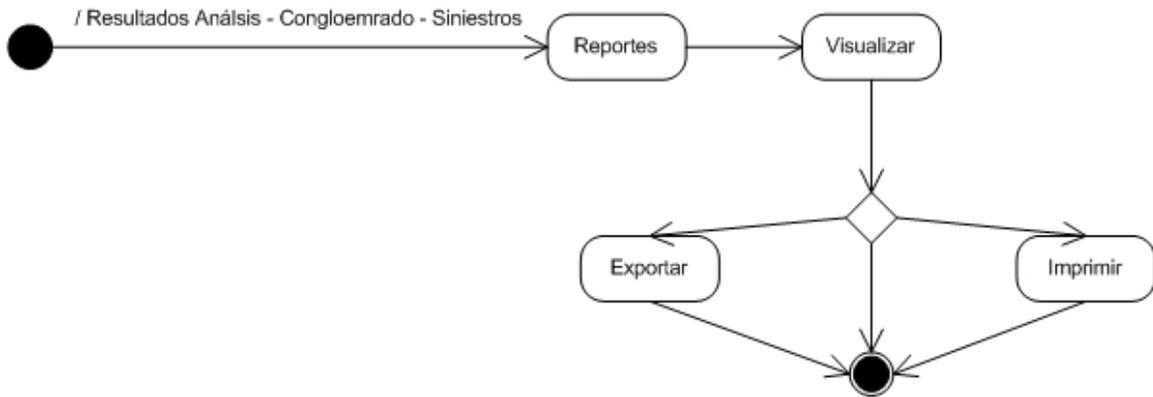


Diagrama de Estado
Objeto: Reservas

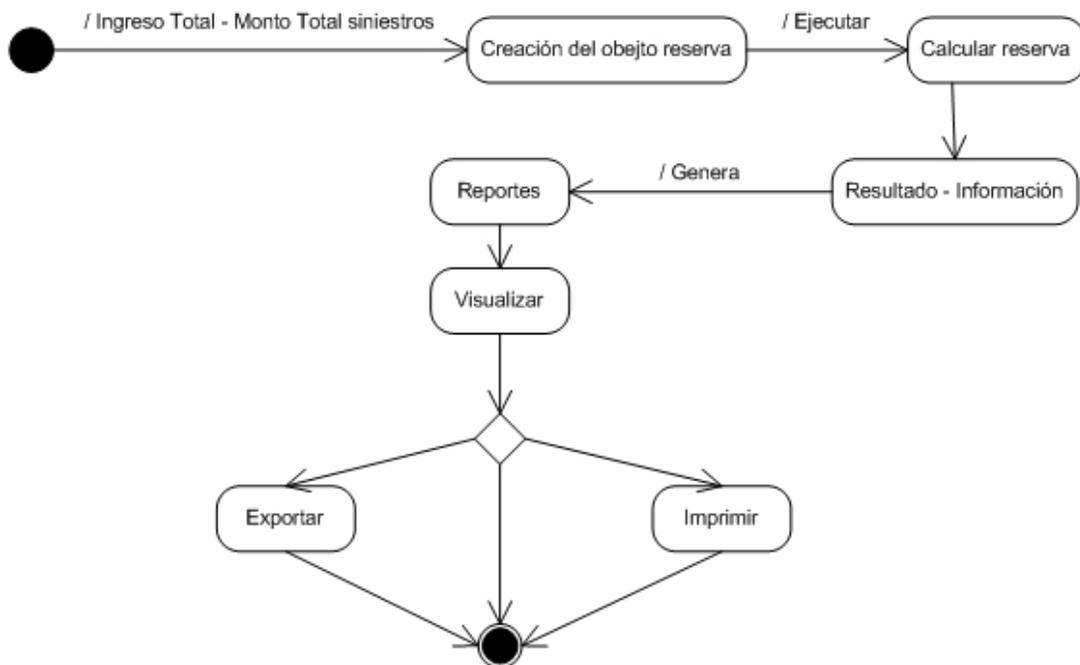


Figura G.11. Diagrama de estado para los objetos Reserva y Reporte.

Diagrama de Estado 3.

Diagrama de Estado
Objeto: Siniestralidad

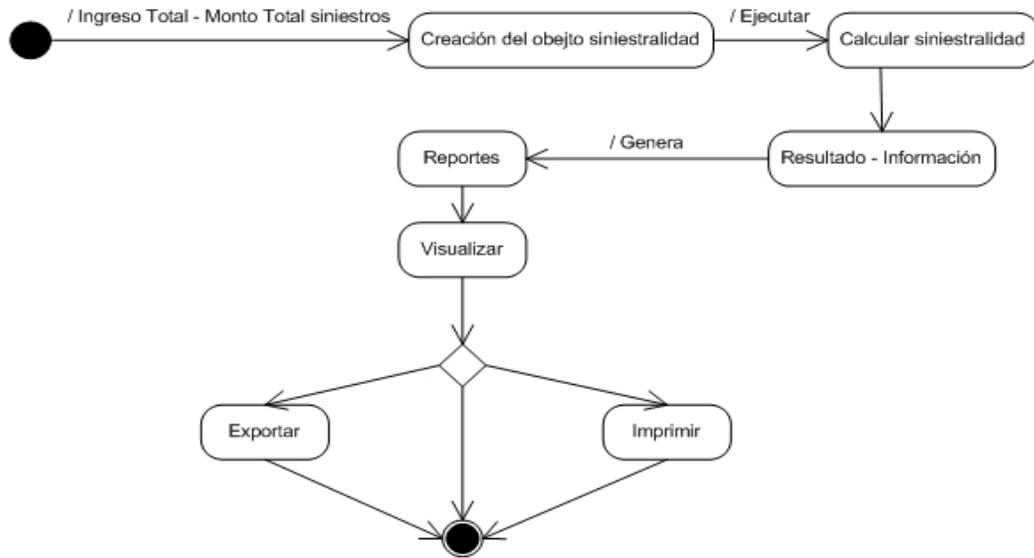


Diagrama de Estado
Objeto: Prima

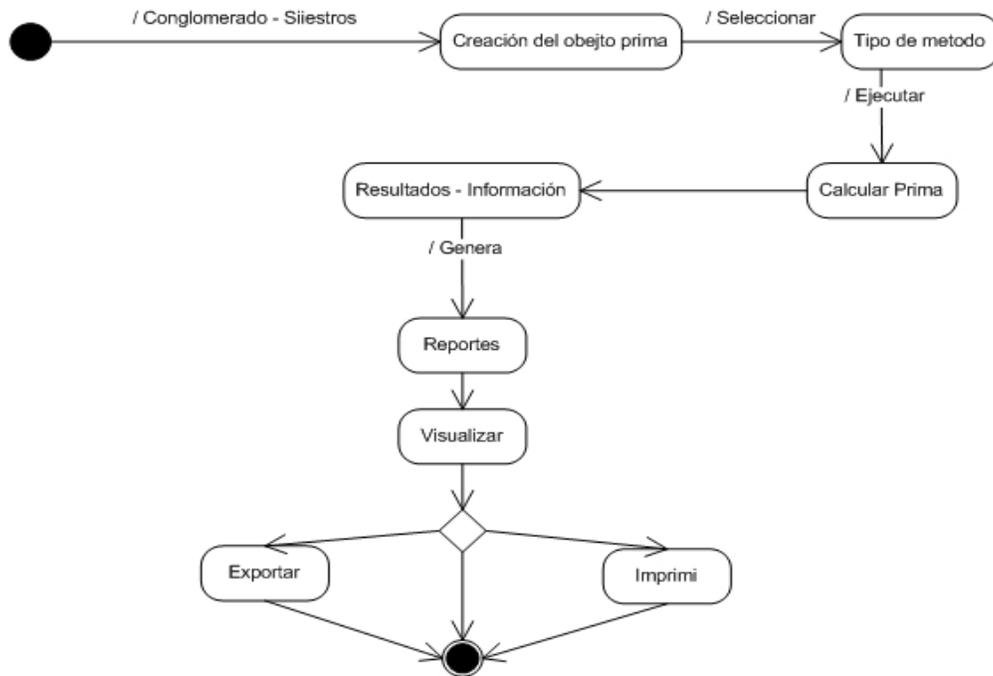


Figura G.12. Diagrama de estado para los objetos Siniestralidad y Prima.

Diagrama de Estado 4.

Diagrama de Estado
Objeto: Análisis

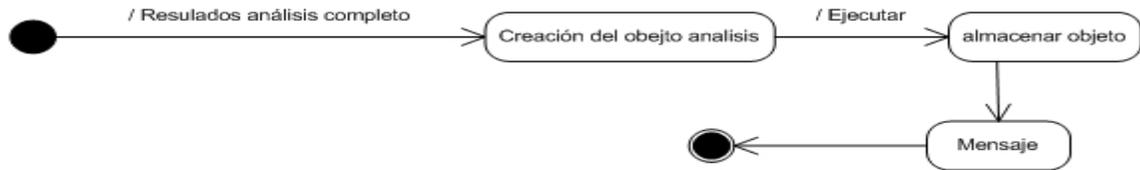


Figura G.13. Diagrama de estado para el objeto Análisis.

G.3. Diagrama de actividades.

Diagrama de Actividades 2.

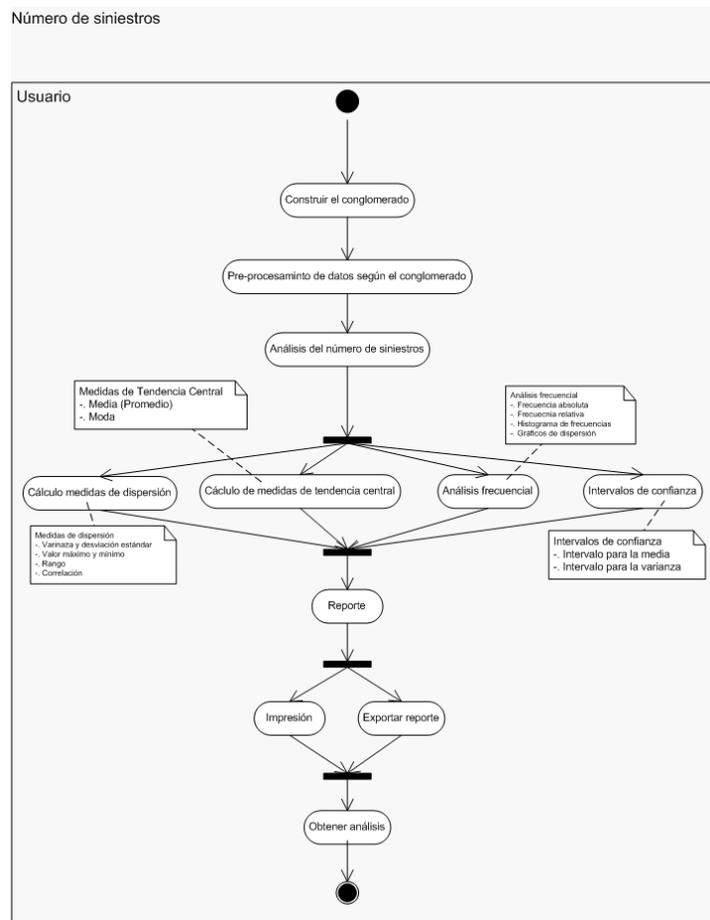


Figura G.14. Diagrama de actividades para el número de siniestros.

Diagrama de Actividades 3.

Monto de los siniestros

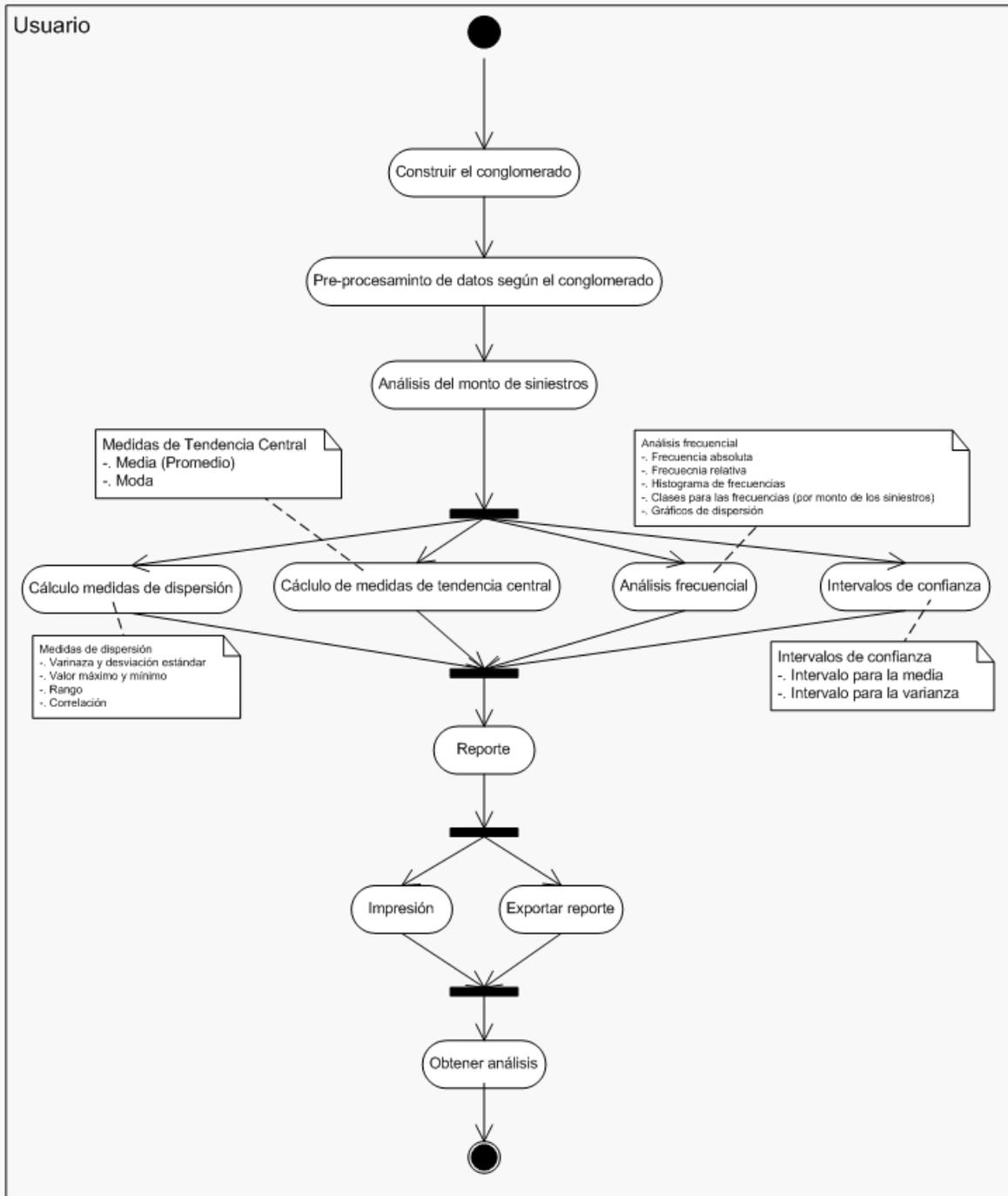


Figura G.15. Diagrama de actividades para el monto de los siniestros.

Diagrama de Actividades 4.

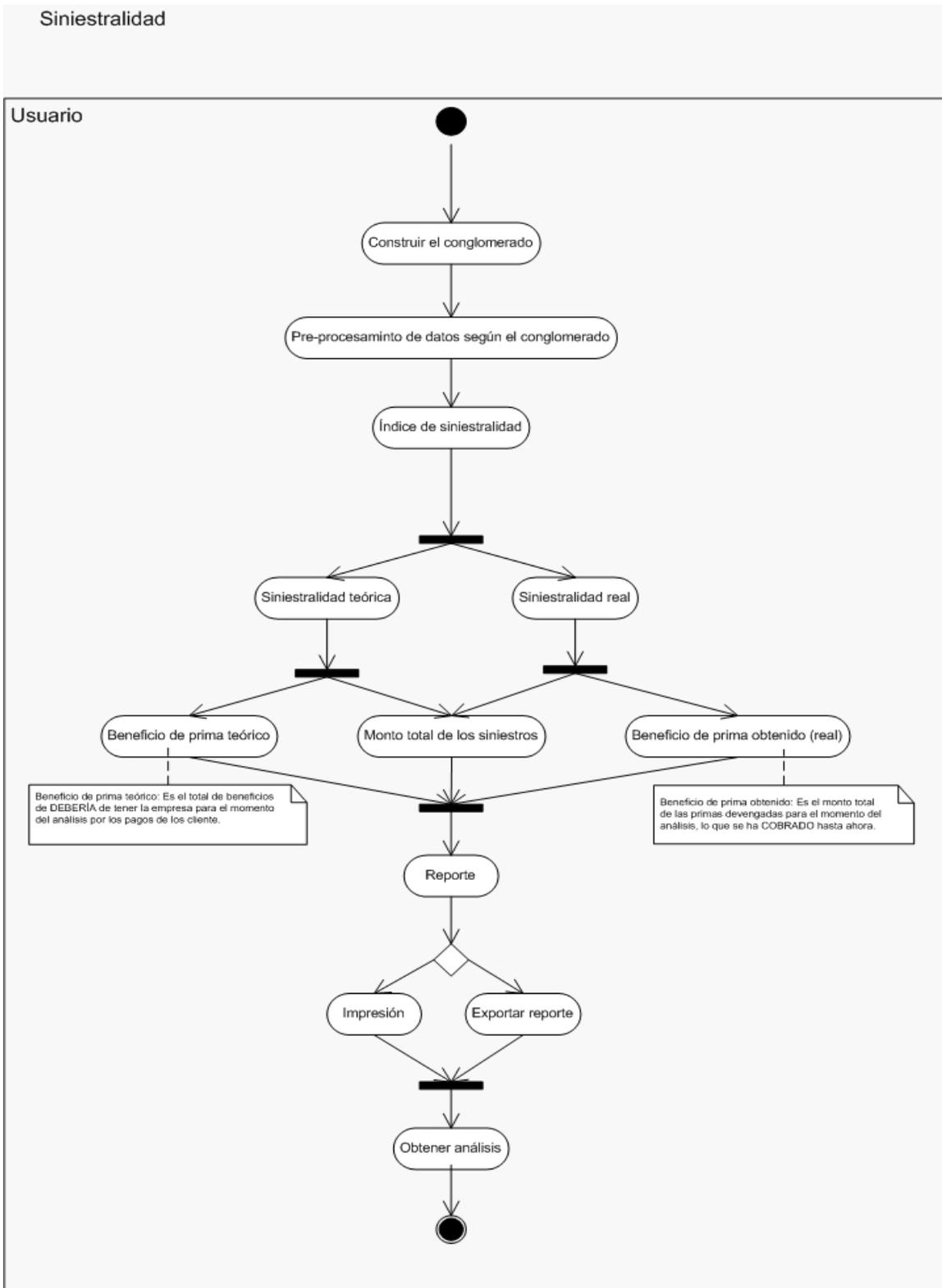


Figura G.16. Diagrama de actividades para el índice de siniestralidad.

Diagrama de Actividades 5.

Reserva de Seguridad

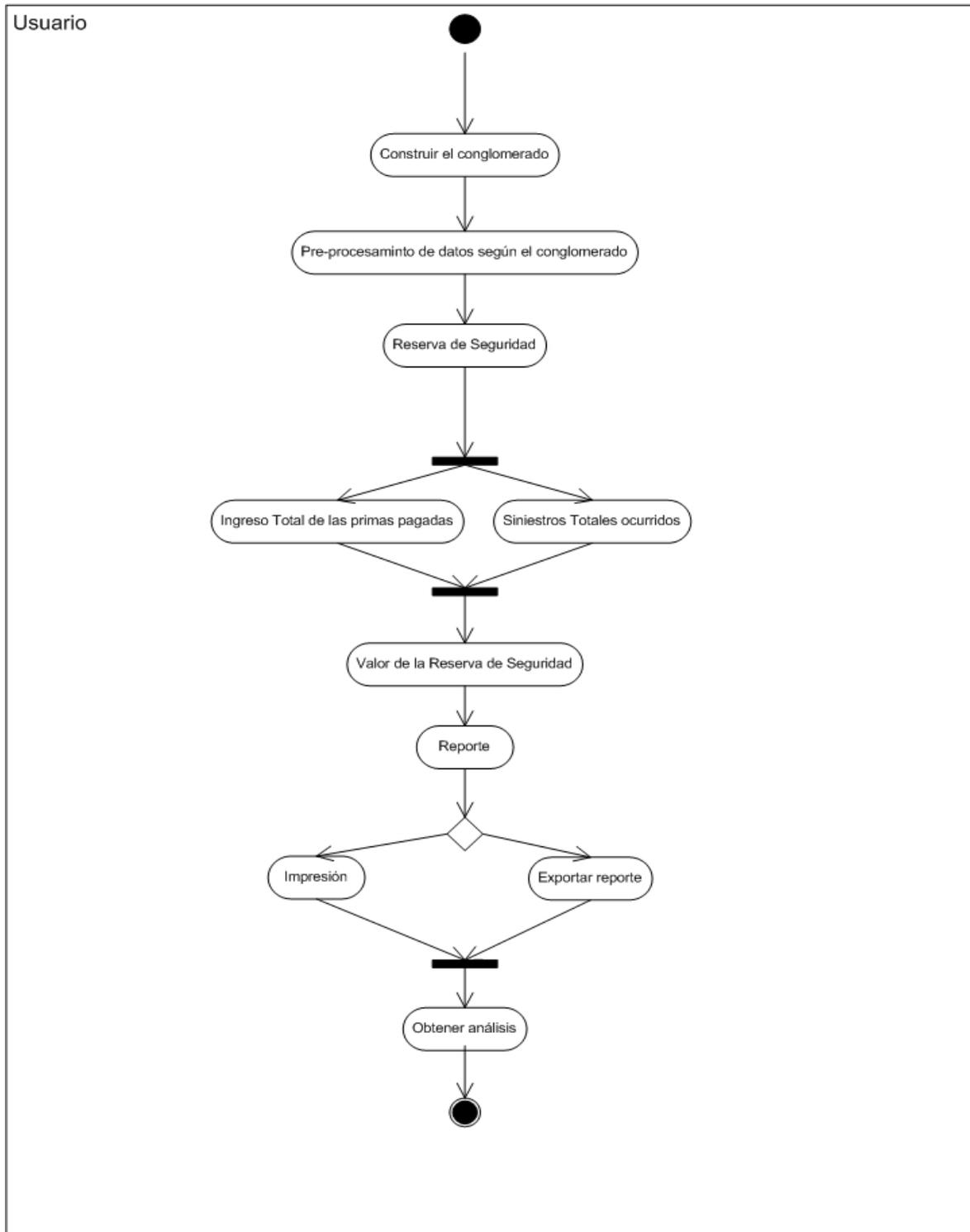
**Figura G.17. Diagrama de actividades para el cálculo de las reservas.**

Diagrama de Actividades 6.

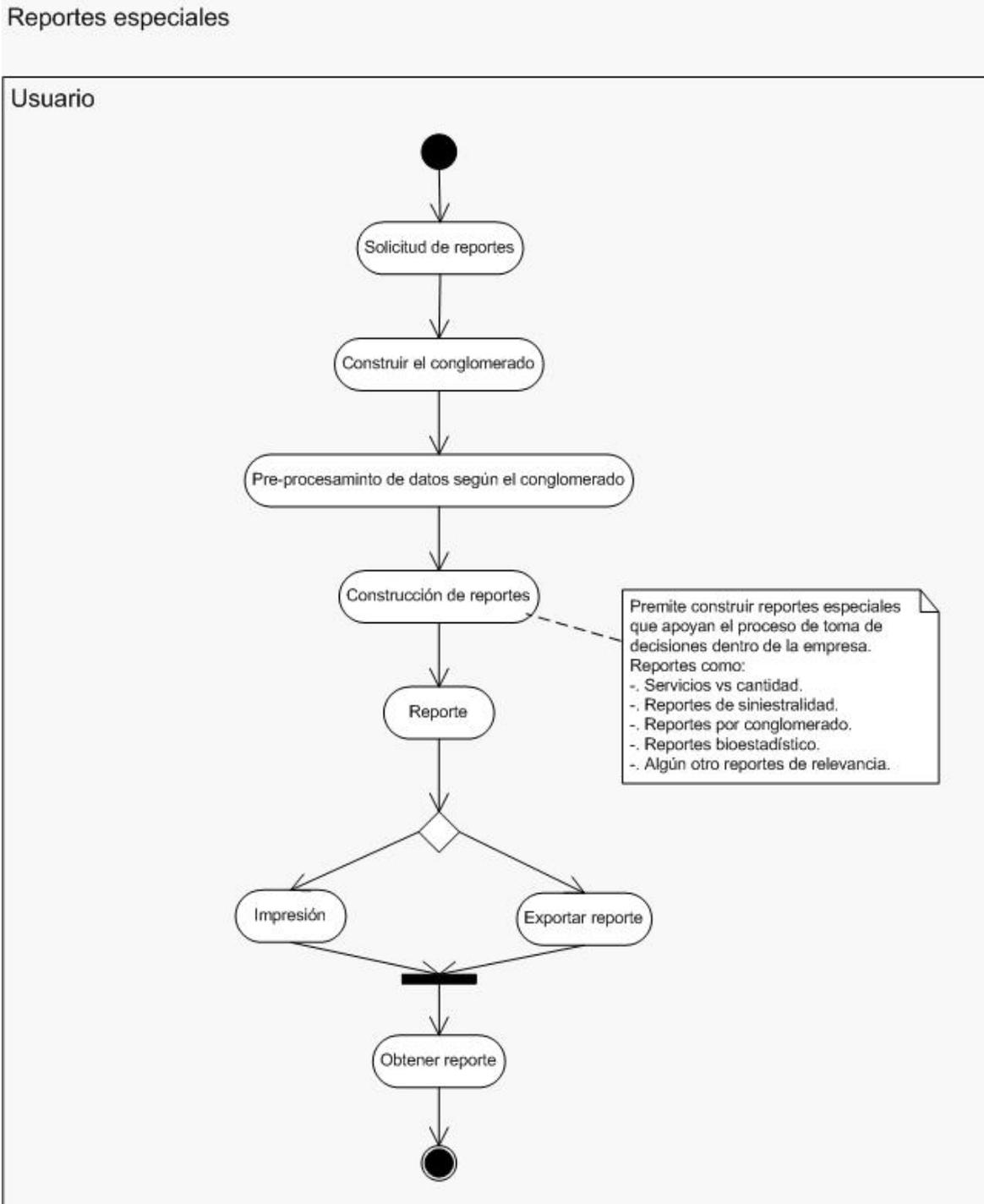


Figura G.18. Diagrama de actividades para la generación de reportes.

Diagrama de Actividades 7.

Comparaciones

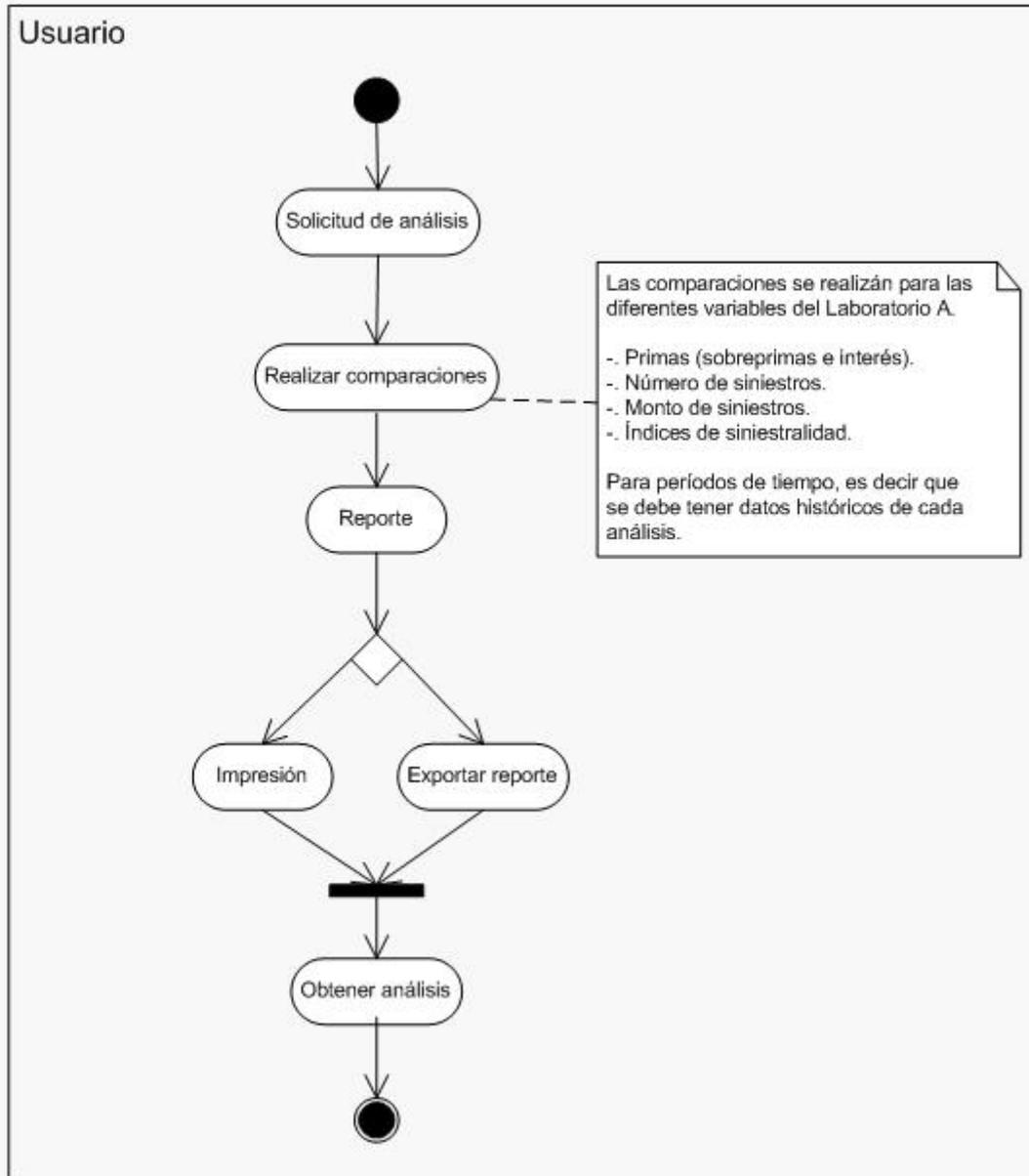


Figura G.19. Diagrama de actividades para la comparación de variables.

Diagrama de Actividades 8.

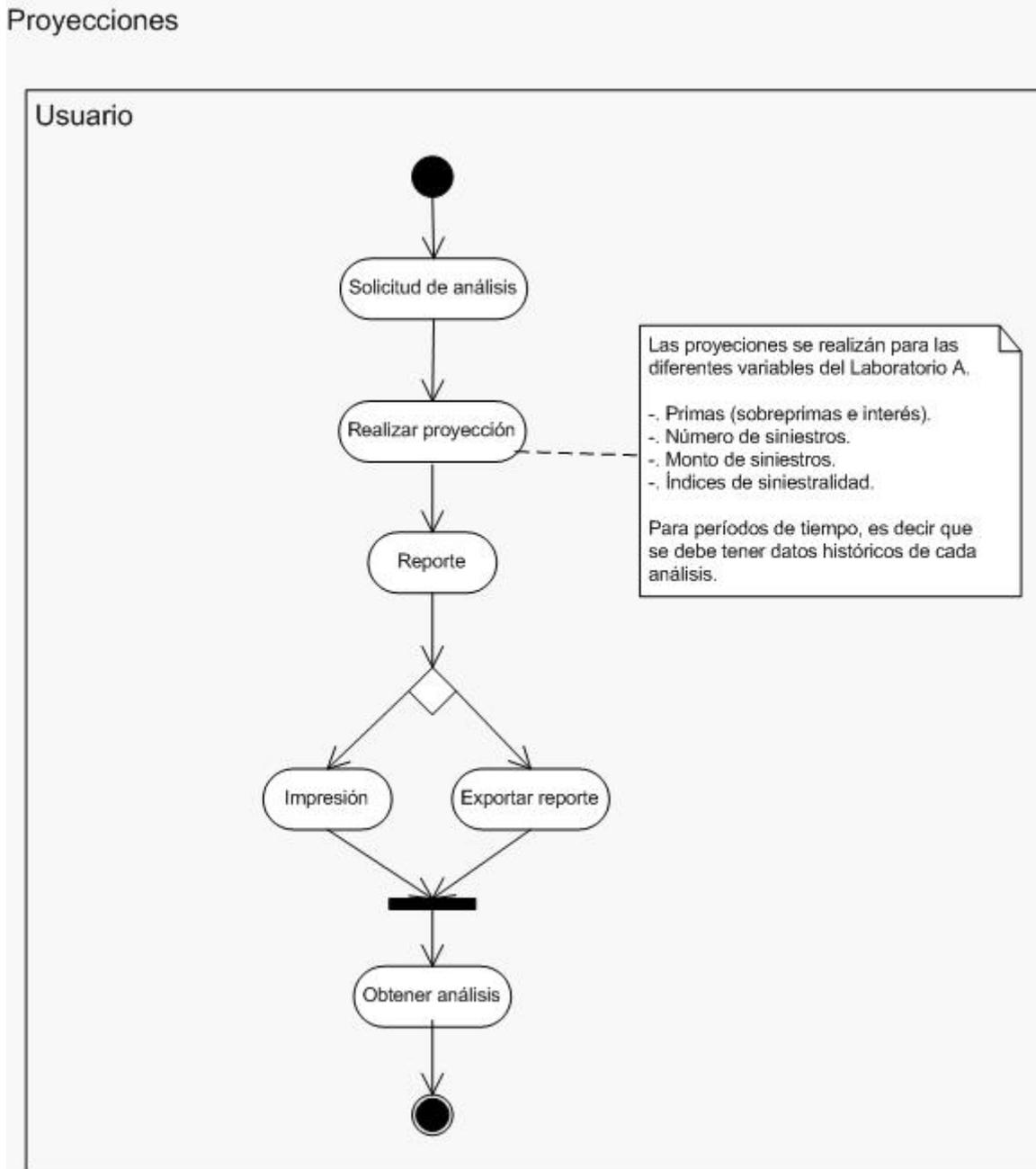


Figura G.20. Diagrama de actividades para el cálculo de proyecciones en el tiempo.