



**Machain, Luciano**

**Tarallo, Adrián**

*Instituto de Investigaciones y Asistencia Tecnológica en Administración, Escuela de Administración*

## **METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE CAPITAL ECONÓMICO POR RIESGO DE CRÉDITO Y RIESGO OPERACIONAL PARA UNA ENTIDAD FINANCIERA**

### **RESUMEN:**

En el presente trabajo se introduce la metodología de cálculo del capital económico necesario para afrontar los eventos de pérdida inesperada para el riesgo de crédito de una cartera comercial y para el riesgo operacional de una entidad financiera "pequeña" ubicada en el percentil 25% tomando como referencia al patrimonio neto de la entidad. La metodología de cálculo se basa en la utilización de modelos de simulación. Para el caso de riesgo de crédito, se analiza una cartera comercial y se combina el uso de simulación tomando como insumo a las matrices de transición entre situaciones crediticias. Para el cálculo del capital económico por riesgo operacional se sigue una metodología de medición avanzada (*Advanced Measurement Approach* o AMA) modelando la severidad de las pérdidas y la frecuencia de los eventos en forma separada y luego agregando la pérdida anual.

Palabras clave: Riesgo de crédito, riesgo operacional, capital económico.

### **1. INTRODUCCION**

De acuerdo a lo establecido por la normativa vigente por parte del Banco Central de la República Argentina,<sup>1</sup> las entidades financieras deberán presentar un informe de

---

<sup>1</sup> Comunicación "A" 5515 Apartado V "Informe de Autoevaluación del Capital" y modificaciones.



autoevaluación conteniendo el proceso de autoevaluación del capital, el cual contendrá el perfil de riesgos de la entidad; el gobierno societario, su gestión y control de los riesgos; planificación del capital y pruebas de estrés; entre otras cuestiones. Dentro del ámbito de la gestión de los riesgos, se deberán exponer los riesgos que resulten significativos para la entidad y la política de gestión de los mismos, incluyendo los modelos de identificación y cuantificación utilizados para este proceso.

La normativa vigente dicta los lineamientos de medición y cuantificación del capital económico de la entidad. Estos lineamientos tienen por objeto la determinación de los recursos que la entidad deberá mantener de acuerdo al perfil de riesgo asumido. La normativa no establece un modelo de cuantificación específico para la determinación del capital económico y deja cierta holgura a la entidad para el desarrollo del modelo que más se adapte a su perfil de negocios. No obstante, el informe de autoevaluación deberá contener el detalle de los modelos desarrollados, los fundamentos de su utilización, la forma de estimación de los parámetros<sup>2</sup> y su valor estimado, los resultados a los que se ha arribado y las diferencias que pudieran surgir entre el modelo aplicado y los determinados mediante los requerimientos normativos para capitales mínimos.

La cuantificación del capital económico de acuerdo al modelo aplicado permitirá la planificación de necesidades futuras de capital a corto, mediano y largo plazo, debiendo la entidad manejarse con un criterio de prudencia de manera tal de atesorar el capital necesario para hacer frente a posibles pérdidas imponderables que pudieran ocurrir. Para ello, y en forma adicional a los modelos de cuantificación del riesgo, se deben realizar pruebas de estrés que reflejen diferentes escenarios dadas diferentes probabilidades de ocurrencia.

El presente trabajo tiene como objeto presentar el enfoque aplicado para la determinación del capital económico por riesgo de crédito para una cartera comercial y capital económico por riesgo operacional. La entidad financiera bajo análisis se cataloga como "pequeña" y se ubica aproximadamente en el percentil 25% tomando como referencia al patrimonio neto de la entidad en comparación con la totalidad de entidades del sistema financiero argentino, conteniendo el percentil 1% a las entidades con menor patrimonio.

---

<sup>2</sup> La normativa hace referencia explícita a la determinación de la probabilidad de default (PD), la pérdida dado el impago (LGD), a la exposición al momento del impago (EAD) y a las correlaciones que existan.



Debido a las características inherentes a la entidad, se optó por la utilización de modelos de simulación de Montecarlo, dada la flexibilidad de modelización que brinda esta herramienta y su adaptabilidad a las necesidades y datos de la entidad. No obstante, los modelos presentados pueden ser potencialmente utilizados en entidades de mayor tamaño y complejidad.

A continuación, se describe la metodología utilizada para el cálculo de capital económico por riesgo de crédito de la entidad. Seguidamente se presenta la metodología aplicada para la cuantificación del capital económico por riesgo operacional. Por cuestiones de confidencialidad y según corresponda, se omiten cifras y partidas reales o se remplazan por valores ficticios. No obstante, el procedimiento de cuantificación no se ve alterado.

## 2. RIESGO DE CRÉDITO DE LA CARTERA COMERCIAL

Para la determinación del capital económico de la cartera comercial en consumo de la entidad se utiliza información histórica relevada sobre la composición de dicha cartera. Los datos relevados incluyen, con una frecuencia mensual, la situación de cada cliente al último día de cada mes. En particular, se obtiene la situación crediticia de cada cliente de manera dinámica permitiendo analizar su evolución crediticia a través del tiempo. El período analizado abarca cinco años. La Tabla 1 contiene un resumen del esquema correspondiente a la base de datos de la cartera analizada. La tabla contiene como primera columna al nombre del cliente. Posteriormente se indican la fecha, la situación crediticia en esa fecha y el saldo de deuda del cliente. Seguidamente se informa, a efectos comparativos la situación en el mes inmediato anterior. Finalmente, la base de datos cuenta con otra serie de atributos como, por ejemplo, el CUIT del cliente.

Cliente	Fecha Actual	Calificación Actual	Deuda Actual	Fecha Anterior	Calificación Anterior	Otros atributos (ej.: CUIT)
Cliente X	31-01-2015	1	12.583	31-12-2014	1	...
Cliente Y	31-01-2015	3	25.232	31-12-2014	2	...
...	...	...	...	...	...	...
Cliente X	28-02-2015	1	18.296	31-01-2015	1	---
....	...	...	...	...	...	...

Tabla 1. Esquema de la base de datos utilizada (valores ficticios).



La clasificación de la cartera se basa en 5 categorías definidas de acuerdo a la clasificación de deudores según la normativa del BCRA. La situación 1 corresponde a una "situación normal", en donde el cliente es capaz de atender adecuadamente todos los compromisos financieros. La situación 2 corresponde a clientes con riesgo relativamente bajo y que ocasionalmente pueden presentar algún atraso de entre 30 a 90 días. La situación 3 indica clientes en negociación que muestran alguna incapacidad para cancelar sus obligaciones. El atraso en esta clasificación va desde los 91 a los 180 días. En la situación 4 se encuentran aquellos clientes alto riesgo de insolvencia y con problemas para atender normalmente la totalidad de sus compromisos financieros. Estos clientes presentan un atraso de más de 180 días y hasta 1 año. Por último, la situación 5 corresponde a clientes "irrecuperables".

Las deudas en esta última categoría en general tienen un atraso superior a un año y se consideran incobrables. Aquellos clientes en situación 5 que en algún momento fueron excluidos de la cartera para pasar a legales son reincorporados de manera tal de reflejar la situación real. Aquellos clientes cuya situación actual es 1 pero no existe calificación anterior indican que se ha producido un ingreso a la cartera. Por otro lado, si no existe calificación actual, se ha producido una cancelación. De esta manera, es posible estudiar la dinámica de la cartera y su evolución temporal.

Debido al proceso inflacionario que ha acontecido en el país durante los años analizados, y a efectos de poder comparar cifras, se ajustan los valores de deuda en función del índice precios al consumidor (nivel general). Estos saldos son indexados a la fecha de corte del análisis.

## **2.1. Metodología de cálculo del capital económico por riesgo de crédito**

De acuerdo al Bank of International Settlements (BIS), el capital económico puede definirse como los métodos o prácticas que permiten a los bancos consistentemente evaluar el riesgo y atribuir capital para cubrir los efectos producidos por incurrir en actividades de riesgo. Desde el punto de vista cuantitativo, es el capital necesario y disponible en el banco para poder afrontar y absorber posibles pérdidas inesperadas para un período determinado y bajo un nivel de confianza establecido de manera tal de



permanecer solvente. La Figura 1 muestra el esquema de determinación del capital económico desde el punto de vista de la distribución de probabilidad de las pérdidas. Las pérdidas esperadas vienen dadas por el valor esperado de la distribución de probabilidad. Este monto representa el promedio de las pérdidas que se espera incurrir en un tiempo determinado, generalmente un año. Las pérdidas inesperadas pueden ser obtenidas de la distribución de probabilidad de las pérdidas asumiendo un nivel de confianza que marcará el punto de corte de la cola derecha de la distribución (por ejemplo, 99,90%). El capital económico es la diferencia entre el punto de corte y la pérdida esperada.

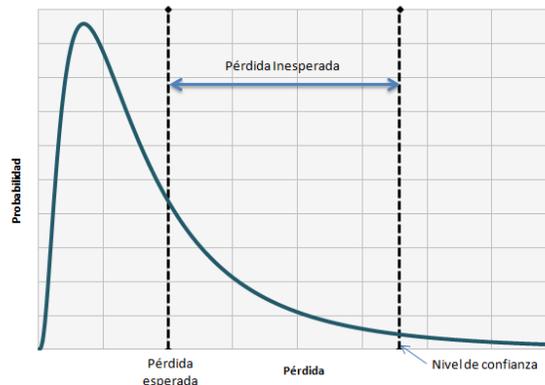


Figura 1: Distribución de pérdidas. Cálculo del capital económico.

El cálculo del capital económico para el riesgo de crédito de la cartera analizada implica, como primera medida, estimar las pérdidas potenciales en las que puede incurrir la entidad como consecuencia de la morosidad de la cartera. Sobre la base de datos recolectada, se trabaja en la confección de las matrices de transición históricas entre situaciones crediticias de los clientes que componen la cartera. Las matrices de transición permiten obtener las probabilidades de migración crediticia de la cartera de manera tal que poder estimar la proporción de la misma que potencialmente pueda incurrir en situaciones de incumplimiento o default. En general, aquellos clientes que se encuentran en situación 3 o superior serán indicados como aquellos que sentarán las bases para la determinación de dicho capital.



### 2.1.1. Matrices de transición

Las matrices de transición son estimadas bajo la metodología de cohortes, determinando en formato mensual los montos de la cartera por situación y luego consolidadas en formato anual para estimar las probabilidades de migración entre situaciones crediticias. El método de cohorte implica que  $N_{i,t}$  es el monto de la cartera perteneciente a la calificación  $i$  al comienzo del período  $t$  y  $N_{ij,t}$  es el monto de la cartera perteneciente a la calificación  $i$  al comienzo del período  $t$  que ha pasado a la situación  $j$  al final del período  $t$ . La probabilidad de transición  $\hat{p}_{ij,t}$  puede estimarse según la ecuación 1.

$$\hat{p}_{ij,t} = \frac{N_{ij,t}}{N_{i,t}} \quad (1)$$

Para la cartera bajo análisis, se estiman las matrices de transición correspondientes a un período de cinco años. El incluir en el análisis la información histórica de matrices para cinco años permite reflejar diferentes estados de la cartera a través del tiempo. Esta característica es considerada con posterioridad para el cálculo del capital económico. La Tabla 2 muestra, a modo de ejemplo, las probabilidades de transición estimadas para un año. En general, es de esperar que las diagonales comprendan los mayores valores porcentuales, indicando que el sistema de migración crediticia es relativamente estable. Las diagonales de las matrices indican la probabilidad que la cartera al inicio del período permanezca dentro de la misma situación al finalizar el mismo. Es también de esperar que a medida que se incrementa la morosidad de la cartera, la probabilidad de incumplimiento aumente.

	Cancelado	Situación 1	Situación 2	Situación 3	Situación 4	Situación 5
	<b>Año</b>					
<b>Cancelado</b>	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<b>Situación 1</b>	3,21%	95,41%	1,23%	0,15%	0,00%	0,00%
<b>Situación 2</b>	3,24%	25,37%	63,47%	7,92%	0,00%	0,00%
<b>Situación 3</b>	0,45%	2,69%	6,45%	82,87%	7,54%	0,00%
<b>Situación 4</b>	0,00%	0,02%	0,01%	0,05%	92,36%	7,56%
<b>Situación 5</b>	0,00%	0,03%	0,00%	0,14%	1,23%	98,60%

Tabla 3: Matriz de migración crediticia (valores ficticios).



Para estudiar la interrelación entre las distintas situaciones crediticias y sus probabilidades de transición, se estiman las correlaciones entre las series de datos de las mismas. Si existe alguna correlación significativa entre migraciones crediticias, ésta puede ser incorporada al modelo de determinación del capital económico. Las correlaciones suelen ser relevantes en situaciones de mayor grado de incobrabilidad. En general, estas correlaciones suelen ser negativas, lo cual indica que cuando aumenta la migración hacia una situación disminuye la cartera que queda dentro de la misma situación. Estas correlaciones son consideradas a posterioridad en el diseño del modelo para el cálculo del capital económico. De esta manera, se le incluye mayor dinamismo al modelo para que refleje de manera más precisa el posible comportamiento futuro de la cartera.

#### 2.1.2. Ajuste de distribuciones de probabilidad de la exposición de la cartera

En el apartado anterior se obtienen las probabilidades de incumplimiento utilizando las matrices de transición históricas de la cartera. Estas ponderaciones son utilizadas como estimadores de las probabilidades de incumplimiento futuras. Para poder estimar la exposición potencial a la que pueda incurrir en incumplimiento se estudia el comportamiento de cada cartera de clientes subdividida por situación. Para poder estimar la distribución de probabilidad de cada sub-categoría se homogeneizan los montos correspondientes indexándolos de acuerdo al índice de precios al consumidor. Según lo esperado, se observan distribuciones de frecuencias asimétricas con colas anchas similares a la distribución planteada en la Figura 1 (asimetría positiva).

Tomando como base las distribuciones de probabilidad históricas de la cartera es posible ajustar sobre estos datos aquellas distribuciones que mejor representen el comportamiento de estas variables de manera tal que capturen en forma eficiente esta conducta, incluyendo las colas pesadas observadas. Estas distribuciones de probabilidad teóricas pueden ser luego utilizadas para computar la exposición al default de cada situación crediticia de la cartera. Para la elección de los ajustes se realizan tres tipos de test de hipótesis: test chi-cuadrado, test de Kolmogorov-Smirnov y test de Anderson-Darling. Los dos últimos ponen más énfasis en las colas de la distribución. Para la cartera analizada y para diferentes situaciones crediticias, las distribuciones de probabilidad seleccionadas corresponden a la distribución Lognormal y a la distribución Weibull. Como



es de esperar, estas distribuciones ajustadas reflejan la asimetría antes mencionada, y se encuentran en sintonía con la literatura académica para modelar riesgo de crédito y operacional y las sugerencias del BIS.<sup>3</sup>

Adicionalmente, es de esperar que las distribuciones de probabilidad de las cinco diferentes situaciones crediticias se encuentren correlacionadas entre sí. Por este motivo, se estiman dichas correlaciones, las cuales son luego utilizadas para el diseño del modelo para la determinación del capital económico. Estas correlaciones permiten reflejar las interrelaciones que existen entre las distribuciones de probabilidad de cada situación. En general, se espera que las correlaciones entre la situación 5 y el resto sean negativas, indicando que a mayores montos en la cartera en situación 5, menor el monto de la cartera en otras situaciones. Estas correlaciones reflejan el comportamiento pasado de estas variables y se asume que se mantendrán a futuro.<sup>4</sup>

## **2.2 Modelo para la determinación del capital económico de la cartera comercial**

El cálculo del capital económico de la cartera comercial de la entidad se estima mediante el desarrollo de un modelo de simulación de Montecarlo. El modelo se nutre también del cálculo de matrices de transición, por lo tanto, es un modelo híbrido que combina ambas técnicas. En primer lugar, se modelan las probabilidades de transición entre situaciones crediticias. Para ello, se toman los rangos históricos de matrices de transición y se asume una distribución del tipo uniforme continua dentro de dicho rango. De esta manera, es posible abarcar la totalidad de probabilidades observadas en el período de cinco años, teniendo en consideración diferentes estados de la economía durante dicho lapso.<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> Por ejemplo, Basel Committee on Banking Supervision. Consultative Document Operational risk – Revisions to the simpler approaches, October 2014.

<sup>4</sup> Nótese que estas correlaciones se diferencian de las anteriormente calculadas. En este caso, se miden las correlaciones entre la totalidad de la cartera en una situación determinada. Por otra parte, las correlaciones indicadas en la sección anterior muestran las correlaciones entre diferentes migraciones crediticias dentro de una misma situación, por ejemplo, la correlación entre la probabilidad que una deuda se encuentre en situación 3 en el período  $t$  y  $t+1$  con la chance que una deuda que se encuentre en situación 3 en el período  $t$  y 4 en el  $t+1$ .

<sup>5</sup> Debido a que por definición la suma de las probabilidades de una situación determinada debe sumar 1, al ajuste que correspondiera por la aleatorización del modelo es aplicado a la situación actual, es decir, se asume que el ajuste en más/menos para cumplir con dicha condición queda dentro de la misma situación crediticia (no migración).



Asimismo y como se indicó con anterioridad, se incluyen las correlaciones significativas entre las probabilidades de migración.

Habiendo determinado las variables de entrada del modelo de simulación que corresponden a las probabilidades de migración crediticia, el siguiente paso es determinar las variables de entrada correspondiente a las distribuciones de probabilidad de la cartera por situación y según los ajustes realizados. Adicionalmente, se modelan las correlaciones correspondientes entre estas variables. La determinación del capital económico se realiza considerando un atraso mayor a 90 días como fecha de corte. Es decir, la porción de la cartera en riesgo de estar en situación 3 o posterior determina el capital necesario para afrontar posibles pérdidas.

La Figura 2 muestra esquemáticamente el modelo de simulación. Como se mencionó en los párrafos anteriores, las variables de entrada del modelo vienen dadas por las distribuciones de probabilidad para la exposición al default (por situación crediticia) y las distribuciones de probabilidad correspondientes a la dinámica de las probabilidades de default (migración crediticia). Como variable de salida de la simulación se estiman las pérdidas potenciales. El capital económico es con posterioridad estimado desde la distribución de probabilidad de las pérdidas. El cálculo de las pérdidas se realiza considerando un atraso de 90 días o superior (situación 3 y posteriores). La ecuación 2 refleja la modalidad de cálculo.

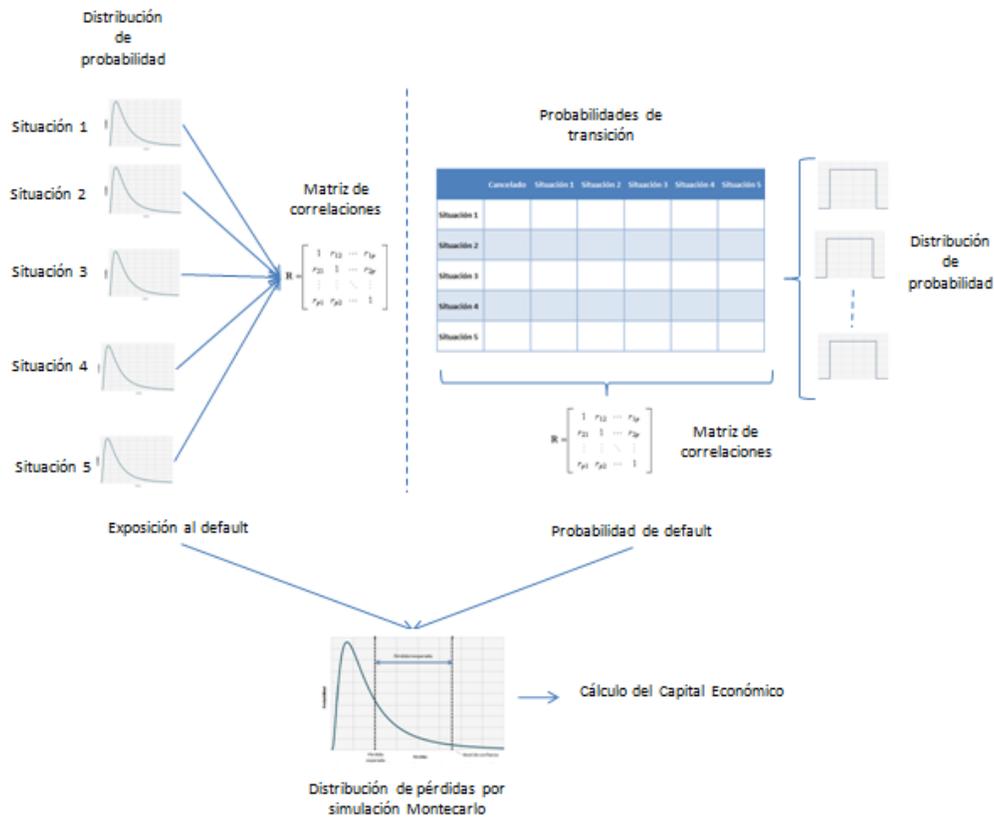


Figura 2: Esquema del modelo de simulación por riesgo de crédito.

$$L = \sum_{S=1}^2 \left[ EAD_S \times \sum_{i=3}^5 PD_{Si} \right] + \sum_{S=3}^5 EAD_S \times LGD_S \quad (2)$$

$$LGD_S = 1 - PC_S$$

Donde  $L$  es el monto de la pérdida esperada,  $EAD_S$  es el monto de exposición al default de la situación crediticia  $S$  y  $PD_{Si}$  es la probabilidad de migración de la situación  $S$  a la situación  $i$ .  $LGD_S$  es la fracción de  $EAD_S$  que resulta perdida y se calcula como el porcentaje que se obtiene luego de considerar la probabilidad de cancelación de la cartera en situación  $S$  o  $PC_S$ . Es decir, la ecuación anterior calcula la pérdida potencial como la sumatoria de las pérdidas para cada situación crediticia. Para las exposiciones en situaciones 1 y 2, la pérdida es calculada



considerando solo la porción con probabilidades de migrar a situación 3 o superior.  $LGD_S$  se estima como  $1-PC_S$ . Nótese que para  $S=1$  y  $S=2$  no se incluye  $LGD_S$  puesto que solo se considera la parte de  $EAD_S$  que tiene atraso mayor a 90 días, es decir,  $PD_{Si}$  con  $i=3,4,5$ .<sup>6</sup>

Por la construcción del modelo,  $EAD_S$ ,  $PD_{Si}$  y  $PC_S$  son variables aleatorias. De esta manera, el proceso de simulación estima la distribución de probabilidad de las pérdidas. El capital económico es calculado según lo indicado en la Figura 1, es decir, la media de la distribución es la pérdida esperada (EL), se selecciona un nivel de confianzas para estimar la pérdida inesperada (UL) y se calcula el capital económico como la diferencia entre UL y EL.

### 3. RIESGO OPERACIONAL

Para la determinación del riesgo operacional de la entidad se recaban datos de eventos de pérdida referidos a dicho concepto para un período de cinco años. Para una correcta comparación, se indexan los montos utilizando el índice de precios al consumidor. Como es de esperar, la distribución de frecuencias de los eventos presenta colas pesadas hacia la derecha.

#### 3.1. Metodología del cálculo del capital económico para el riesgo operacional

Dentro de las metodologías sugeridas para la cuantificación del riesgo operacional existen tres alternativas. En primer lugar, el método de indicador básico (BIA), el cual utiliza un porcentaje fijo que es multiplicado por algún indicador relevante. En segundo lugar, el denominado método estandarizado (TSA), el cual agrega un factor de ponderación al cálculo anterior según la línea de negocios. Por último, los métodos avanzados (AMA), los cuales utilizan información de las pérdidas operacionales de la entidad.

---

<sup>6</sup> De las matrices de transición surge que  $PC_S + \sum_{i=1}^5 PD_{Si} = 1$ ,  $S = 1, \dots, 5$ .



Para el análisis de la base de datos de los eventos de riesgo operacional de la entidad se siguió un modelo de medición avanzado. El procedimiento para el cálculo del riesgo operacional es la utilización de la distribución de las pérdidas (*Loss Distribution Approach*). Bajo esta metodología, se estiman, en forma separada, la frecuencia de los eventos (*Loss Frequency*) y la severidad de las pérdidas (*Loss Severity*). Comúnmente, las pérdidas potenciales son clasificadas en diferentes tipos de eventos de acuerdo a su riesgo. En tal sentido, las Normas de Basilea II proponen siete eventos de riesgo operacional: fraude interno; fraude externo; relaciones laborales y seguridad en el puesto de trabajo; prácticas con clientes, productos y negocios; daños a activos materiales; incidencias en el negocio y fallos en los sistemas; ejecución, entrega y gestión de procesos. Debido a la inexistencia de un número suficientemente relevante para cada categoría en la base de datos analizada, se opta por considerar a la totalidad de los eventos dentro de una misma categoría. No obstante, se delimita la distribución de las pérdidas observadas segregando la cola de la distribución, según se detalla a continuación.

### 3.1.1. Severidad de las pérdidas

Estimar la distribución de probabilidad de la severidad de las pérdidas para el riesgo operacional suele ser dificultoso si se define una única distribución debido a la presencia de eventos en la cola derecha de la distribución. Si se ajusta una única distribución, puede suceder que se produce un modelado correcto de los eventos de pérdida dentro del área de mayor densidad de la curva, pero el ajuste suele ser pobre en las zonas de baja densidad (cola de la distribución). Este comportamiento se debe a la presencia de muy pocos eventos en dicha zona al realizar el ajuste. Por este motivo y para solucionar este inconveniente, la severidad de las pérdidas es usualmente modelada en dos etapas. Por un lado, se determina la distribución del cuerpo principal de la distribución de las pérdidas y, por el otro, se modela en forma separada la cola de la distribución. Para ello,



previamente se define un umbral sobre el cual delimitar dicha separación. La Figura 3 muestra esquemáticamente esta situación.

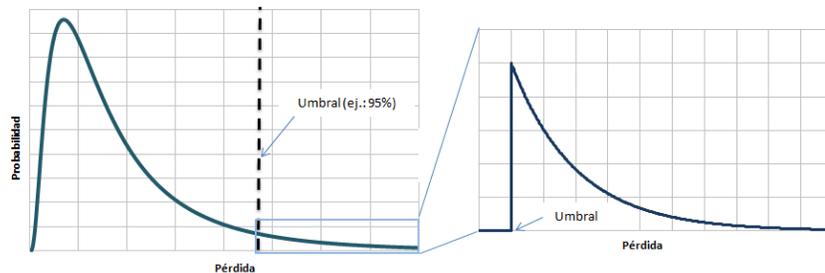


Figura 3: Ajuste separado del cuerpo y cola de la distribución según umbral.

Para modelizar la severidad de las pérdidas se ajustan las distribuciones de probabilidad teóricas correspondientes al cuerpo y cola de la distribución. Para el ajuste del cuerpo de la distribución, se determina una distribución Lognormal. Para la cola de la distribución y siguiendo la teoría del valor extremo, se ajusta una distribución Pareto generalizada (GPD), comúnmente utilizada para modelar este tipo de eventos.<sup>7</sup>

### 3.1.2. Frecuencia de los eventos de pérdidas

El siguiente componente para la determinación del capital económico para el riesgo operacional es la estimación de la frecuencia de los eventos de pérdidas. Para la elección de la distribución de las frecuencias se utiliza una distribución Poisson, comúnmente utilizada para generar el número de eventos de riesgo operacional en el año. La elección de los parámetros para cada distribución puede realizarse en base a la media o mediana histórica. Adicionalmente, se asume que no existe correlación entre los diferentes tipos de eventos (cuerpo y cola de la

<sup>7</sup> Para la distribución Lognormal se utilizan los test de hipótesis chi-cuadrado, Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling. Para la distribución GPD se utiliza el test de bondad de ajuste de Villasenor y Gonzalez.



distribución), es decir, los eventos generados para el cuerpo de la distribución son independientes de eventos extremos que puedan ocurrir.

### 3.1.3. Distribución de pérdidas anual agregada

Para estimar la distribución de las pérdidas agregada se corre un modelo de simulación. El esquema planteado se encuentra en la Figura 4. Básicamente, el modelo extrae de manera aleatoria un número  $n$  de eventos de pérdida en un año y simultáneamente se generan  $n$  valores aleatorios pertenecientes a la distribución de severidad de las pérdidas. La pérdida anual es luego calculada mediante la suma de las  $n$  pérdidas individuales. Este mismo proceso se hace tanto para el cuerpo de la distribución como para la cola de la distribución de las pérdidas. La pérdida agregada anual es igual a la suma de ambas, según se indica en la ecuación 3.

$$AL_Y = \sum_{i=1}^n SL_{C,i} + \sum_{i=1}^j SL_{T,i} \quad (3)$$

Donde  $AL_Y$  es la pérdida agregada anual;  $SL_{C,i}$  es la severidad de la pérdida del cuerpo de la distribución para el evento  $i$ ;  $SL_{T,i}$  es la severidad de la pérdida de la cola de la distribución para el evento  $i$ ;  $n$  y  $j$  representan la cantidad de eventos anuales para el cuerpo y la cola de la distribución respectivamente. Iterando el modelo de simulación se obtiene la distribución de probabilidad de las pérdidas anuales. El capital económico es luego calculado para un determinado nivel de confianza según lo indicado en la Figura 1.

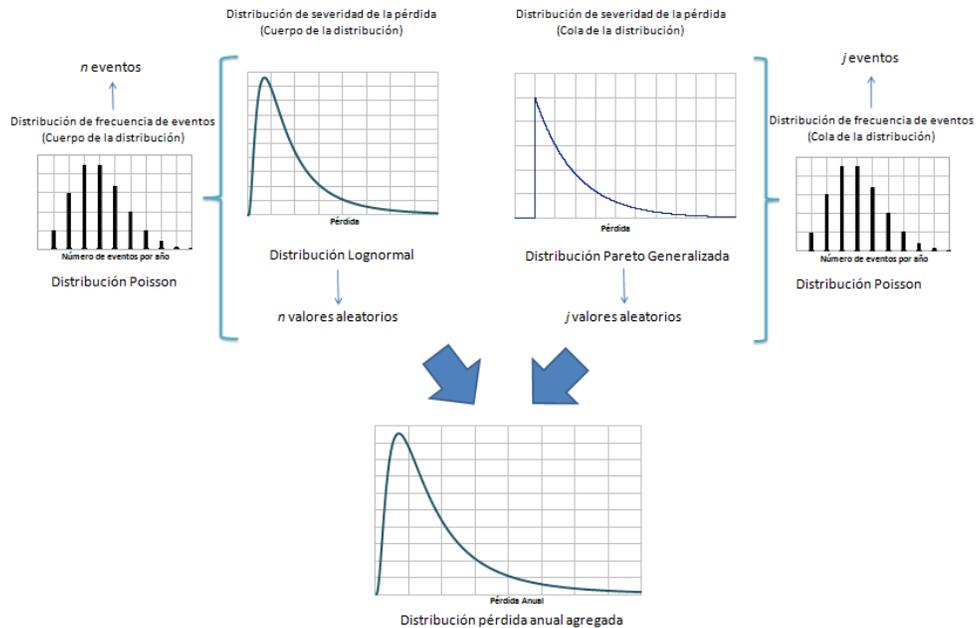


Figura 4: Esquema del proceso de simulación del modelo por riesgo operacional.

#### 4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se introduce la metodología de cálculo del capital económico necesario para afrontar los eventos de pérdida inesperada para el riesgo de crédito de la cartera comercial y para el riesgo operacional de una entidad financiera ubicada en el percentil 25% tomando como referencia al patrimonio neto de la entidad. La metodología de cálculo se basa en la utilización de modelos de simulación. Para el caso de riesgo de crédito, se combina el uso de simulación tomando como insumo las matrices de transición entre situaciones crediticias. El período analizado incluye cinco años. Para el cálculo del capital económico por riesgo operacional se sigue una metodología de medición avanzada (*Advanced Measurement Approach* o AMA) modelando la severidad de las pérdidas y la frecuencia de los eventos en forma separada y luego agregando la pérdida anual.



## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Basel Committee on Banking Supervision. An Explanatory Note on the Basel II IRB Risk Weight Functions. Julio, 2005.

- Basel Committee on Banking Supervision. International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards. A Revised Framework. Junio, 2004.
- Glantz Morton, Mun Johnathan. The Banker's Handbook on Credit Risk Implementing Basel II. Elsevier Academic Press, 2008.
- Löffler Gunter, Posch Peter. Credit risk modeling using Excel and VBA. Jhon Wiley & Sons, 2007.
- Machain, Luciano. Simulación de modelos financieros. AlfaOmega, 2014.
- Piacenza Fabio. R and operational risk. UniCredit Operational Risk Methodologies and Control. First Milano R net meeting, 2012.
- Villaseñor-Alva José A., González-Estrada Elizabeth. A bootstrap goodness of fit test for the generalized Pareto distribution. Computational Statistics and Data Analysis, Volume 53, Issue 11, 1 September 2009.