

Nuevas técnicas de medición del riesgo de crédito

Juan Carlos GARCÍA CÉSPEDES

Director Departamento de Metodologías de Riesgo Corporativo, BBVA

Resumen: En las dos primeras partes de este artículo se repasan algunas técnicas y metodologías de medición del riesgo de crédito. De un lado, se definen los conceptos de probabilidad de incumplimiento, exposición en el momento del incumplimiento, pérdida dado el incumplimiento, pérdida esperada y capital económico. Por otro, se desarrolla de manera más formal el papel de las correlaciones en el riesgo de crédito, analizando en más detalle el caso de una economía unifactorial.

La tercera parte de este artículo trata sobre las nuevas reglas de requerimiento de capital para las instituciones financieras (Basilea II) y cómo estas nuevas reglas están basadas en el modelo unifactorial descrito anteriormente.

Finalmente el artículo concluye con algunas reflexiones sobre cómo las pérdidas esperadas y el capital económico deberían incluirse en la fijación de precios de los préstamos y en la medición de la rentabilidad de las operaciones bancarias.

Abstract: The first two parts of this article are a review about some techniques and methodologies for credit risk measurement. Firstly some basic concepts as Probability of default (PD), exposure at default (EAD), loss given default (LGD), expected loss (EL) and economic capital are defined. Secondly, a more formal discussion is included about the use of correlations in credit risk and the particular case of a one-factor economy.

The third part of this article deals with new rules about capital requirements for credit institutions (Basel II) and how these rules are based on the one-factor model previously described.

Finally some thoughts are given about how expected loss and economic capital should be included in loan pricing and profitability measurement.

1. INTRODUCCIÓN

En este artículo se realiza un repaso de algunos conceptos y técnicas utilizadas habitualmente en la medición y gestión del riesgo de crédito, analizándose en más profundidad el denominado modelo unifactorial de riesgo de crédito, modelo que está en la base de la nueva normativa de requerimiento de capital, Basilea 2.

Además de describir dicho modelo, se discute acerca de la estimación de sus parámetros, esto es, la probabilidad de incumplimiento, la severidad y la exposición en el incumplimiento y, por otra parte, se presentan los conceptos de pérdida esperada y capital.

El modelo unifactorial es una particularización del modelo de Merton en el que la estructura de dependencia entre las contrapartidas de una cartera de créditos está muy sim-

plificada, pese a ello es uno de los modelos más utilizados, tanto en la estimación del capital requerido por riesgo de crédito como en la modelización y valoración de titulaciones y derivados de crédito.

En la última parte del artículo se presentan las fórmulas concretas para el cálculo del capital regulatorio que se incorporan en la nueva normativa de Basilea II, poniéndose en comparación dichas fórmulas con el modelo de Merton en su versión unifactorial.

Finalmente, concluye el artículo con una breve discusión acerca de las diferencias entre los conceptos de capital regulatorio y capital económico y acerca de cómo se relacionan las medidas de rentabilidad económica con la pérdida esperada y el capital económico.

2. EL RIESGO DE CRÉDITO HISTÓRICAMENTE

No hay que remontarse muchos años atrás para darse cuenta de lo básicas que eran las técnicas de medición y control del riesgo de crédito. Esencialmente el riesgo de crédito se controlaba limitando el "tamaño", el "importe en riesgo". Se trataba de acotar la cantidad máxima que una entidad estaba dispuesta a "jugarse" con una contrapartida concreta. Esta forma de control, muy rudimentaria, ha tenido que ir evolucionando, sobre todo al verse desbordada por nuevos productos y maneras de hacer el negocio bancario.

Los siguientes tres ejemplos sirven perfectamente para darse cuenta de las limitaciones del enfoque de gestión basado en el control del importe en riesgo:

- **Derivados de mercado:** En un derivado de mercado con una contrapartida, ¿Cuál es el importe en riesgo? Pensemos en un swap, el importe en riesgo puede ser incluso negativo y depende básicamente de las condiciones de mercado. En este caso el importe en riesgo es aleatorio y a lo máximo que se puede aspirar es a estimar un percentil.
- **Derivados de crédito:** Por ejemplo, existen derivados de crédito según los cuales se puede sufrir una pérdida en función de un subyacente (contrapartida) cualquiera incluido en una cesta de contrapartidas. En este caso, ¿A quién asignar el importe en riesgo? ¿Se debe repartir? ¿Con qué criterio?
- **Titulizaciones:** Es posible titular carteras y vender algunas "tranchas" de la titulización, manteniendo el resto en cartera. En tal caso, ¿Cual es el importe en riesgo? ¿No importa cual sea la trancha vendida? ¿A quien, de las contrapartidas de la cartera original se debe asignar el importe no vendido de la titulización?

Ejemplos como los anteriores han obligado a refinar las técnicas de medición y gestión del riesgo de crédito como a continuación se verá.

3. NUEVAS TÉCNICAS Y MODELOS PARA EL RIESGO DE CRÉDITO

En los últimos años, se está viviendo un notable desarrollo en las técnicas y modelos de medición y gestión del riesgo de crédito.

Las reducciones generalizadas de los niveles de los tipos de interés han sido un desencadenante en la búsqueda de activos financieros que proporcionen rentabilidades adicionales. En este sentido,

el riesgo de crédito, que en la mayoría de los modelos existentes hasta hace unos pocos años se tendía a no considerar, se está convirtiendo en un factor clave en la búsqueda de rentabilidades adicionales. Así se están diseñando productos que, sujetos a riesgo de crédito con perfiles muy definidos, buscan añadir rentabilidades adicionales (derivadas obviamente del riesgo de crédito añadido).

Es en este contexto cuando se produce un avance muy significativo en las técnicas de medición del riesgo de crédito, en línea con los desarrollos en la modelización de tres importantes problemas financieros:

- Valoración de derivados crediticios
- Titulización de activos
- Estimación del capital necesario por riesgo de crédito (Basilea II).

En general, para resolver estos tres problemas es necesario conocer completamente la distribución de pérdidas crediticias para carteras con múltiples activos. Para ello es necesario conocer por un lado características concretas de cada contrapartida o activo de la cartera en cuanto a su riesgo de crédito, y por otro, además, es necesario tener información acerca de la estructura de dependencia entre dichos activos.

4. CONCEPTOS PREVIOS

Antes de abordar la modelización del riesgo de crédito en sí misma, es conveniente definir previamente algunos conceptos básicos:

El Incumplimiento (o Default):

La definición precisa de incumplimiento es compleja. De manera general se entiende por incumplimiento al hecho de que una contrapartida de una operación financiera incumpla con sus obligaciones contractuales. En sentido estricto, el retraso en un pago de tan sólo un día sería un incumplimiento. En la práctica suele ser conveniente utilizar definiciones más operativas. En este sentido, es habitual considerar incumplido, aquel contrato que lleve un retraso de pago superior a los 90 días.

El incumplimiento, por tanto, se puede asimilar con una variable aleatoria con dos estados posibles (0 y 1), se trataría por tanto de una variable Bernoulli. Si la variable toma el valor "1" se considera que se ha producido un incumplimiento, si la variable toma el valor "0" se considera que no hay incumplimiento.

De manera implícita, cuando se habla de incumplimiento se está asumiendo un determinado horizonte temporal¹, si no se dice nada en contrario, lo habitual es asumir un horizonte temporal, para el incumplimiento, de un año.

Probabilidad de Incumplimiento (Probability of Default - PD):

Es la probabilidad de que una contrapartida de una operación crediticia incumpla con sus obligaciones, o lo que es lo mismo, es la probabilidad asociada a la variable Bernoulli que determina el default. La determinación de las probabilidades de default o incumplimiento para

¹ La contrapartida puede o no incumplir durante un periodo determinado de tiempo.

cada cliente es un elemento clave en un modelo de riesgo de crédito. De nuevo, existe implícitamente asociada a la probabilidad de default un periodo temporal. Lo habitual es considerar probabilidades de incumplimiento durante un año.

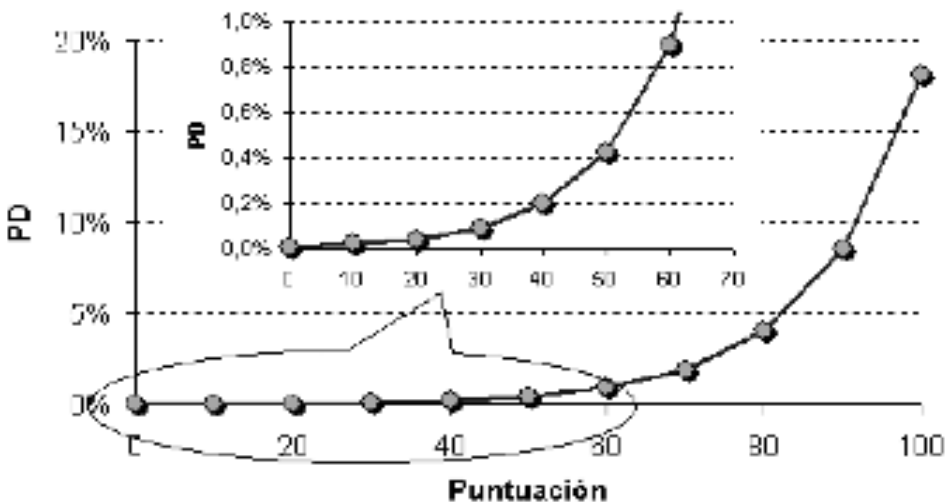
Las herramientas de calificación crediticia (ratings y scorings) son modelos que permiten clasificar a los clientes en función de su "calidad crediticia", para ello se suelen utilizar una serie de variables y criterios objetivos. En primera instancia esta clasificación suele ser cualitativa, de manera que un rating (o scoring) indica que una determinada contrapartida es mejor que otra, pero no cuanto mejor.

Sin embargo, es relativamente fácil dar un paso más y ligar dicha clasificación cualitativa a una clasificación cuantitativa, esto se consigue ligando el rating o el scoring a la probabilidad de incumplimiento asociada, esto es lo que se conoce en las entidades financieras como "calibrar" una herramienta de calificación crediticia.

En el gráfico 1 se muestra un ejemplo. El eje horizontal del gráfico representa la puntuación de un determinado rating, se trata de una puntuación que oscila entre 0 y 100, de manera que 0 es la puntuación que asigna la herramienta al mejor cliente y 100 al peor. Se sabe por ejemplo que un cliente con puntuación 20 es mejor que otro con puntuación 40, pero no cuanto mejor.

En el eje vertical se representan las probabilidades de incumplimiento asociadas a cada puntuación. Esta escala ya nos permite comparar, en términos cuantitativos a las contrapartidas, así sabemos que una contrapartida con puntuación 40 tiene una probabilidad de incumplimiento (a un año vista) entorno a 0,2%, mientras que un cliente con puntuación 20 tiene una PD alrededor de 0,05%, esto es, la probabilidad de que un cliente con puntuación 20 incumpla es cuatro veces menor que la probabilidad de que lo haga un cliente con puntuación 40. Se ha pasado de una clasificación de calidades crediticias a una cuantificación en términos de probabilidad de incumplimiento.

Gráfico 1.
PD y puntuación



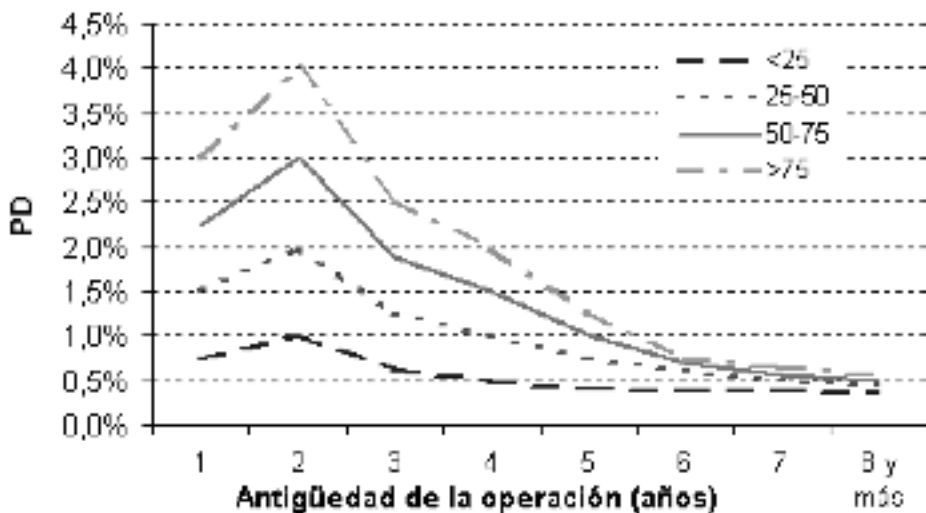
La forma "exponencial" que liga puntuaciones con probabilidades de incumplimiento es típica de muchas herramientas, de hecho, en muchos casos, los modelos de scoring y rating han sido desarrollados a partir de regresiones logísticas, por lo que es de esperar estas formas exponenciales.

La puntuación de la herramienta no es necesariamente la única información útil a la hora de asignar probabilidades de incumplimiento a clientes y operaciones. Por ejemplo, la antigüedad desde la concesión puede ser también una variable relevante. Existen herramientas de calificación, por ejemplo, los denominados scorings de originación, que se estiman en un momento determinado (en la originación) pero que no se vuelven a actualizar por el coste que esto supondría. Piénsese, por ejemplo, en una herramienta de scoring para originar préstamos al consumo, en el momento de la originación se solicita al cliente información sobre características sociodemográficas, nivel de ingresos, endeudamiento, información sobre patrimonio... una vez la operación se formaliza, ya no es habitual volver a solicitar al cliente actualización de dicha información, de manera que la puntuación que se obtiene en el scoring puede permanecer "congelada" en el tiempo, correspondiendo a los datos originales. En este caso, a la hora de asignar una probabilidad de incumplimiento, es importante no sólo considerar la puntuación sino también la antigüedad de la operación.

En el gráfico 2 se presenta la relación entre puntuaciones y antigüedades con las PD's. Por ejemplo, la curva de puntos proporciona las probabilidades de incumplimiento de operaciones con una puntuación entre 25 y 50. Como se ve, la PD es inicialmente creciente, alcanza un máximo en el segundo año de vida de la operación, y a partir de ahí decrece. Este es un comportamiento típico en los scorings de originación, el riesgo de incumplimiento se concentra básicamente al inicio, en el caso de que las operaciones superen la fase inicial, las PD's inician un decrecimiento y convergen a un mismo nivel.

Este comportamiento, de convergencia a largo plazo de las PD's, independientemente de la puntuación original, a un nivel bajo de PD's tiene una clara intuición económica. El hecho de que una operación lleve en cartera largo tiempo demuestra que el cliente es buen pagador, de manera que la probabilidad de que en el futuro incumpla es pequeña, y ello independientemente de la puntuación original del scoring, de manera que las operaciones que lleven mucho tiempo en cartera deben tener en general bajas PD's al margen de cual hubiera sido su puntuación original.

Gráfico 2.
PD y antigüedad de la operación



En la estimación de estas curvas, que mezclan puntuaciones con antigüedad, son útiles, además de las mencionadas regresiones logísticas los denominados modelos de supervivencia.

Exposición en el momento del incumplimiento (Exposure at default - EAD):

La EAD es el valor económico de los derechos sobre la contrapartida en el momento del default/incumplimiento. En el caso de producirse el incumplimiento de una contrapartida, resulta crítico conocer "cuánto es el importe en riesgo", esto es, cuánto es la máxima pérdida que se puede llegar a producir, esta máxima pérdida es lo que se denomina EAD.

La exposición en el momento del incumplimiento es también, como el default, una variable aleatoria, no sólo porque a priori el momento del default es desconocido, sino porque incluso aun conociendo cuando se producirá el default, el valor del contrato está sujeto a otra serie de factores, aleatorios por naturaleza. Por ejemplo, en el caso de los derivados, como antes ya se ha mencionado, la exposición de éstos dependerá del valor que tomen una serie de factores de mercado en el momento del incumplimiento (por ejemplo, el valor de un swap dependerá de la situación de los tipos de interés en el momento del incumplimiento). No sólo en el caso de los derivados la EAD es aleatoria. Existen otros instrumentos, como por ejemplo, las líneas o las tarjetas de crédito en las que la EAD depende del grado de disposición que haya hecho el cliente en el momento del incumplimiento.

Severidad (Loss Given Default - LGD):

La severidad o LGD representa el porcentaje de la exposición que finalmente se termina perdiendo. Es el porcentaje que, de una operación incumplida, no se logra recuperar durante el proceso recuperatorio. La severidad por tanto es igual al complementario de la tasa de recuperación (severidad = 1 - tasa de recuperación).

$$LGD = 1 - \frac{\text{Recuperaciones}_{\text{en valor presente}}}{EAD}$$

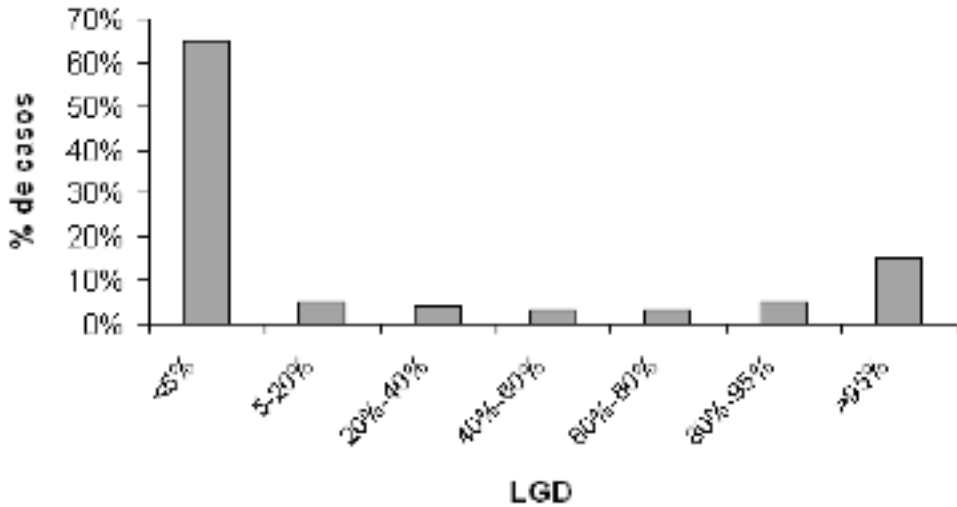
De nuevo, al igual que el default y la EAD, la severidad es una variable aleatoria. Si se dispone de una base histórica de operaciones que incumplieron es posible estimar la distribución de la severidad a partir del comportamiento histórico de las recuperaciones.

Cuando se analizan la información histórica de recuperaciones (y, por tanto, de severidades) es habitual encontrarse con distribuciones bimodales como se ve en el gráfico 3. Estas distribuciones bimodales suelen mostrar máximos alrededor de las severidades 0% y 100%. Estos máximos denotan que, por un lado, existe una elevada probabilidad de que, cuando las operaciones incumplen², el cliente se ponga por sí mismo al día y se recupere por tanto el 100% de la operación. Por otro lado, también existe una cierta probabilidad de

2 Recuérdese que se considera incumplimiento un retraso de pago superior a 90 días.

recuperación cero (severidad del 100%). El resto de escenarios corresponden a situaciones en las que ha existido un proceso recuperatorio que ha logrado recuperar un cierto porcentaje de la deuda del cliente.

Gráfico 3.
Distribución de la severidad



Un parámetro importante es el valor medio de la severidad. A la hora de estimar la severidad media, es importante tener en cuenta, igual que se hacía al calibrar la herramientas de rating y scoring a la PD, una serie de variables explicativas relevantes.

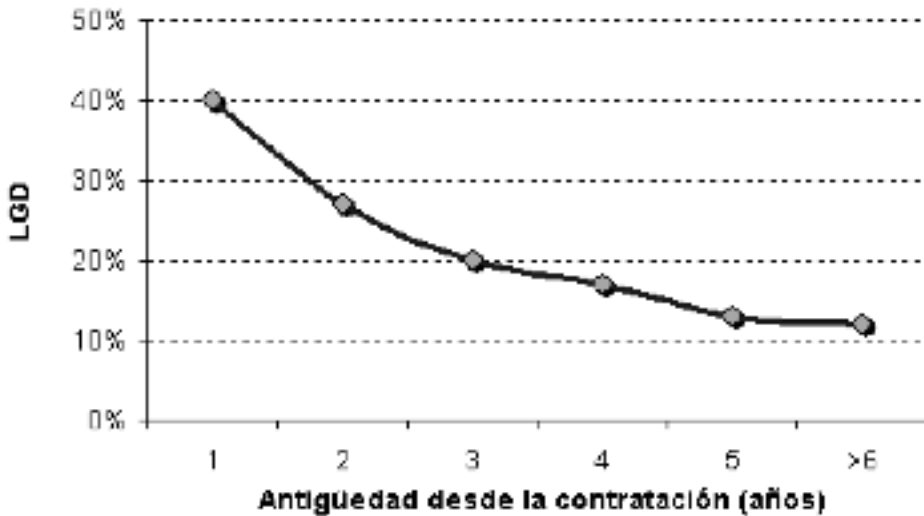
En primer lugar hay que tener en cuenta el tipo de operación de que se trata ya que la severidad depende del tipo de operación, así como de las garantías asociadas a la misma. Por ejemplo, la severidad de las operaciones hipotecarias residenciales es claramente inferior a la severidad de los créditos al consumo ya que en caso de default existe una garantía que permite una mayor recuperación (prácticamente total, en la mayoría de los casos).

Existen también otra serie de ejes relevantes importantes además del tipo de producto. Por ejemplo, en el caso de las hipotecas la relación préstamo-valor³ (LTV) afecta a la severidad. A partir de un determinado nivel, cuánto mayor sea el LTV, mayor es la severidad y viceversa.

Sin embargo, también existen otras relaciones menos evidentes aunque importantes, por ejemplo, la antigüedad de la operación. Como se ve en el gráfico 4, cuánto mayor es la antigüedad desde la concesión de una operación, menor es la severidad esperada.

3 También conocida como LTV (Loan To Value) la relación préstamo-valor es la ratio entre el importe del préstamo y el valor de la garantía.

Gráfico 4.
Severidad y antigüedad de la operación



La explicación de este fenómeno, a primera vista sorprendente es bastante intuitiva. Los clientes que llevan en cartera ya varios años desde la concesión de la operación han demostrado fehacientemente su intención de pagar, de manera que si en algún momento llegan a incumplir existen altas probabilidades de que o bien sea un incumplimiento técnico que por sí mismo se resuelve o bien el cliente trate por todos los medios de ponerse al día. Por el contrario, en el caso de un cliente que incumple al poco tiempo de formalizar la operación, es altamente probable que se trate de una incidencia relevante en la que cabe esperar mayor severidad⁴.

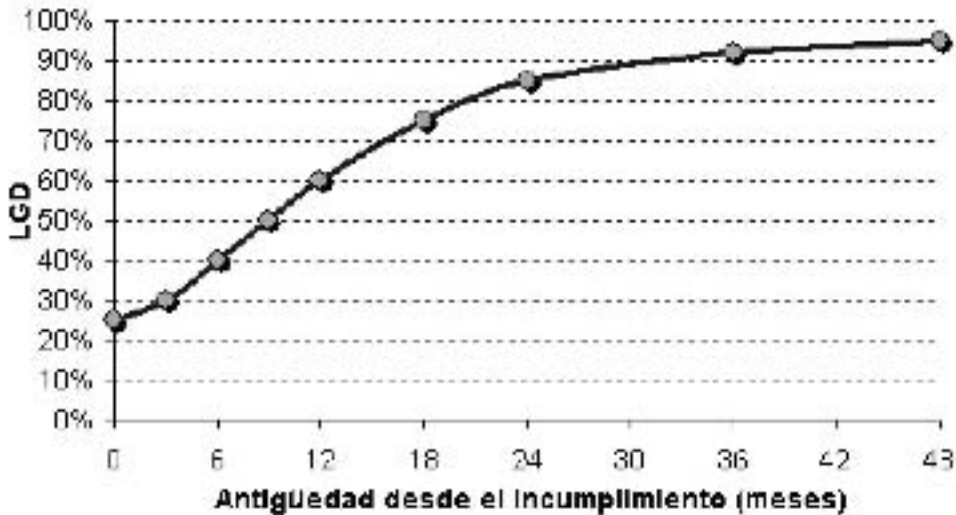
Otro eje fundamental en la estimación de la severidad, es la antigüedad en incumplimiento, esto es, cuánto tiempo ha transcurrido desde que la operación incumplió. Como ya se ha explicado, la severidad es lo que, una vez incumplida una operación se espera no recuperar, por tanto, ceteris paribus, la severidad debería ser diferente para las operaciones que acaban de incumplir frente a aquellas que ya llevan un largo tiempo en la situación de incumplidas. Es razonable suponer que el saldo pendiente de una operación que ya lleva largo tiempo en situación de incumplida difícilmente va a poder ser ya recuperado.

Como se ve en el gráfico 5, la severidad tiende a crecer con el tiempo en incumplimiento, acercándose a una asíntota en el 100%. Existe un momento a partir del cual se debe considerar la operación como ya irrecuperable.

El punto de antigüedad cero en el gráfico, se corresponde con la severidad que cabe esperar, en media, en una operación que aun no ha incumplido (o que justo acaba de hacerlo). El hecho de que la severidad crezca con la antigüedad en incumplimiento tiene que ver básicamente con la propia dinámica de los procesos recuperatorios. Una operación que permanece durante mucho tiempo incumplida denota un proceso recuperatorio probablemente complejo para el que es de esperar una mayor severidad.

4 Incluso podría tratarse directamente de un fraude, en cuyo caso es muy probable observar una severidad del 100%.

Gráfico 5.
Severidad y antigüedad desde el incumplimiento



Una alternativa muy interesante en la estimación de la severidad es la construcción de herramientas que califiquen la recuperabilidad de las operaciones en función de sus diferentes características (tipo de operación, antigüedad en incumplimiento, relación préstamo-valor, antigüedad desde la originación...), de manera que, de forma similar a como se estimaba la probabilidad de incumplimiento, apoyándose en las herramientas de calificación crediticia (ratings y scorings), se pudiera estimar la severidad, asignando a cada puntuación de la herramienta un nivel de severidad.

La Pérdida Esperada (PE):

La pérdida esperada es una medida de las pérdidas anuales medias (después de recuperaciones) para una cartera de riesgo de crédito. Se estima de forma que refleje la pérdida media anual a lo largo de un ciclo económico, de manera que a largo plazo la pérdida esperada debiera ser similar, en términos contables, a la tasa media de provisiones para insolvencias, obviamente neta de recuperaciones, de una cartera de activos.

Debe quedar muy claro que la pérdida esperada en el contexto de este artículo no es una previsión de las pérdidas crediticias que sufrirá una cartera en los próximos 12 meses, no se trata de una previsión puntual (o condicionada, en términos estadísticos) sino una previsión de pérdidas crediticias a largo plazo, a lo largo de un ciclo económico (o incondicionada en términos estadísticos).

La pérdida crediticia en un crédito viene dada por el producto:

$$\text{Pérdida Crediticia} = D \cdot EAD \cdot LGD$$

Donde D es la variable Bernoulli que modeliza el incumplimiento:

- D=1 si se produce el incumplimiento
- D=0 si no se produce el incumplimiento

De manera que:

$$\text{Pérdida Crediticia} = \begin{cases} \text{Si incumple } (D = 1) \rightarrow EAD \cdot LGD \\ \text{Si no incumple } (D = 0) \rightarrow 0 \end{cases}$$

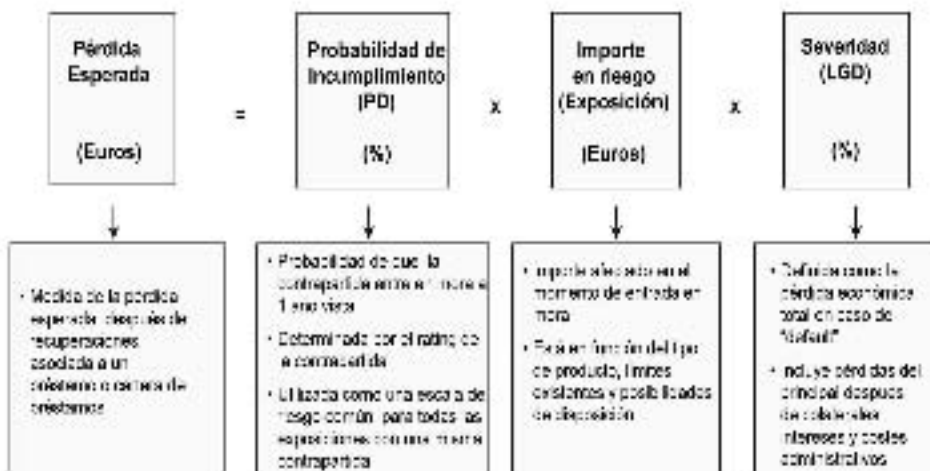
Si se asume que D, EAD y LGD son variables aleatorias independientes, entonces se puede calcular de forma sencilla la pérdida esperada que no es más que la media incondicionada de la pérdida crediticia.

$$E(\text{Pérdida Crediticia}) = \text{Pérdida Esperada} = PE = E(D \cdot EAD \cdot LGD)$$

$$PE = E(D) \cdot E(EAD) \cdot E(LGD) = PD \cdot \overline{EAD} \cdot \overline{LGD}$$

Esto es, la pérdida esperada es el producto de la probabilidad de incumplimiento por la exposición esperada en el default por la severidad esperada en caso de default, véase el gráfico 6.

Gráfico 6.
La pérdida Esperada



Es importante notar que la pérdida esperada es un coste más del negocio bancario y así debería ser considerado, por ejemplo en la política de establecimiento de precios o en el cálculo de las rentabilidades de las operaciones. Dado que en una operación bancaria, en media, se perde-

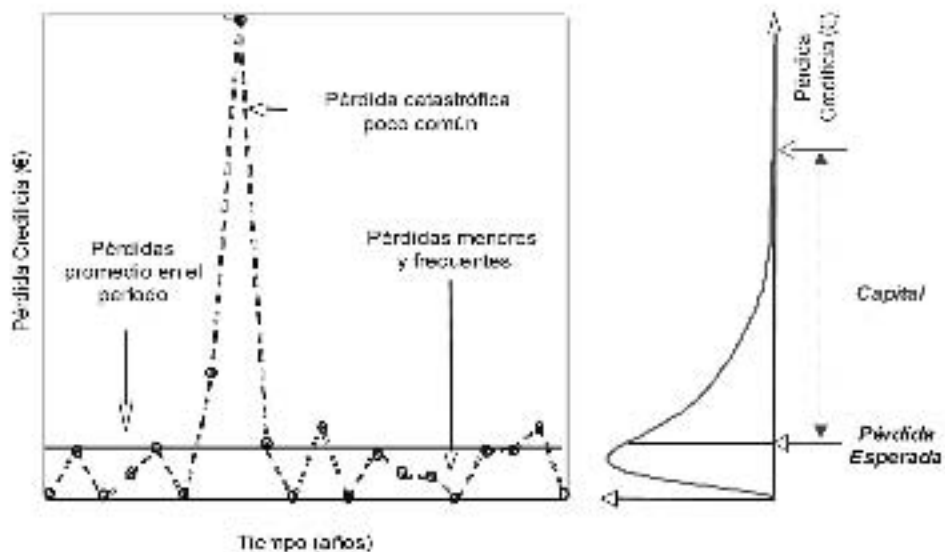
rá la pérdida esperada, a la hora de decidir el precio de dicha operación, al menos, se debería repercutir esa pérdida que, en media, se va a sufrir.

El capital;

Finalmente, una vez definida la pérdida esperada, es conveniente establecer el concepto de Capital.

Desde el punto de vista del riesgo, la idea subyacente al concepto de capital se fundamenta en la premisa de que las entidades deben contar con recursos suficientes para que con una probabilidad dada (obviamente pequeña), al cabo de un año⁵, las posibles pérdidas derivadas de los diferentes tipos de riesgo que puedan sufrir, no supongan su quiebra.

Gráfico 7.
El Capital



El gráfico 7 presenta los conceptos de pérdida esperada y capital. En el cuadro de la izquierda se quiere representar la posible evolución en el tiempo de las pérdidas crediticias de una determinada cartera. La línea horizontal continua es la media de las pérdidas, esto es, la pérdida esperada. Existen años con pérdidas superiores a la media y otros con pérdidas menores. A la derecha se dibuja la distribución de pérdidas crediticias que corresponden a la serie de pérdidas. En dicha distribución se puede ver la media (la pérdida esperada), así como el percentil de dicha distribución. La pérdida máxima con un determinado nivel de confianza por encima de la pérdida media es lo que, en este contexto se denomina capital requerido. Se puede afirmar que una entidad financiera que tuviese un nivel de provisiones igual a la pérdida esperada y un capital igual al capital requerido tiene una probabilidad de quiebra (a un año vista) igual al nivel de confianza con el que se ha calculado el capital⁶.

5 De nuevo, el horizonte temporal anual.

6 Suponiendo que el beneficio esperado de la entidad fuese cero.

En la distribución de pérdida crediticias del gráfico 7, el capital requerido depende de los mismos factores que la pérdida esperada; esto es, de la probabilidad de incumplimiento, de la exposición y de la severidad, pero además depende de:

- a) Del *grado de diversificación* de la cartera: cuánto menores sean las concentraciones de riesgo (individuales, geográficas, sectoriales...) menor será el capital en riesgo. El grado de diversificación determina básicamente la "forma" de la distribución de pérdidas crediticias. Cuánto menor sea la diversificación, la distribución de pérdidas es más asimétrica y tiene colas más gruesas y, por tanto, el percentil (y el capital) es mayor.
- b) Del *nivel de confianza* elegido por la entidad: cuanto mayor sea el colchón de solvencia requerido, mayor será el capital necesario.

5. BASILEA II

Como ya se ha mencionado, un buen ejemplo de cómo las nuevas técnicas de medición del riesgo de crédito están influyendo en las finanzas se encuentra en la nueva normativa de requerimientos de Capital, popularmente conocida como Basilea 2. En los siguientes apartados se describe el modelo implícito en la nueva normativa de manera que se puede visualizar cómo se incorporan los conceptos de riesgo de crédito antes descritos y cómo, a partir de estos, se estima la distribución de pérdidas crediticias para finalmente medir el capital.

Modelo Actual de capital regulatorio

En el modelo actual, el requerimiento de capital regulatorio está tabulado. Existe una tabla, definida por el regulador, en la que se establecen los porcentajes de capital dependiendo básicamente del tipo de producto o contrapartida de cada operación. Se establecen cuatro grandes segmentos⁷, cada uno de ellos con su requerimiento de capital:

Segmento	Capital (%)
Riesgos soberanos	0%
Riesgos con Entidades financieras	1,6%
Riesgos en hipotecas residenciales	4%
Resto de riesgos	8%

Así, por ejemplo, una inversión en hipotecas residenciales de 100 millones de euros requiere un capital regulatorio del 4% (4 millones de euros). El capital requerido a la entidad (por riesgo de crédito) es la suma de los requerimientos de todas sus carteras.

Como se ve este mecanismo de requerimiento de capital es poco sensible al riesgo. Una inversión de 100 millones de euros en préstamos a empresas requiere 8 millones de capital, y esto es independiente de la calidad crediticia de las contrapartidas que están detrás de dicha inversión. Por otro lado, las ventajas son obvias:

- Es un mecanismo sencillo.
- El cálculo de capital puede hacerse por "grandes masas" (no es necesario calcular operación a operación).

⁷ El esquema en la realidad es un poco más refinado, aunque este ejemplo es más que suficiente para entender como funciona el mecanismo.

A pesar de que este modelo pudiera parecer muy simple, hay que tener en cuenta el contexto en el que se produce su implementación. Quizás la gran novedad es, por primera vez, ligar el requerimiento de capital a los activos, a la inversión, que es donde se originan esencialmente los riesgos, y no a los pasivos.

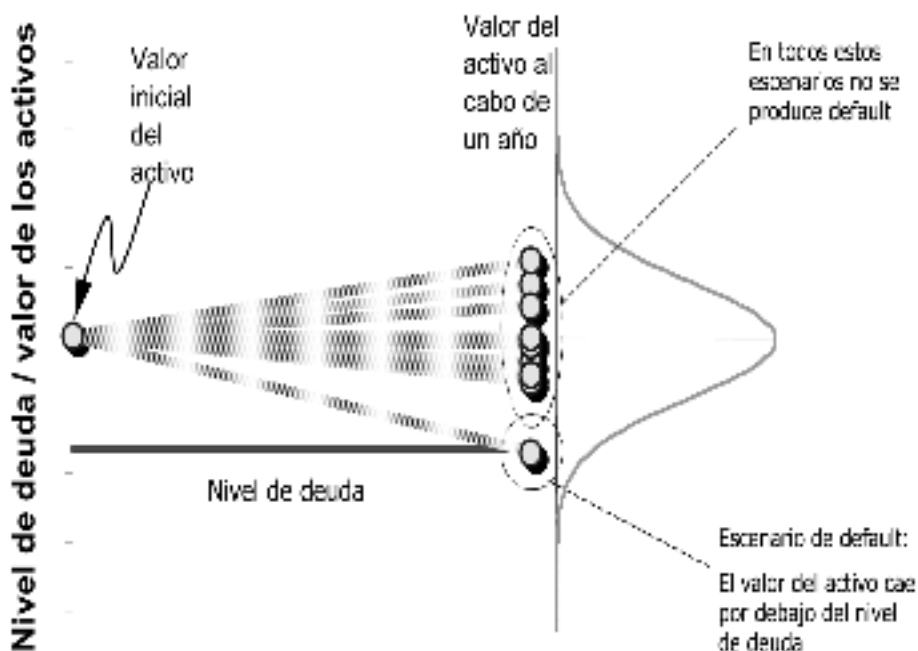
El nuevo modelo de capital regulatorio

Conviene en primer lugar recordar someramente el denominado modelo de Merton para el riesgo de crédito. En dicho modelo el incumplimiento o default viene determinado por una variable aleatoria auxiliar, el valor de los activos.

Una manera muy conveniente de visualizar el modelo es pensar en una compañía que posee activos por un determinado valor. La quiebra de la compañía se produce si el valor de los activos cae por debajo del nivel de deuda. En tal caso, ni aun vendiendo todos sus activos, la compañía podrá devolver a sus acreedores la deuda. Por el contrario, si el valor de los activos aumenta, la compañía estará entonces más lejos de la quiebra ya que sus activos valdrán mucho más que su deuda.

En el gráfico 8 se visualiza la idea anterior, se ve como partiendo inicialmente de un nivel determinado de activos (por encima del nivel de deuda) existen escenarios en los que la compañía acaba al final del periodo por debajo de su nivel de deuda, dando lugar a la quiebra. En la mayoría de las ocasiones, sin embargo, el valor final de los activos cae por encima del nivel de deuda y la compañía no quiebra.

Gráfico 8.
Distribución de activos y default



La probabilidad de quiebra (o más genéricamente de incumplimiento), tiene por tanto que ver, con la porción de distribución de valores de activos que cae por debajo del nivel de endeudamiento. Esta probabilidad dependerá básicamente de dos parámetros⁸:

- La diferencia entre el valor inicial de los activos y el nivel de deuda.
- La volatilidad de los activos

Se denomina distancia al default a la ratio:

$$\text{Distancia al Default} = \frac{V_0 - D}{\sigma_V}$$

Donde:

V_0 : es el valor inicial de los activos.

D : es el nivel de deuda.

σ_V : es la volatilidad de los activos.

La probabilidad de incumplimiento está por tanto relacionada con la distancia al default, cuanto mayor sea la distancia al default menor será la probabilidad de incumplimiento y viceversa.

Se puede observar como este modelo es, matemáticamente, una forma ingeniosa de producir variables Bernoulli utilizando para ello una variable aleatoria auxiliar.

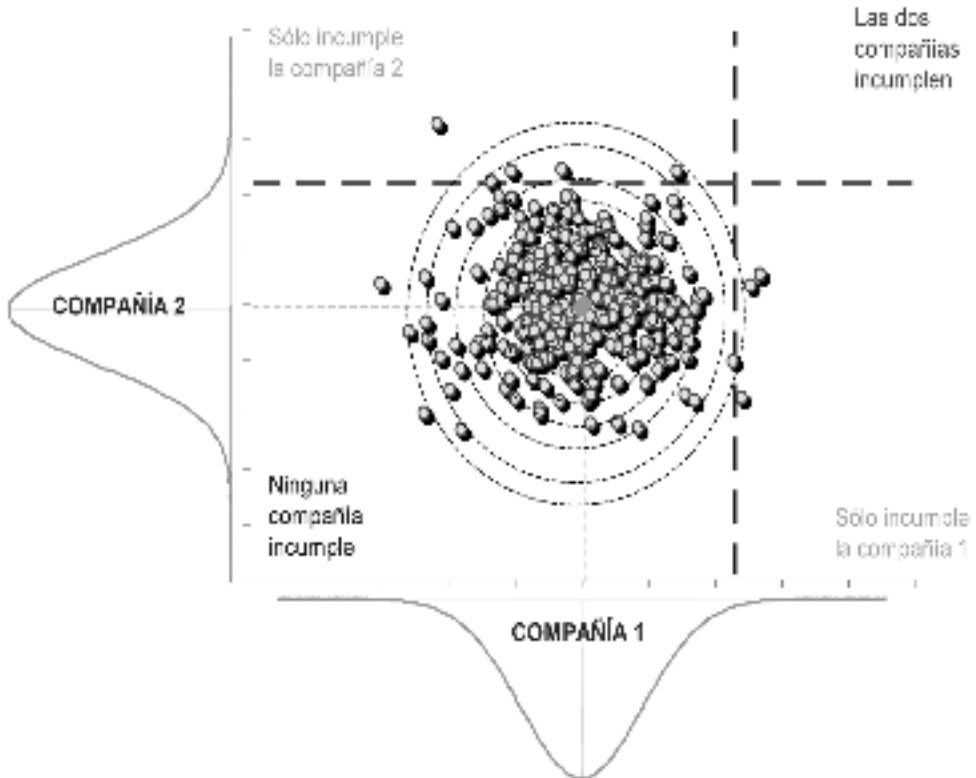
Una posible manera de simular variables Bernoulli consiste en generar observaciones aleatorias de una variable auxiliar con una distribución dada, que se comparan con una determinada frontera. Si la observación aleatoria cae por encima de dicha frontera se considera que la variable Bernoulli toma el valor "0", en cambio, si cae por debajo, se considera que la variable Bernoulli toma el valor "1". La frontera se debe seleccionar de manera que la probabilidad de caer por debajo coincida con la probabilidad de la Bernoulli.

La gran potencia de este mecanismo de modelización del default viene sobre todo en un contexto en el que exista más de una contrapartida.

Piénsese, por ejemplo, en dos compañías, ambas sujetas a riesgo de default, ambas con unos activos aleatorios y unos niveles de deuda determinados. En el gráfico 9 se representan las cuatro posibles situaciones que, en cuanto a riesgo de crédito, se pueden producir en el modelo de Merton cuando existen 2 contrapartidas.

⁸ Existe un tercer parámetro del que depende, la rentabilidad media de los activos, esto es, la reevaluación que en media se espera que tengan los activos en el periodo en cuestión.

Gráfico 9.
El modelo de Merton con 2 contrapartidas

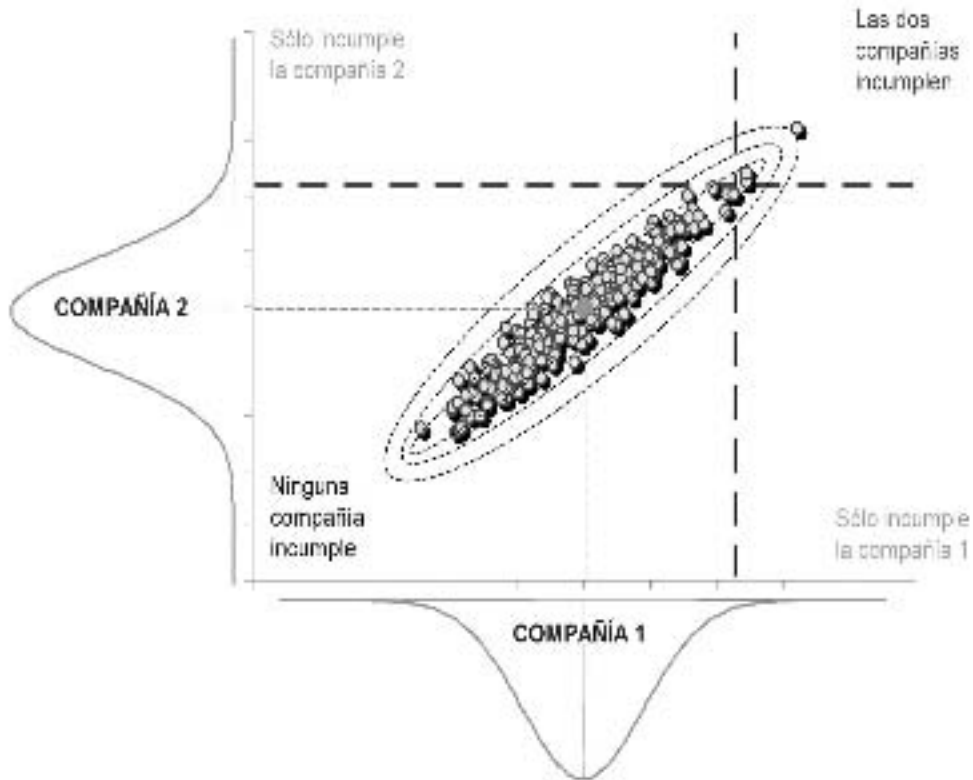


En el cuadrante superior derecho ambas compañías incumplen ya que en este caso el valor de ambos activos cae por debajo del nivel de deuda. En el cuadrante inferior izquierdo, sin embargo, ninguna de las compañías incumple por la razón opuesta. Finalmente en los dos cuadrantes que restan tan sólo incumple una de las dos compañías.

La probabilidad de incumplimiento conjunta (la probabilidad de estar en el cuadrante superior derecho) viene dada por la probabilidad de que los valores de los activos de ambas compañías no superen sus respectivos niveles de deuda, esto es, por la integral de la distribución conjunta de valores de activos en el cuadrante superior derecho.

En el gráfico 10 se puede ver cómo afecta la correlación de activos a la probabilidad de incumplimiento conjunta. A mayor correlación de activos, mayor es la probabilidad de incumplimiento conjunto ya que la porción de distribución conjunta de valores de activos que se sitúa en el cuadrante superior derecho es mayor.

Gráfico 10.
El modelo de Merton con 2 contrapartidas:
Influencia de la correlación de activos



Con este modelo, como se ve, se establece una relación directa entre la correlación de los valores de los activos de las dos compañías y la correlación entre los incumplimientos⁹.

Si denominamos D_1 y D_2 a las variables Bernoulli que caracterizan el incumplimiento de ambas compañías, se desea calcular ρ_{D_1, D_2} (la correlación de default).

Se puede demostrar que:

$$\text{corr}(D_1, D_2) = \rho_{D_1, D_2} = \frac{P_{1\&2} - P_1 \cdot P_2}{\sqrt{p_1 \cdot (1 - p_1)} \cdot \sqrt{p_2 \cdot (1 - p_2)}}$$

Donde

p_1 = Probabilidad de Incumplimiento de la compañía 1

p_2 = Probabilidad de Incumplimiento de la compañía 2

⁹ La correlación entre los incumplimientos, o defaults, es la correlación entre dos variables aleatorias Bernoulli.

Donde para calcular $p_{1\&2}$ se debe resolver la siguiente integral,

$$p_{1\&2} = \int_{x_1}^{+\infty} \int_{y_1}^{+\infty} g(x, y) \cdot dx \cdot dy$$

Donde y_1 es tal que $p_1 = \int_{y_1}^{+\infty} f_1(y) \cdot dy$

x_2 es tal que $p_2 = \int_{x_1}^{+\infty} f_2(x) \cdot dx$

Donde $g(\cdot)$ es la distribución conjunta de valores de activos de las dos compañías y $f_1(\cdot)$ y $f_2(\cdot)$ son las correspondientes distribuciones marginales.

De manera que finalmente,

$$\text{corr}(D_1, D_2) = \rho_{D_1, D_2} = \frac{\int_{x_1}^{+\infty} \int_{y_1}^{+\infty} g(x, y) \cdot dx \cdot dy - p_1 \cdot p_2}{\sqrt{p_1 \cdot (1 - p_1)} \cdot \sqrt{p_2 \cdot (1 - p_2)}}$$

Esto es, la correlación entre los incumplimientos de un par de compañías (contrapartidas) depende de las probabilidades individuales de incumplimiento de cada una de ellas, así como de la distribución conjunta de valores de sus activos.

En el caso particular de que se asumiera que los valores de los activos siguiesen una distribución normal bivalente (este supuesto es muy habitual en muchas modelizaciones), se tendría que,

$$p_{1\&2} = \int_{x_1}^{+\infty} \int_{y_1}^{+\infty} g(x, y) \cdot dx \cdot dy = h(p_1, p_2, \rho_{1,2})$$

Donde $\rho_{1,2}$ es la correlación entre los valores de los activos

Se puede demostrar además que $p_{1\&2}$ es monótona creciente con $\rho_{1,2}$.

Finalmente, la correlación entre los defaults tiene la forma siguiente,

$$\text{corr}(D_1, D_2) = \rho_{D_1, D_2} = \frac{h(p_1, p_2, \rho_{1,2}) - p_1 \cdot p_2}{\sqrt{p_1 \cdot (1 - p_1)} \cdot \sqrt{p_2 \cdot (1 - p_2)}} = f(p_1, p_2, \rho_{1,2})$$

Es decir, en el caso de distribución gaussiana para los valores de los activos, se demuestra que la correlación entre los defaults depende de las probabilidades individuales de incumplimiento y de la correlación entre los valores de activos¹⁰.

Modelo unifactorial de riesgo de crédito

Existe una particularización del modelo de Merton particularmente interesante para la que se puede calcular analíticamente la distribución de incumplimientos de una cartera con n contrapartidas bajo ciertos supuestos simplificadores:

- El número de contrapartidas en la cartera, n , tiende a infinito.
- El tamaño de las exposiciones de todas las contrapartidas es igual a $1/n$, y, por tanto, tiende a cero.
- Todas las contrapartidas tienen igual probabilidad individual de incumplimiento, p .
- El valor de los activos de todas las contrapartidas sigue un proceso gaussiano, *i.i.d.*:

$$V_i = \sqrt{\rho} \cdot f + \sqrt{1-\rho} \cdot \xi_i$$

- Donde f es una variable (factor) común a todas las compañías (modelo unifactorial) y ξ_i es un factor idiosincrásico o intrínseco propio de cada contrapartida.
- La correlación entre los valores de los activos de todas las contrapartidas es igual a ρ .

En este caso particular existe una fórmula cerrada para la distribución de incumplimiento de la cartera de manera que la tasa de incumplimientos x tiene una distribución acumulada que viene dada por:

$$F(x) = P[X \leq x] = \Phi \left(\frac{1}{\sqrt{\rho}} \left(\sqrt{1-\rho} \cdot \Phi^{-1}(x) - \Phi^{-1}(p) \right) \right)$$

y una función de densidad:

$$f(x) = \sqrt{\frac{1-\rho}{\rho}} \cdot \exp \left\{ \frac{1}{2} \cdot (\Phi^{-1}(x))^2 - \frac{1}{2 \cdot \rho} \left[\Phi^{-1}(p) - \sqrt{1-\rho} \cdot \Phi^{-1}(x) \right]^2 \right\}$$

¹⁰ Además, la correlación de default depende de forma monótona creciente, tanto de las probabilidades de incumplimiento como de las correlaciones de activos.

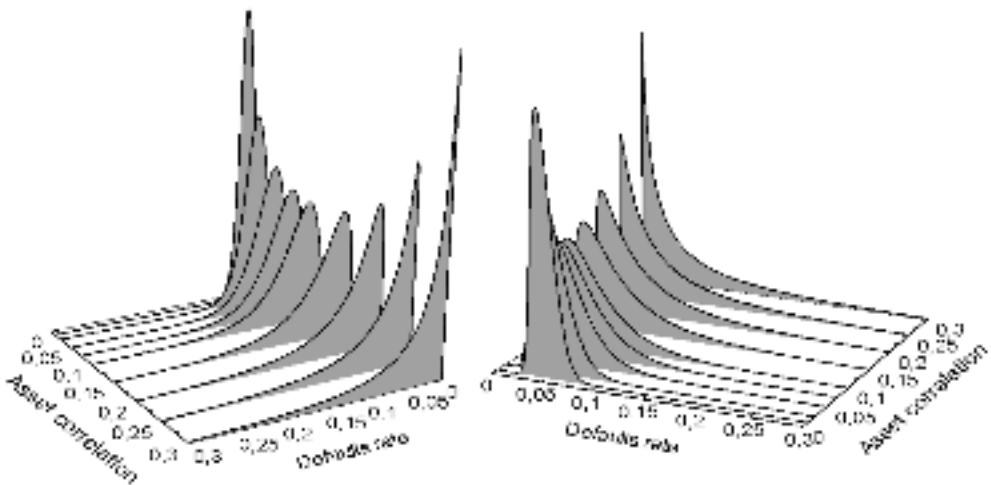
Donde:

- $\Phi(\cdot)$ es la distribución normal estándar acumulada.
- $\Phi^{-1}(\cdot)$ es la distribución normal estándar acumulada inversa.
- ρ es la correlación de activos.
- p es la probabilidad individual de incumplimiento (igual para todas las contrapartidas).

En el gráfico 11 se pueden ver algunos ejemplos de las formas que adopta la distribución de la tasa de defaults de una cartera en la que todas las contrapartidas tienen una probabilidad de incumplimiento del 5% en función del nivel de correlación entre los activos.

Como se ve, conforme aumenta la correlación de activos, se observa cómo las distribuciones se hacen cada vez más asimétricas, con una mayor cola, de manera que es más probable alcanzar tasas de incumplimiento mayores, o dicho de otra forma, sus percentiles son cada vez mayores.

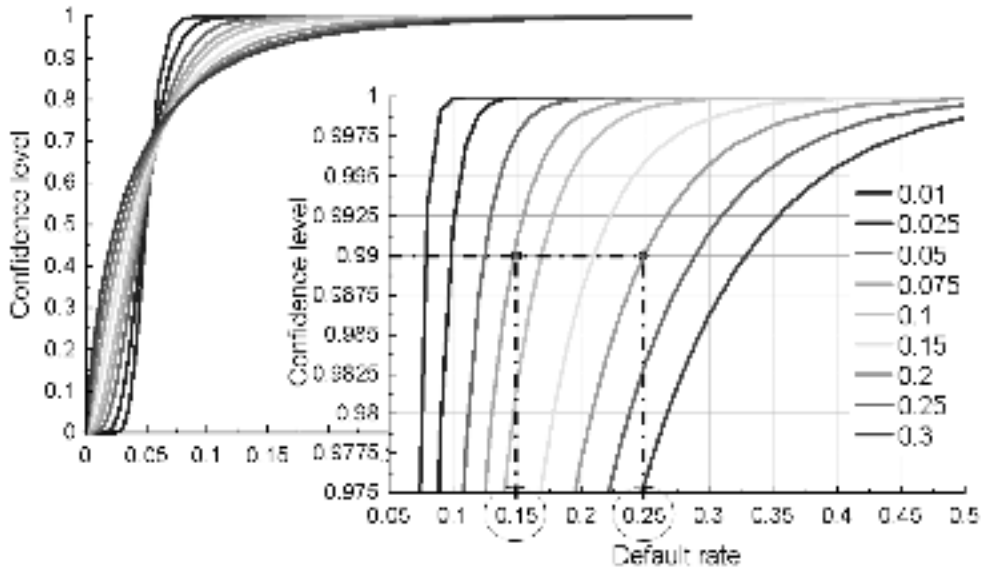
Gráfico 11.
Distribución de defaults en el modelo unifactorial



En el gráfico 12 se presentan algunas distribuciones acumuladas de las tasas de incumplimiento, de nuevo para diferentes niveles de correlación de activos¹¹. En el detalle del gráfico se puede ver cómo, con una probabilidad del 99%, la tasa de defaults no será superior al 15% (con correlación de activos de 7,5%), o al 25% (con una correlación de activos del 20%).

¹¹ Nuevamente para una cartera con contrapartidas de PD igual al 5%

Gráfico 12.
La distribución acumulada de defaults



Despejando en la fórmula de la distribución acumulada de defaults, se pueden obtener los "percentiles", esto es, la tasa máxima de defaults para un nivel de confianza dado (Q):

$$\text{Percentil}(Q) = \Phi \left(\frac{\Phi^{-1}(PD) + \sqrt{\rho} \cdot \Phi^{-1}(Q)}{\sqrt{1-\rho}} \right)$$

En el gráfico 13 se puede ver la forma de la tasa máxima de defaults para diferentes niveles de confianza y de correlaciones de activos, en función de la probabilidad de incumplimiento media de las contrapartidas de la cartera.

Una cuestión interesante es saber cómo de bueno es este modelo gaussiano unifactorial. En el gráfico 14 se muestra el ajuste a las tasas de incumplimiento anuales de empresas obtenidas a partir de la base histórica de datos de una agencia de rating (Moody's). Como se ve, el ajuste entre la distribución acumulada empírica y la derivada de un modelo unifactorial gaussiano, para una correlación de activos del 10%, es notable¹².

12 Si bien hay que reconocer que por un lado se trata de un conjunto muy homogéneo para el que el supuesto unifactorial debería ser más apropiado ya que los datos corresponden a empresas con rating de Moody's, por tanto son grandes empresas y en su gran mayoría estadounidenses. Por otro lado, la cantidad de datos disponible es reducida (poco más de 30 observaciones).

Gráfico 13:
Tasa máxima de defaults (percentiles)

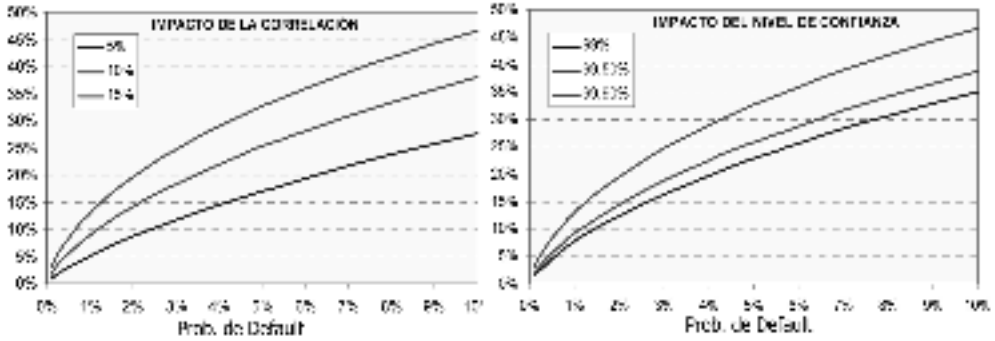
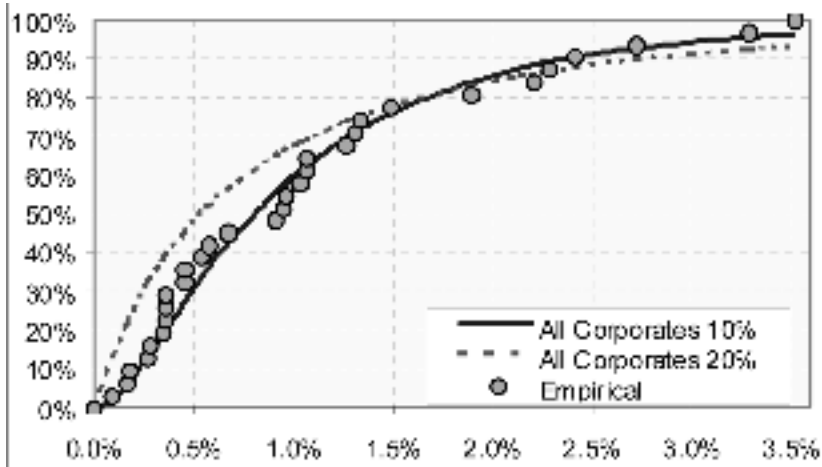


Gráfico 14.
Ajuste del modelo unifactorial gaussiano



Las fórmulas de capital en Basilea II

Como ya se ha visto, la pérdida crediticia en una cartera viene dada por:

$$Pérdida\ Crediticia = Tasa_{Incumplimientos} \cdot EAD \cdot LGD$$

Asumiendo, por el momento, que EAD y LGD no son estocásticos, y considerando el modelo unifactorial gaussiano, la pérdida máxima, con un determinado nivel de confianza, vendría dada por:

$$\begin{aligned}
 \text{Pérdida Crediticia}^{\text{Confianza } Q}_{\text{Máxima}} &= \text{Tasa}^{\text{Confianza } Q}_{\text{Máxima}} \cdot EAD \cdot LGD = \\
 &= \Phi \left(\frac{\Phi^{-1}(PD) + \sqrt{\rho} \cdot \Phi^{-1}(Q)}{\sqrt{1-\rho}} \right) \cdot EAD \cdot LGD
 \end{aligned}$$

Como se verá, la expresión anterior constituye el núcleo fundamental de las formulas de capital de Basilea II.

En Basilea II se propone un requerimiento de capital tal que cubra de las pérdidas máximas en exceso sobre las medias, con un nivel de confianza del 99,9%. Se diferencia claramente entre las pérdidas medias, que deben ser cubiertas con provisiones y las pérdidas máximas (con un nivel de confianza) que deben ser cubiertas con capital, de manera que para el requerimiento de capital se resta la pérdida media al percentil.

La nueva normativa de Basilea se concreta en cuatro fórmulas diferentes en función del tipo de cartera y de contrapartidas de que se trate, de manera que se distingue entre:

- Fórmulas de capital para inversiones "retail":
 - o Hipotecario residencial.
 - o Crédito revolvente.
 - o Resto retail.
- Fórmula de capital para inversiones "no retail" (inversiones en empresas, soberanos, sector publico, entidades financieras)

La fórmula para "Retail Hipotecario Residencial"

$$\text{Capital} = EAD \cdot LGD \cdot \left[\Phi \left(\frac{\Phi^{-1}(PD) + \sqrt{\rho} \cdot \Phi^{-1}(0.999)}{\sqrt{1-\rho}} \right) - PD \right]$$

$$\rho = 0.15$$

Como se ve, la fórmula en Basilea coincide perfectamente con el modelo unifactorial gaussiano con LGD y EAD fijas. El capital, para una hipoteca residencial, coincide con la pérdida máxima, en exceso sobre la media, para un nivel de confianza del 99,9% y asumiendo una correlación de activos en las hipotecas del 15%.

La fórmula para "Retail Revolvente"

$$RWA = \frac{100\%}{8\%} \cdot \left[LGD \cdot \Phi \left(\frac{\Phi^{-1}(PD) + \sqrt{\rho} \cdot \Phi^{-1}(0.999)}{\sqrt{1-\rho}} \right) - PD \cdot LGD \right]$$

$$\rho = 0.04$$

De nuevo en este caso la fórmula coincide con el modelo unifactorial gaussiano con LGD y EAD fijas. A diferencia del riesgo hipotecario residencial, el nivel de confianza es del 99,9% mientras que la correlación de activos que se utiliza es del 4%.

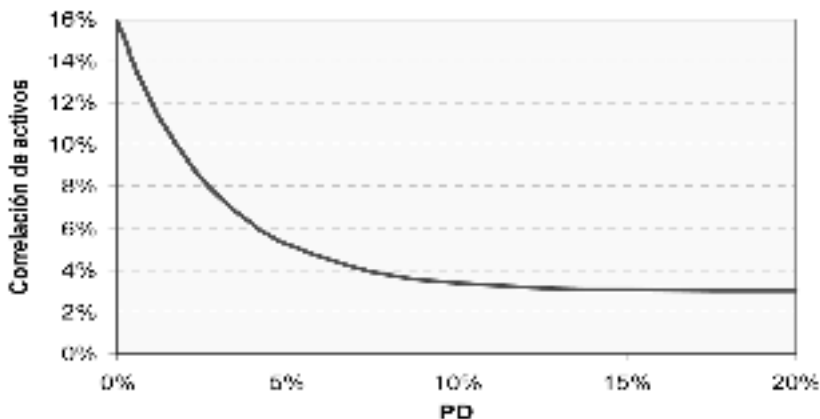
La fórmula para "Resto de Retail"

$$Capital = EAD \cdot LGD \cdot \left[\Phi \left(\frac{\Phi^{-1}(PD) + \sqrt{\rho(PD)} \cdot \Phi^{-1}(0.999)}{\sqrt{1 - \rho(PD)}} \right) - PD \right]$$

$$\rho(PD) = 0.03 \cdot \frac{1 - e^{-35PD}}{1 - e^{-35}} + 0.16 \cdot \left(1 - \frac{1 - e^{-35PD}}{1 - e^{-35}} \right)$$

Aquí aparece una primera diferencia interesante respecto del modelo unifactorial gaussiano con LGD y EAD fijas. En la fórmula planteada por Basilea, la correlación de activos se hace depender de la PD, de manera que cuanto mayor es la PD menor es la correlación. En el gráfico 15 se puede ver cómo la correlación de activos oscila entre el 16% y el 3% (dependiendo del nivel de PD de la contrapartida).

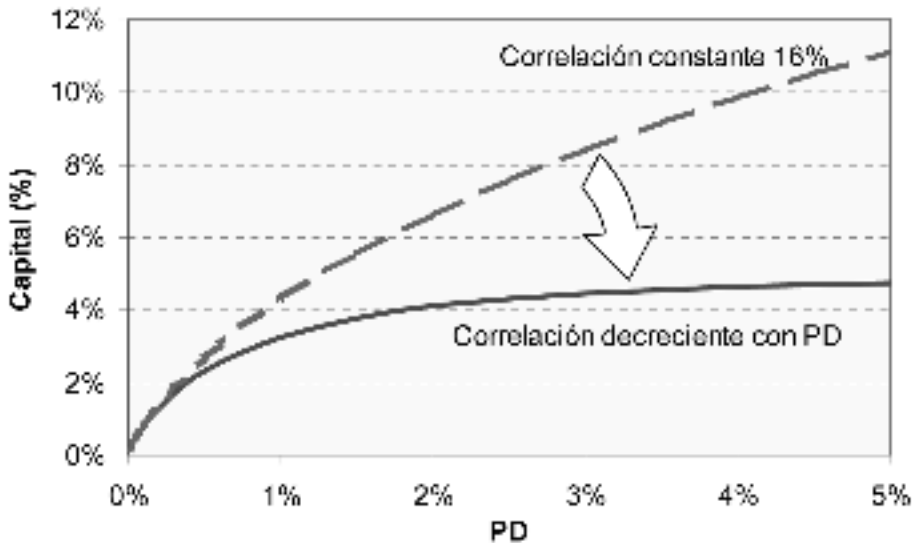
Gráfico 15.
Correlación de activos y PD (Resto retail)



El efecto de este ajuste en la correlación de activos, da lugar a que la curva del capital respecto de la PD tenga una menor pendiente, mitigando en parte la posible "prociclicidad" de la regulación¹³. En el gráfico 16 se puede ver el efecto que tiene, en términos de aplanamiento y menor pendiente en la curva de capital, hacer depender negativamente la correlación de activos de la PD.

¹³ Se ha señalado que realizar requerimientos de capital sensibles a la probabilidad de incumplimiento aumenta la ciclicidad de la economía. En los momentos "malos", de poco crecimiento económico, las probabilidades de incumplimiento de los agentes económicos son en media mayores, dando lugar a superiores requerimientos de capital y por tanto quizás un estrangulamiento del crédito. Por el contrario, en los momentos buenos, los requerimientos se reducen, debido a las mejores PD's, pudiendo en tal caso dar lugar a una mayor expansión del crédito. Es la denominada prociclicidad de los requerimientos de capital.

Gráfico 16.
Aplanamiento de la curva (Resto Retail)



La fórmula para "No Retail"

En el caso de las inversiones denominadas "no retail", Basilea plantea la fórmula siguiente:

$$Capital = EAD \cdot LGD \cdot \Phi \left(\frac{\Phi^{-1}(PD) + \sqrt{\rho(PD)} \cdot \Phi^{-1}(0.999)}{\sqrt{1-\rho(PD)}} - PD \right) \cdot \frac{1 + (M - 2.5) \cdot b(PD)}{1 - 1.5 \cdot b(PD)}$$

donde

$$b(PD) = (0.11852 - 0.05478 \cdot \log(PD))^2$$

y

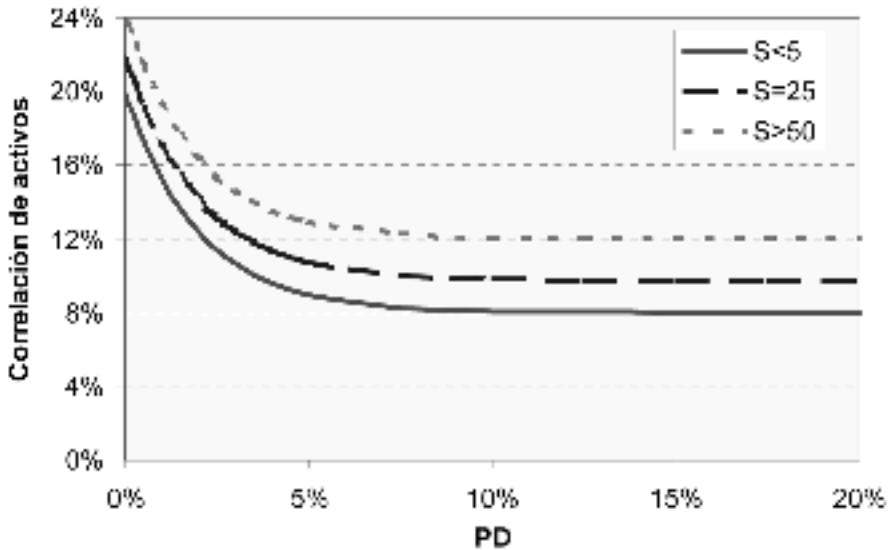
$$\rho(PD) = 0.12 \cdot \frac{1 - e^{-50PD}}{1 - e^{-50}} + 0.24 \cdot \left(1 - \frac{1 - e^{-50PD}}{1 - e^{-50}} \right) - 0.04 \cdot \left(1 - \frac{S - 5}{45} \right)$$

Con S , ventas en millones de euros, $5 \leq S \leq 50$,

En este caso, las desviaciones respecto del modelo unifactorial gaussiano puro son algo mayores.

Por un lado, la correlación de activos, como en el caso del "resto retail", depende de la PD , a mayor PD menor correlación, pero además, ahora, la correlación de activos también depende de S , las ventas, de manera que a mayores ventas mayor correlación (y a menores ventas menor correlación y, ceteris paribus, menor requerimiento de capital). El gráfico 17 presenta la relación entre la correlación de activos y la PD para 3 niveles de ventas ($S < 5$, $S = 25$, $S > 50$).

Gráfico 17.
Correlación de activos y PD (No Retail)



Adicionalmente, en la fórmula de capital aparece un nuevo término, se trata de un ajuste por plazo. A mayor plazo, mayor requerimiento de capital.

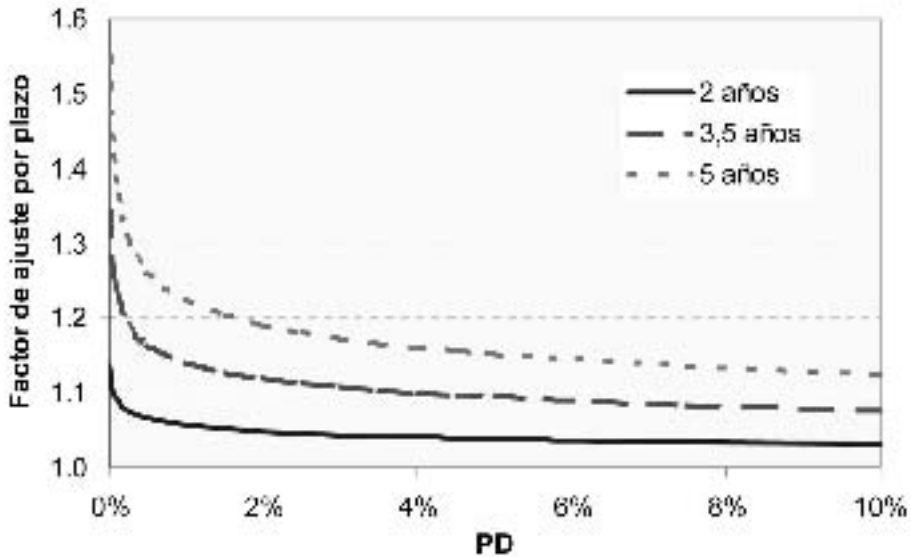
$$\text{Ajuste por plazo} = \frac{1 + (M - 2.5) \cdot b(PD)}{1 - 1.5 \cdot b(PD)},$$

donde $M = \text{Plazo residual}$

$$b(PD) = (0.11852 - 0.05478 \cdot \log(PD))^2$$

En la fórmula anterior es fácil ver que para $M=1$ el ajuste por plazo es la unidad (en otras palabras, no hay ajuste por plazo). En el gráfico 18 se pueden ver los factores de ajuste que corresponden a los plazos 2, 3,5 y 5 años, para diferentes a niveles de PD .

Gráfico 18.
Ajuste por plazo (No Retail)



En cualquier caso, pese a las diferencias, el modelo subyacente en Basilea II, como se ve, es básicamente un modelo de crédito unifactorial gaussiano.

Un aspecto curioso en el modelo de Basilea II es el tratamiento de la LGD, y, en menor medida de la EAD, como variables no aleatorias. Si se observa en todas las formulas de capital...
°Cuando $PD=100\%$ (esto es, cuando el crédito está ya en default) el requerimiento de capital resultante es cero!

Realmente, los créditos en default necesitan capital. En un crédito en default, la pérdida esperada coincide con la LGD media, pero, dado que la LGD es en sí misma una variable aleatoria, existe cierta incertidumbre acerca de cuanto realmente se recuperará del incumplido finalmente.

Este argumento también es válido para una cartera de créditos no incumplidos. Su requerimiento de capital se debe derivar no solo de la incertidumbre acerca de cuántos créditos incumplirán al cabo de un año, sino además, de la incertidumbre acerca de la tasa de recuperación posterior de los créditos que incumplan¹⁴.

Actualmente, el comité de Basilea está trabajando en este tema, tratando de proponer un mecanismo práctico y sencillo que permita tener en cuenta en el requerimiento de capital por riesgo de crédito la parte derivada de la incertidumbre acerca de las tasas de recuperación y por tanto de la LGD.

¹⁴ Otro tanto se puede decir acerca de la EAD

Los modelos internos

Basilea II es un requerimiento de capital regulatorio. El regulador, buscando garantizar un mínimo de solvencia y estabilidad para el sistema financiero, establece un requerimiento mínimo de capital, común para todas las entidades, así todas ellas deberán tener, al menos, el citado capital.

Se tiende a confundir el requerimiento de capital regulatorio de Basilea II con lo que se conoce como Capital Económico. Es fundamental distinguir ambos conceptos:

- **Capital Regulatorio:** Se entiende por tal al nivel mínimo de recursos propios que deben mantener las entidades financieras, impuesto por el supervisor, con el objetivo de garantizar un mínimo de solvencia a los sistemas financieros.
- **Capital Económico:** Se entiende por tal al nivel de recursos propios que las entidades deben tener para que, con una probabilidad relacionada con el rating objetivo deseado por la entidad, al cabo de un año, las posibles pérdidas derivadas de los diferentes tipos de riesgo que puedan sufrir no supongan su quiebra.

El supervisor es quien determina el nivel de capital regulatorio, mientras que el capital económico viene determinado por la propia entidad financiera que elige cuál es el nivel de confianza con el que desea operar¹⁵. Así, dos entidades sujetas a un mismo requerimiento de capital regulatorio, no tienen por qué tener igual capital económico.

Esta diferencia entre capital regulatorio y capital económico ya existe en la actualidad cuando se observa como la práctica totalidad de las entidades tienen recursos propios claramente muy por encima del requerimiento mínimo regulatorio.

Es cierto que la nueva propuesta de capital ha acercado los conceptos de capital económico y regulatorio pero ambos son esencialmente diferentes y no deben ser confundidos. El capital económico se estima a partir de un modelo interno propio de cada entidad donde, además de todos los riesgos y las interrelaciones entre éstos, se toma en consideración el rating objetivo de la entidad y por tanto el nivel de confianza implícito con el que ésta desea operar. El capital regulatorio se estima a partir de un modelo proporcionado por el regulador, bajo una serie de supuestos estándar¹⁶ y donde el nivel de confianza con el que se trabaja es común para todas las entidades.

Modelos de rentabilidad ajustada al Riesgo

Uno de los objetivos claros que debe tener un modelo de capital económico es su utilización para pricing y para la medición de las rentabilidades de las operaciones¹⁷.

La idea subyacente es que la rentabilidad mínima de una operación debe cubrir al menos tres conceptos:

- El tipo de interés libre de riesgo
- La pérdida esperada por riesgo de crédito

15 Obviamente, la entidad al decidir cual es el capital económico se encuentra con una restricción, el regulador exige que el capital de la entidad sea igual o superior al regulatorio. Hay que hacer notar que esta restricción, sin embargo, opera a nivel agregado (para todo el banco) y no individual (operación a operación).

16 Por ejemplo, para el capital regulatorio el regulador fija las correlaciones entre activos que se deben utilizar en las formulas mientras que en el capital económico la entidad utiliza sus mejores estimaciones de correlaciones.

17 Por el contrario, un modelo de capital regulatorio no tiene porque ser útil para estos fines.

- La prima de riesgo (o coste de capital)

De manera que:

$$\text{Rentabilidad mínima} = r_f + PE(\%) + (k - r_f) \cdot c(\%)$$

Donde:

- r_f : Tipo libre de riesgo.
- $PE(\%)$: Pérdida Esperada (en porcentaje).
- k : Coste de Capital.
- $c(\%)$: Capital Económico (en porcentaje).
- $k-r_f$: Es la prima de riesgo (exceso de rentabilidad sobre el tipo libre de riesgo) que exigen los accionistas de la entidad financiera por el capital que tienen invertido.

Es importante notar cómo en la fórmula anterior el capital que debe considerarse es el capital económico y no el regulatorio.

Se puede explicitar como cada uno de los términos de la fórmula depende de las variables básicas de riesgo:

$$\text{Rentabilidad mínima} = r_f + PE(\%) + (k - r_f) \cdot c(\%)$$

Donde

$$PE(\%) = PD \cdot LGD$$

$$c(\%) = f(PD, LGD, \rho)$$

$$k = h(PD, LGD, \rho^*)$$

$$\text{Rent. mín.} = r_f + PD \cdot LGD + (h(PD, LGD, \rho^*) - r_f) \cdot f(PD, LGD, \rho)$$

En la fórmula anterior se observa como la rentabilidad mínima depende de las características de riesgo. Por un lado, y de manera directa, depende de los parámetros de PD y LGD de la cartera u operación pero, por otro lado, depende de la diversificación por dos vías diferentes:

- Por un lado, la diversificación afecta a la cantidad de capital necesaria para financiar la operación.
- Por otro lado, la diversificación afecta a la prima de riesgo que exigen los accionistas. Recordando el modelo CAPM, la prima de riesgo de un activo (o cartera) tiene que ver con la cantidad de riesgo no diversificable implícita en dicho activo (o cartera).

En la fórmula anterior se han querido distinguir estos dos conceptos, que, aunque pueden parecer idénticos, no lo son. En este sentido, en la fórmula anterior ρ se refiere al grado de diversificación "interno" de la cartera de la entidad financiera (trata de medir el grado de volatilidad total de la cartera), mientras que ρ^* se refiere al grado de diversificación de la cartera de la entidad frente al resto de activos del mercado (trata de medir el riesgo sistemático de la cartera, esto es, el riesgo o volatilidad no diversificable).

Con este enfoque el coste de capital no sólo puede ser diferente para las diferentes entidades, sino que además incluso dentro de una misma entidad, el coste de capital de las distintas carteras puede ser diferente.

6. CONCLUSIONES

En este artículo se ha desarrollado un modelo para la medición del riesgo de crédito. Dicho modelo está en la base de la nueva normativa de capital, Basilea II, pero también tiene aplicaciones en las titulaciones de activos así como en la valoración de derivados crediticios.

Para el desarrollo del modelo se han definido algunos conceptos básicos, como son la probabilidad de incumplimiento, la severidad y la exposición respecto de los cuales se han mencionado algunas de las peculiaridades que supone su estimación.

A partir de estos parámetros y basándose en un modelo unifactorial (gaussiano), es posible estimar la distribución de pérdidas de una cartera y, por tanto, calcular la pérdida esperada y el capital.

En la última parte del artículo se ha comparado dicho modelo con las formulas implementadas en Basilea 2, discutiéndose las diferencias.

Concluye el artículo discutiendo las diferencias entre los conceptos de capital regulatorio y económico, así como definiendo una medida de rentabilidad ajustada al riesgo que tiene en cuenta tanto la pérdida esperada como el capital económico requerido por las operaciones.

BIBLIOGRAFÍA

A las personas interesadas en profundizar en estos temas se les recomienda las siguientes páginas web y lecturas:

- www.bis.org: Página web del comité de Basilea donde podrán encontrar no sólo la nueva norma de requerimientos de capital sino además algunos documentos de trabajo y estudios al respecto. Dirección: <http://www.bis.org/publ/bcbsca.htm>
- www.bde.es: Página web del banco de España en la que podrán encontrar los números aparecidos de la publicación "Estabilidad Financiera" en los cuales además de discutir la nueva normativa de capital se incluyen algunos artículos interesantes con estudios acerca de los diferentes parámetros utilizados en la estimación del capital (PD's, LGD's...). Dirección: <http://www.bde.es/informes/be/estfin/estfin.htm>
- www.bbva.com: Página web del Banco BBVA en la que se incluyen algunos artículos de interés acerca del tratamiento de la diversificación en la nueva normativa de Basilea y se presentan algunas alterativas al modelo unifactorial. Dirección: <http://ws1.grupobbva.com/TLBB/tlbb/jsp/esp/conozca/riesgos/basilea/index.jsp>
- www.schonbucher.de: Página web de Philipp J. Schönbucher en donde se puede descargar el artículo "Factor Models for Portfolio Credit Risk" en el que se desarrollan matemáticamente los modelos factoriales de crédito. Dirección: http://www.schonbucher.de/papers/portfolio_fo.pdf