**SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS FINANCIEROS DE MERCADO, CRÉDITO Y LIQUIDEZ**

**ANEXO 3.2**

**METODOLOGÍAS DE RIESGO DE CRÉDITO**

1. **Riesgo de crédito**

La estimación del riesgo de crédito consistirá en la medición del impacto en el precio de un instrumento de deuda tomando en cuenta el valor esperado de su sobretasa, considerando la matriz de probabilidades de transición y las sobretasas promedio observadas.

**A. Matriz de probabilidades de transición.**

La matriz de transición es una herramienta para determinar la probabilidad de que un crédito con una calificación determinada cambie de calificación crediticia o caiga en impago durante un periodo específico. A esta probabilidad se le conoce como “probabilidad de migración en la calidad de un crédito”.

La matriz de transición representa un elemento importante en la estimación del riesgo de crédito[[1]](#footnote-1), debido a que provee la base para estudiar el posible deterioro que pudiera presentar una cartera en el futuro. El procedimiento para la estimación de matrices de transición puede plantearse como sigue:

Sea Xt el estado en que se encuentra el proceso en el tiempo t, la probabilidad de pasar de un estado i en determinado periodo de tiempo t, a un estado j en el periodo t+1, se define como:

donde:

A esta probabilidad se le conoce como la probabilidad de transición en un paso. Si se supone que la probabilidad anterior es independiente de t, es decir, homogénea en el tiempo, las probabilidades de transición en un paso Pij pueden representarse en una matriz P, la cual se conoce como matriz de transición.

Las probabilidades pueden estimarse utilizando el método de máxima verosimilitud de la siguiente manera:

El tiempo en el que se deben observar las transiciones debe ser el suficiente para evitar efectos de estacionalidad y mayor o igual al horizonte que se desea observar. Por convención, se utiliza un horizonte de un año y se tiene el supuesto de que todos los años son iguales.

donde:

Derivado de que el historial del Instituto no es estadísticamente significativo para tomar como válidas las probabilidades de migración observadas, se consideran las matrices de transición disponibles de las agencias calificadoras, tanto en escala nacional como en internacional, según corresponda, manteniendo la siguiente estructura:

donde:

Sujeto a la condición de que para cada j (renglón):

Donde, j=14, dado que deberán considerarse 14 niveles de calificación[[2]](#footnote-2), tanto en escala nacional como global, los cuales se señalan en las siguientes tablas. Asimismo, para el caso de las emisiones nacionales, la matriz de probabilidades de transición estará conformada por instrumentos no gubernamentales con calificación en escala nacional, considerando información de al menos 20 años.

De cada una de las cuatro principales calificadoras (S&P, Fitch, Moody’s y HR) se obtendrán la calificaciones históricas de las emisiones o instrumentos, y se homologará de acuerdo con los 14 niveles de calificación establecidos; se construye una matriz para cada una de las calificadoras, donde cada elemento de éstas corresponderá al número de emisiones que se situaban en el nivel de calificación i y migraron al nivel de calificación j; se integra una sola matriz con la suma de los valores de cada celda (i,j) de las cuatro matrices. De tal forma, que se obtendrá el cociente o .

**B. Matrices de sobretasas.**

Las matrices se construyen a partir de los datos observados de mercado, considerando periodos de pago de cupón, tasa de referencia, días por vencer, modelo de valuación y la calificación del instrumento, para (1) tasas variables, (2) fija nominal y (3) fija real, y (4) extranjera.

Cada elemento de la matriz considera un nivel de sobretasa asociado a un determinado vencimiento (renglón) y a una determinada calificación (columnas).

donde:

En caso de que existan plazos sin información correspondiente, ésta deberá calcularse bajo cualquier método de interpolación o extrapolación, según aplique, para lo cual deberá considerarse la sobretasa promedio y calificación más próxima que se dispongan, no debe utilizarse información resultante de otra interpolación previa.

De lo anterior, el vector de sobretasas de un determinado instrumento, de acuerdo con la tasa de referencia y dos días por vencer será:

Una vez completada(s) la matriz(ces) el cálculo de riesgo de crédito de sobretasa se realizará para cada uno de los instrumentos, a partir de las diferencias observadas, mediante la siguiente fórmula:

donde:

**C. Aproximación delta – gamma**

El valor esperado de la sobretasa de un instrumento debe calcularse a partir de las matrices de probabilidades de transición y de sobretasas:

donde:

Para el cálculo de la aproximación delta-gamma se estima la variación en el precio del instrumento para obtener el riesgo atribuible al factor de crédito, mediante:

donde:

**D. Cálculo de riesgo de crédito**

El riesgo de crédito será igual a:

donde:

Para el caso de emisiones que se encuentran en incumplimiento, el factor de riesgo de crédito será de acuerdo con el factor de recuperación utilizado para la valuación de dicho instrumento.

El riesgo de crédito de la cartera o portafolio será igual a:

donde:

1. **VaR de crédito**

La inversión en instrumentos supone la posibilidad de asumir pérdidas, esperadas y no esperadas, por el riesgo de crédito, por tanto, el VaR de crédito del portafolio se define como la suma de la pérdida esperada y no esperada.

**A. Pérdida esperada**

Se refiere al monto en riesgo que se puede perder en caso de que se materialice un evento de riesgo de crédito, por lo que para estimarla se consideran tres parámetros principalmente:

1. Probabilidad de incumplimiento: es la frecuencia con la cual se espera que el acreditado incumpla en su(s) crédito(s) u obligaciones.
2. Exposición al incumplimiento: es la estimación del monto con el cual el acreditado incumplirá. Este indicador se expresa en términos porcentuales, por lo que se expresa con relación al monto original del crédito.
3. Severidad: es la porción del crédito que no se recuperará mediante acciones de cobranza una vez que ocurre el incumplimiento.

donde:

*es la pérdida esperada del instrumento i*

**B. Pérdida no esperada**

La pérdida no esperada es la no capturada por la esperada y se calcula mediante:

donde:

**C. Probabilidad de incumplimiento.**

Es la estimación de la probabilidad de que el riesgo de crédito emisor se materialice; es la frecuencia con la cual se espera que los acreditados incumplan con el pago de sus obligaciones. También conocida como EDF (*Expected Default Frecuency*), PD (*Probability of Default*).

El evento de que un acreditado incumpla sus obligaciones crediticias se estima a partir de la tasa de incumplimiento observada, mediante:

donde:

El cálculo de la probabilidad de incumplimiento toma en cuenta el número de eventos que representan la degradación hasta el nivel de incumplimiento (*default*), para lo cual, considera el último nivel de la matriz de probabilidades de transición (los datos de la matriz, para este nivel, corresponden al número de emisiones que se situaban en el nivel de calificación previa y llegaron al incumplimiento).

Con la información anterior, se realiza una interpolación de datos, considerando:

1. La distribución Poisson (para contar el número de ocurrencias del número de instrumentos que caen en incumplimiento en un periodo de tiempo determinado.
2. El ajuste de los datos de la distribución Poisson a una distribución normal estándar para determinar la probabilidad acumulada de acuerdo con cada uno de los niveles de la matriz de calificaciones.
3. Al incrementar los valores del parámetro λ, la distribución Poisson adquiere la forma de la campana de Gauss, donde podrá deducirse que conforme aumenta λ, la variable 𝒁=𝑿−𝝀√𝝀 aleatoria tendrá una distribución aproximada normal estándar, por el teorema central del límite.

La matriz de transición representa las probabilidades de cambiar de calificación en un paso o semestre. Por lo que para obtener la matriz en n-pasos 𝑃(𝑛), se debe multiplicar la matriz de transición de un paso 𝑃(1) , n veces, por lo tanto, la probabilidad de que un instrumento cuya calificación inicial se encuentre en el nivel i y migre al nivel j en m pasos se representará:

𝑃𝑖,𝑗(𝑚)=𝑃(𝑋𝑚=𝑗, 𝑋0=𝑖)

Considerando que la degradación de un instrumento es un proceso de degradaciones continuas en la calificación, se calcula una matriz de transición que refleje este efecto de degradaciones a través del tiempo a 13 pasos.

Una vez obtenida esta matriz, se toma la última columna de cada una de las particiones semestrales para conformar series históricas de las probabilidades de incumplimiento para cada nivel de calificación. Con base en las catorce series, se calcula la correlación entre incumplimientos por nivel de calificación, empleando la fórmula del coeficiente de correlación de Pearson entre variables, para medir el grado de covariación entre distintos niveles de calificación.

Adicionalmente se calcula la matriz de correlaciones entre sectores económicos[[3]](#footnote-4). Para obtener la correlación entre la probabilidad de incumplimiento de dos instrumentos en la cartera o portafolio, se realiza el producto de su correlación correspondiente por nivel de calificación y sector económico.

donde:

𝐶𝐼 Correlación entre los incumplimientos del instrumento 𝑖 y del instrumento 𝑗.

𝑛𝑘 Nivel de calificación del instrumento 𝑘.

𝜌𝑁(𝑖,𝑗) Coeficiente de correlación entre el nivel de calificación del instrumento 𝑖 y del instrumento 𝑗.

𝑠𝑘 Sector económico del instrumento 𝑘.

𝜌𝑆(𝑖,𝑗) Coeficiente de correlación entre el sector económico del instrumento 𝑖 y del instrumento 𝑗.

**D. Severidad de la pérdida**

La severidad de la pérdida o LGD (*Loss Given Default*), representa la parte no recuperada de un crédito en caso de impago.

Se pueden identificar fácilmente dos extremos. Por un lado, una recuperación total se asocia a una LGD del 0%. Por el contrario, un escenario de recuperación cero conduce a una LGD del 100%. En la práctica, también puede producirse una serie de recuperaciones parciales, por lo que la LGD suele estar acotada entre el 0% y el 100%. Debido a su naturaleza, la LGD se estima a lo largo de todo el proceso de recuperación. En otras palabras, es necesario considerar todas las recuperaciones ocurridas tras el impago sin imponer restricciones temporales.

Se establecerá la severidad de la pérdida para cada uno de los niveles de calificación establecidos, con base en las tasas de recuperación emitidas por las tres principales calificadoras autorizadas por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores. Los niveles de calificación se establecerán conforme a la siguiente tabla.



La severidad de la pérdida para cada instrumento será:

donde:

**E. Cálculo de VaR de crédito**

El VaR de crédito será igual a:

donde:

**III. Pruebas de estrés (*stress testing*) de riesgo de crédito**

En términos generales, una prueba de estrés consiste en el análisis de un escenario específico, en el que las condiciones ya sea de mercado, de crédito o aquellas que inciden en los factores de riesgo son extremas y no favorables, a fin de determinar las pérdidas y/o ganancias de un portafolio. El escenario se define *a priori* y simplemente se aplica al portafolio.

Para el caso del portafolio de la Institución, se utiliza una matriz de transición simulando su migración estresada, es decir, considerando degradaciones en su calificación o incrementos en la probabilidad de incumplimiento.

Por tanto, para obtener estas pruebas, considerando la metodología descrita, se calculará el riesgo de crédito a distintos niveles de calificación estimando la sobretasa esperada con las sobretasas relativas del instrumento y las probabilidades de transición correspondientes al nivel de degradación.

**IV. *Backtesting* de riesgo de crédito**

Las pruebas de *backtesting* consisten en comparar los resultados estimados con los observados. Esto permite hacer ajustes a los parámetros del modelo de medición del riesgo, asegurando la confiabilidad de los resultados dentro de los parámetros elegidos.

A diferencia del riesgo de mercado, las pérdidas por riesgo de crédito son a largo plazo, por lo que el periodo de observación para realizar pruebas de *backtesting* es significativamente mayor y prácticamente imposible de acumular. Por tanto, es posible comparar la proporción de fallos que tiene el modelo con el número de fallos permitidos en un periodo determinado dentro de un intervalo de confianza.

**V. Tablas de equivalencia de calificaciones**

**Escala nacional**



**Escala global**



|  |
| --- |
| Área Técnica, Área Requirente  y Administrador del Contrato  **Act. Rubén Rodríguez Arellano**  Titular de la Coordinación de Administración de Riesgos Financieros |

1. Para el cálculo de riesgo de crédito se tomará el nivel más bajo entre las calificaciones otorgadas por las diferentes calificadoras al instrumento o emisión. [↑](#footnote-ref-1)
2. Los niveles de calificación, en escala global y nacional, se describen al final de este documento, tomando en cuenta una escala de homologación de 14 niveles. Para el caso de escala nacional, se incluyen las calificadoras VERUM, DBRS y BEST. [↑](#footnote-ref-2)
3. Considerando los datos del producto interno bruto de cada sector publicados por Banco de México. [↑](#footnote-ref-4)