RIESGOS FINANCIEROS

Notas Técnicas:

Expected Shortfall como Métrica de Riesgo

12 Mayo, 2025

GRUPO FINANCIERO BANORTE

RIESGOS FINANCIEROS
NOTAS TÉCNICAS

EXPECTED SHORTFALL COMO MÉTRICA DE RIESGOS

OBJETIVO GENERAL

El objetivo de esta nota es detallar el concepto de *Expected Shortfall* como métrica de riesgo de cola, destacando su fundamento teórico y consideraciones clave para su implementación. Asimismo, se abordan sus principales supuestos, limitaciones y aplicaciones prácticas.

INTRODUCCIÓN

La medición del riesgo de mercado es un componente esencial dentro de la administración de riesgos para anticipar, gestionar y mitigar posibles pérdidas financieras. En este contexto una de las herramientas más discutidas y documentadas en este campo es el *Expected Shortfall* (ES), también conocido como Valor en Riesgo Condicional (*CVaR*, por sus siglas en inglés). El *Expected Shortfall* es una medida de riesgo que captura las pérdidas potenciales en las colas de la distribución. En contraste con otras medidas como el Valor en Riesgo (*VaR*), el *Expected Shortfall* proporciona una visión más integral del riesgo extremo al considerar tanto la probabilidad como la magnitud de las pérdidas en la cola de la distribución.

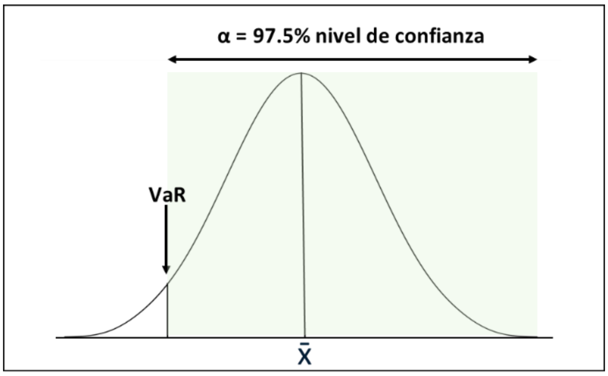
USO DEL EXPECTED SHORTFALL

El *Expected Shortfall* (*ES*) ha sido adoptado como la medida estándar de riesgo mercado por distintos organismos regulatorios internacionales.

Un ejemplo notable es el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, que en su marco Basilea III y IV recomienda el uso del *ES* en lugar del *VaR* como modelo para calcular los requerimientos de capital por riesgo de mercado. Esta decisión fue impulsada por la necesidad de una medida que refleje mejor los riesgos en la cola de la distribución (1). Asimismo, dentro del *Fundamental Review of the Trading Book* (*FRTB*), Basilea puntualizó que durante periodos de crisis existen deficiencias con el cálculo del *VaR* que implican una subestimación del riesgo de mercado (2).

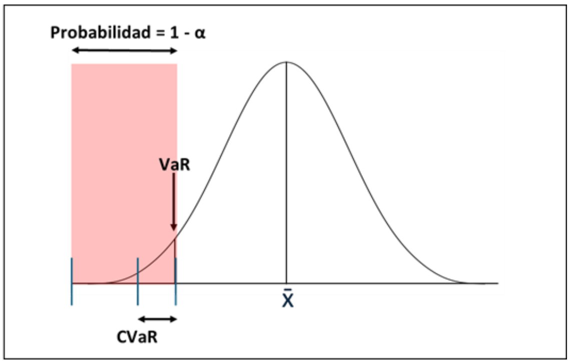
DIFERENCIAS ENTRE *EXPECTED SHORTFALL* Y *VAR*

El Valor en Riesgo (*VaR*) ha sido una de las medidas más referidas para cuantificar el riesgo de mercado. El *VaR* estima la pérdida máxima que un portafolio podría sufrir durante un horizonte temporal dado, con un nivel de confianza específico. Sin embargo, una de las limitantes del *VaR* es que no considera la información de las pérdidas que superan el umbral definido, como se muestra en la siguiente gráfica:



Por ejemplo, si un portafolio tiene un *VaR* con un nivel de confianza de 97.5% de $1,000,000, no se conoce la magnitud de las pérdidas que podrían exceder este nivel. El Comité del Sistema Financiero Global (*CGFS* por sus siglas en inglés) define lo anterior como "*Tail Risk*" (3).

El *Expected Shortfall* incluye a diferencia del VaR los eventos de cola dado que se estima como el promedio de las pérdidas que exceden el VaR. Como se muestra en la siguiente gráfica:



Además, el *Expected Shortfall* es una medida coherente de riesgo, ya que cumple con propiedades como la subaditividad, algo que no siempre cumple el VaR (4).

MEDIDAS COHERENTES DE RIESGO

Las condiciones de una medida coherente de riesgo se refieren a los principios matemáticos y financieros que esta debe cumplir para ser considerada adecuada y efectiva en la evaluación de riesgos. Las principales son: Monotonicidad, Translación Invariante, Homogeneidad Positiva y Subaditividad.

La monotonicidad significa que a mayor rentabilidad debe corresponder mayor riesgo, la homogeneidad positiva significa que si se aumenta la posición en un portafolio o en alguno de sus activos componentes, el riesgo debe incrementarse proporcionalmente, la invarianza traslacional significa qué si se invierte en una cantidad adicional en el portafolio, en una tasa libre de riesgo, su riesgo debe reducir en esa cantidad. La subaditividad indica que el riesgo global de un portafolio formado por dos o más activos es menor o igual que la suma de los riesgos individuales. De las anteriores, el *VaR* NO siempre cumple la última condición (5). La diversificación no debe aumentar el riesgo, si se toma en cuenta lo siguiente:

$$R[X+Y] \leq R[X] + R[Y]$$

Consideremos dos bonos idénticos X y Y. Cada uno con probabilidad 0.03 de incumplimiento, y se supone una pérdida de 100 si el incumplimiento ocurre y 0 si no ocurre. Por lo tanto, el *VaR* a un nivel de confianza del 95% para cada uno es 0, y además se tiene que:

$$VaR[X] = VaR\ [Y] = VaR[X] + VaR\ [Y] = 0$$

Suponiendo que los incumplimientos son independientes, se tendrá:

Una pérdida de 0 con probabilidad de $0.97^2 = 0.9409$

Una pérdida de 200 con probabilidad de $0.03^2 = 0.0009$

Una pérdida de 100 con probabilidad de $1 - 0.9409 - 0.0009 = 0.0582$

Por lo tanto:

$$VaR[X + Y] = 100$$

Y se tiene que: $VaR\ [X + Y] = 100 > 0 = VaR\ [X] + VaR\ [Y]$

Esto prueba que el VaR no es subaditivo en todos los casos (6).

METODOLOGÍAS DE CÁLCULO

El cálculo puede realizarse utilizando diferentes metodologías, cada una con sus propias características, ventajas y limitaciones. Las principales metodologías son:

1. Método Paramétrico o Varianza-Covarianza
2. Simulación de Monte Carlo
3. Simulación Histórica

Por su simplicidad, factibilidad y el uso de correlaciones implícitas, el modelo histórico es altamente utilizado en la industria. Como aproximación válida para el uso de la simulación histórica, y particularmente la determinación de una distribución de pérdidas y ganancias se puede usar la expansión de series de Taylor:

$$\Delta P \approx \frac{\partial P}{\partial X}\Delta X + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 P}{\partial X^2}(\Delta X)^2 \text{ … Ecuación (1)}$$

Donde:

- $\frac{\partial P}{\partial X}$: Primera derivada del valor del portafolio/activo respecto al factor de riesgo. En este caso refiere a la sensibilidad de primer orden tal como Delta, DV01, Vega u otra.
- $\frac{\partial^2 P}{\partial X^2}$: Segunda derivada del valor del portafolio/activo. En este caso se refiere a las sensibilidades de Segundo orden tales como Gamma, Volga u otra.
- ΔX: Cambio en el factor de riesgo.

Se basa en el uso de sensibilidades para estimar el cambio en el valor de un portafolio/activo como consecuencia de movimientos en factores de riesgo del mercado.

Estas sensibilidades incluyen, entre otras:

1. Delta/DV01: Mide el cambio del precio de un activo dado un cambio de una unidad o 1pb en el factor de riesgo.
2. Gamma: Indica como cambia la delta del activo por cada unidad de cambio en el factor de riesgo.
3. Vega: Mide la sensibilidad del precio de un activo ante cambios en la volatilidad del factor de riesgo.
4. Volga: Mide la sensibilidad de la vega del activo por cada unidad de cambio en el factor de riesgo.

Una vez obtenidas las sensibilidades de los factores de riesgo asociados al instrumento, podemos calcular el P&L de cada instrumento usando la aproximación de primer orden, con la siguiente ecuación:

$$PnL_X(t) = \sum_{i=1}^{n}[S_i \cdot \Delta F_i(t)] \text{ … Ecuación (2)}$$

Donde:

- $PnL_X(t)$: Representa las ganancias y pérdidas (Profit and Loss) del instrumento X en el tiempo t.
- S_i: Es la sensibilidad del instrumento X al factor de riesgo i.
- $\Delta F_i(t)$: Es el cambio en el valor del factor de riesgo i en el tiempo t.
- n: Es el número total de factores de riesgo considerados.

Esta ecuación captura cómo las sensibilidades y los cambios en los factores de riesgo asociados al instrumento, contribuyen al cálculo del P&L.

Por tanto, el PnL de un portafolio en el tiempo t se expresa como:

$$PnL_P(t) = \sum_{k=1}^{m} PnL_k(t) \text{ ... Ecuación (3)}$$

Donde:

- $PnL_P(t)$: Representa las ganancias y pérdidas (Profit and Loss) del portafolio en el tiempo t.
- $PnL_k(t)$: Representa las ganancias y pérdidas del instrumento *k* en el tiempo t.
- m: Es el número total de instrumentos en el portafolio.

Posteriormente se ordenan los resultados de pérdidas y ganancias de cada observación de menor a mayor.

Considerando que el Expected Shortfall para un nivel de confianza α se define como el valor esperado de las pérdidas condicionales a que estas excedan el VaR correspondiente, expresado como:

$$ES_\alpha(X) = E[X|X > VaR_\alpha(X)] \text{ ... Ecuación (4)}$$

donde X representa las pérdidas del portafolio y VaR es el Valor en Riesgo al nivel de confianza α.

El cálculo del ES implica identificar el VaR para el nivel de confianza dado, y una vez determinado el VaR, el *Expected Shortfall* se obtiene calculando el promedio de las pérdidas que lo exceden.

EJEMPLO ILUSTRATIVO

Supongamos que tenemos el administrador de un portafolio tiene el 100% invertido en un bono X

Las sensibilidades del bono X en el tiempo t están dadas por:

$$DV01 = -0.06$$

$$ST01 = -0.1$$

Donde DV01 indica que el precio del bono disminuirá -0.06 pesos cuando la tasa de referencia del bono incremente en 1pb. ST01 indica que el precio del bono disminuirá -0.1 pesos cuando la sobretasa del bono incremente en 1pb. Consideremos los siguientes movimientos en los factores de riesgo asociados.

Δ en la tasa de referencia del bono en el tiempo t = 5pb
Δ en la sobretasa de referencia del bono en el tiempo t = 1pb

Sustituyendo los valores en la ecuación (1):

$$PnL_X(t) = [-0.06 * 5] + [-0.1 * 1]$$

$$PnL_X(t) = -0.4$$

Esto nos indica que el bono en el tiempo t perderá -0.4 pesos.

Este proceso se tendrá que realizar para cada tiempo *t* que pertenece al histórico de observaciones generando una distribución de pérdidas y ganancias para el instrumento en cuestión.

Asuma que la distribución de pérdidas y ganancias de ese instrumento está conformada por 500 escenarios, se ordenan del peor al mejor escenario, donde el escenario que representa el 97.5% de nivel de confianza es el peor número 13, como se muestra en la siguiente tabla:

Escenario	Fecha	Nivel de Confianza	P&L (X)	
1	02/07/2024	100.000%	- 5.10	
2	26/05/2023	99.800%	- 5.00	
3	06/03/2025	99.600%	- 4.99	
4	04/04/2024	99.400%	- 4.99	
5	06/02/2024	99.200%	- 4.99	
6	12/01/2024	99.000%	- 4.99	**$\bar{x}$ de pérdidas**
7	14/10/2024	98.800%	- 4.98	**ES = -4.995**
8	12/06/2024	98.600%	- 4.98	
9	15/03/2024	98.400%	- 4.98	
10	12/02/2024	98.200%	- 4.98	
11	02/01/2024	98.000%	- 4.98	
12	05/05/2023	97.800%	- 4.98	
13	31/01/2025	97.600%	- 4.97	**VaR = -4.97**
14	14/01/2025	97.400%	- 4.97	
15	29/11/2023	97.200%	- 4.97	

Si suponemos que se tiene 1 millón de títulos del bono X, el PnL del portafolio se vería de la siguiente forma:

Escenario	Fecha	Nivel de Confianza	P&L (X)	
1	02/07/2024	100.000%	- 5,100,000.00	
2	26/05/2023	99.800%	- 5,000,000.00	
3	06/03/2025	99.600%	- 4,990,000.00	
4	04/04/2024	99.400%	- 4,990,000.00	
5	06/02/2024	99.200%	- 4,990,000.00	
6	12/01/2024	99.000%	- 4,990,000.00	**$\bar{x}$ de pérdidas**
7	14/10/2024	98.800%	- 4,980,000.00	**ES = -4,995.000**
8	12/06/2024	98.600%	- 4,980,000.00	
9	15/03/2024	98.400%	- 4,980,000.00	
10	12/02/2024	98.200%	- 4,980,000.00	
11	02/01/2024	98.000%	- 4,980,000.00	
12	05/05/2023	97.800%	- 4,980,000.00	
13	31/01/2025	97.600%	- 4,970,000.00	**VaR = -4,970,000**
14	14/01/2025	97.400%	- 4,970,000.00	
15	29/11/2023	97.200%	- 4,970,000.00	

Esto nos indica que:

- El día con la peor pérdida histórica del instrumento fue el 02 de julio de 2024.
- El nivel de confianza de VaR es 97.5% (escenario número 13) del 22 de septiembre de 2025, por lo tanto, el portafolio tiene un VaR de $-4,970,000

Tomando en cuenta la Ecuación (4):

1. Identificamos los escenarios donde las pérdidas superan $-4,970,000
2. Calculamos el promedio de estas pérdidas.

Entonces:

$$ES_{\alpha}(X) = -4{,}995{,}000$$

Este resultado indica que, en el peor 5% de los casos la pérdida esperada sería de $-4,995,000

Ahora bien, asumamos que existe otro bono Y que tiene una distribución de pérdidas como se muestra abajo, (pérdidas ordenadas del peor a mejor escenario):

Escenario	Fecha	Nivel de Confianza	P&L (Y)
1	12/09/2023	100.000%	- 5.40
2	29/07/2024	99.800%	- 5.40
3	03/07/2023	99.600%	- 5.30
4	30/12/2024	99.400%	- 5.30
5	15/05/2023	99.200%	- 5.30
6	25/05/2023	99.000%	- 5.30
7	13/10/2023	98.800%	- 5.30
8	29/04/2024	98.600%	- 5.20
9	11/06/2024	98.400%	- 5.10
10	05/08/2024	98.200%	- 5.10
11	09/08/2023	98.000%	- 5.10
12	26/12/2024	97.800%	- 5.10
13	19/03/2024	97.600%	- 5.10
14	01/11/2024	97.400%	- 5.10
15	16/04/2024	97.200%	- 5.10

x̄ de pérdidas
ES = -5.24

VaR = -5.1

Como podemos observar, las peores pérdidas y ganancias del bono Y son distintas a las del bono X y se presentan en fechas diferentes. Si se tuviera 1 millón de títulos del bono Y, el VaR y *Expected Shortfall* del bono Y sería:

Escenario	Fecha	Nivel de Confianza	P&L (Y)
1	12/09/2023	100.000%	- 5,398,000.00
2	29/07/2024	99.800%	- 5,396,000.00
3	03/07/2023	99.600%	- 5,300,000.00
4	30/12/2024	99.400%	- 5,299,000.00
5	15/05/2023	99.200%	- 5,298,000.00
6	25/05/2023	99.000%	- 5,298,000.00
7	13/10/2023	98.800%	- 5,296,000.00
8	29/04/2024	98.600%	- 5,199,000.00
9	11/06/2024	98.400%	- 5,100,000.00
10	05/08/2024	98.200%	- 5,100,000.00
11	09/08/2023	98.000%	- 5,099,000.00
12	26/12/2024	97.800%	- 5,099,000.00
13	19/03/2024	97.600%	- 5,098,000.00
14	01/11/2024	97.400%	- 5,098,000.00
15	16/04/2024	97.200%	- 5,096,000.00

x̄ de pérdidas
ES = -5,240,167

VaR = -5,098,000

Si el administrador del portafolio realiza lo siguiente para efectos de diversificación:

- Invierte en el bono X a 1,000,000
- Invierte en el Bonos Y 1,000,000

El P&L para un portafolio de dos instrumentos se calcula usando la siguiente ecuación:

$$PnL_P(t) = PnL_x(t) + PnL_y(t) \text{ ... Ecuación (5)}$$

Cabe destacar que para determinar el P&L de portafolio, se deberán de sumar las pérdidas y ganancias individuales día a día, asumiendo correlaciones implícitas; y una vez que se tenga el P&L del portafolio, este será sobre el cual se determinarán las métricas de VaR y *ES*.

Correlación Implícita

Fecha	P&L (X)	P&L (Y)	P&L (X,Y)
23/04/2025	4,030,000.00	-699,000.00	3,331,000.00
22/04/2025	3,010,000.00	3,704,000.00	6,714,000.00
21/04/2025	4,040,000.00	4,603,000.00	8,643,000.00
16/04/2025	90,000.00	-3,698,000.00	-3,608,000.00
15/04/2025	-3,920,000.00	-3,800,000.00	-7,720,000.00
14/04/2025	3,090,000.00	-1,196,000.00	1,894,000.00
11/04/2025	-950,000.00	3,303,000.00	2,353,000.00
10/04/2025	-1,000,000.00	601,000.00	-399,000.00
09/04/2025	3,060,000.00	100,000.00	3,160,000.00
08/04/2025	-2,990,000.00	-2,096,000.00	-5,086,000.00
07/04/2025	-1,950,000.00	4,501,000.00	2,551,000.00
04/04/2025	2,050,000.00	3,403,000.00	5,453,000.00

Una vez determinado el P&L de portafolio se ordenan del peor a mejor escenario:

Escenario	Fecha	Nivel de Confianza	P&L (X)	P&L (Y)	P&L (X,Y)
1	22/05/2023	100.000%	-4,950,000.00	-4,900,000.00	-9,850,000.00
2	02/09/2024	99.800%	-4,910,000.00	-4,696,000.00	-9,606,000.00
3	12/02/2024	99.600%	-4,980,000.00	-4,200,000.00	-9,180,000.00
4	05/01/2024	99.400%	-4,910,000.00	-3,999,000.00	-8,909,000.00
5	06/02/2024	99.200%	-4,990,000.00	-3,596,000.00	-8,586,000.00
6	26/05/2023	99.000%	-5,000,000.00	-3,399,000.00	-8,399,000.00
7	16/11/2023	98.800%	-3,980,000.00	-4,300,000.00	-8,280,000.00
8	29/11/2023	98.600%	-4,970,000.00	-3,299,000.00	-8,269,000.00
9	10/12/2024	98.400%	-2,940,000.00	-5,000,000.00	-7,940,000.00
10	06/02/2025	98.200%	-2,940,000.00	-4,900,000.00	-7,840,000.00
11	15/04/2025	98.000%	-3,920,000.00	-3,800,000.00	-7,720,000.00
12	20/06/2023	97.800%	-3,920,000.00	-3,696,000.00	-7,616,000.00
13	08/07/2024	97.600%	-3,940,000.00	-3,599,000.00	-7,539,000.00
14	09/02/2024	97.400%	-2,920,000.00	-4,399,000.00	-7,319,000.00
15	25/01/2024	97.200%	-3,910,000.00	-3,399,000.00	-7,309,000.00

x̄ de pérdidas
ES = -8,516,250

VaR = -7,539,000

En este ejemplo podemos observar que el efecto de correlación implícita muestra una diversificación del portafolio ya que el *ES* del portafolio es de 7.5 millones con una inversión en 2 millones de bonos, mientras si tenemos dos portafolios distintos cada uno con una inversión de 1 millón se tiene un ES para el Bono de 5 millones del bono X. Por otro lado se tienen 1 millón de títulos para el Bono de Y con ES de 5.2 millones. Es decir que para la misma inversión de un millón en ambos bonos la condición de subaditividad se cumple dado que:

$$ES(X+Y) \leq ES(X) + ES(Y)$$

$$7.5 \leq 10.2$$

CONCLUSIONES

El *Expected Shortfall* se ha consolidado como una medida fundamental para calcular riesgos en la cola de la distribución. Su capacidad para capturar tanto la frecuencia como la magnitud de las pérdidas en la cola lo hace superior al VaR en muchos contextos. Aunque presenta retos operativos, como su complejidad de cálculo, su adopción en marcos regulatorios globales subraya su relevancia. A medida que los mercados financieros se vuelven más complejos, herramientas como el Expected Shortfall serán esenciales para una gestión de riesgos más robusta y efectiva.

SUPUESTOS

1. Nivel de confianza y horizonte temporal definidos
Se fija un nivel de confianza (por ejemplo, 97.5% o 99%) y un horizonte temporal (usualmente 1 día o 10 días).
2. Estacionariedad de los retornos
Los retornos (o P&L) son estacionarios, es decir, tienen distribución constante en el tiempo.
3. Distribución de pérdidas (P&L) conocida o estimable
La distribución de las pérdidas es conocida, asumida (e.g., normal, t-student) o estimada mediante simulación histórica o Monte Carlo.
4. Continuidad de la distribución (cola continua)
Se asume que la función de pérdidas tiene una cola continua para poder calcular el valor esperado condicional.
5. No existencia de eventos extremos fuera de la muestra (backtesting limitado)
Los eventos extremos están representados adecuadamente en los datos. Si los eventos extremos no están en la muestra (e.g., *shocks* históricos), el ES puede subestimar el riesgo real.
6. Linealidad o correcta especificación del modelo de valuación
La relación entre cambios de factores de mercado y valuación de instrumentos está correctamente especificada (modelos lineales o no lineales). *ES* puede subestimar riesgo si no se captura convexidad (por ejemplo, en derivados).
7. Suficiente tamaño de muestra (si es histórico)
El número de observaciones es suficiente para estimar con precisión la cola de la distribución.

RIESGOS Y LIMITANTES DEL MODELO

1. Dependencia de la estimación de colas
ES se enfoca en el promedio de las pérdidas más extremas, por lo que es muy sensible a cómo se modela la cola de la distribución de pérdidas. Si no hay suficientes datos extremos en la muestra, la estimación del ES puede ser poco robusta o errónea.
2. Requiere más datos que el VaR
En muestras pequeñas o con baja frecuencia de datos (por ejemplo, semanal o mensual), no se capturan bien los extremos.
3. Dificultad para realizar *backtesting* directo
A diferencia del VaR, el *Expected Shortfall* no tiene un umbral puntual que pueda probarse directamente contra datos observados.
4. Supuestos de distribución
Si se asume normalidad o distribuciones mal calibradas, se subestima la probabilidad e impacto de pérdidas extremas.
5. Sensibilidad a la dependencia entre activos
En portafolios con muchos instrumentos, la dependencia incorrectamente modelada (correlación o cópulas) puede distorsionar la estimación de *ES*.
6. No captura directamente la frecuencia de grandes pérdidas

Aunque muestra la severidad promedio de las peores pérdidas, no informa cuán frecuentemente estas ocurren.

7. No considera riesgo de eventos fuera del modelo (modelo incompleto)

El *ES* depende completamente del modelo y datos utilizados. No capta "cisnes negros" o riesgos estructurales no observables. Requiere complementarse con análisis de escenarios y pruebas de estrés para una gestión holística del riesgo.

USO DEL MODELO HISTÓRICO COMO PREFERENCIA EN LA INDUSTRIA

1. Captura de distribuciones no normales

El *ES* mide el valor promedio de las pérdidas más extremas (más allá del percentil del VaR), por lo que depende críticamente de la forma de la cola de la distribución de pérdidas. La simulación histórica permite capturar distribuciones empíricas con colas pesadas, asimetrías y no linealidades que los modelos paramétricos como la varianza-covarianza no pueden representar bien.

2. No requiere supuestos sobre la distribución de los rendimientos

A diferencia de modelos paramétricos (como el de varianza-covarianza, que asume normalidad), la simulación histórica utiliza datos empíricos. Esto evita hacer supuestos que podrían ser incorrectos, especialmente en periodos de crisis donde la distribución de rendimientos puede volverse altamente no normal.

3. Coherencia con la realidad observada

El uso de escenarios históricos permite obtener una medida de riesgo basada en eventos que efectivamente ocurrieron, lo cual da mayor credibilidad a las métricas de riesgo ante reguladores.

4. Facilidad de implementación

Aunque requiere mantener una base de datos de precios históricos, es conceptualmente sencillo: se calcula la pérdida del portafolio bajo cada escenario pasado, se ordenan las pérdidas, se identifica el percentil del VaR y se promedia la cola más allá del percentil para obtener el ES.

5. Relevancia regulatoria

Reguladores como el Comité de Basilea (FRTB) promueven el uso de metodologías que reflejen fielmente el comportamiento de los mercados. El *Expected Shortfall* bajo simulación histórica ha sido adoptado como el enfoque estándar para capturar el riesgo en condiciones de estrés.

NOTAS Y REFERENCIAS

(1) Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, *"Requerimientos mínimos de capital por riesgo mercado"*
(2) Consulta *"Why is the FRTB Expected Shortfall Calculation Designed as It Is?"* de Bank Policy Institute
(3) Committee on the Global Financial System, *"Stress testing by large financial institutions: Current practice and aggregation issues".*
(4) Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J., & Health, D. (1999). *Coherent Measures of Risk. Mathematical Finance, 9(3), 203-228*
(5) Franco Arbeláez, L. C., & Franco Ceballos, L. E. (2005). *El valor en riesgo condicional CVaR como medida coherente de riesgo*. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 4(6),43-54.
(6) Franco Arbeláez, L. C., & Franco Ceballos, L. E. (2005). Idem

DISCLAIMER

Este documento ha sido preparado por Grupo Financiero Banorte, S.A.B. de C.V. ("Banorte") para fines meramente informativos, utilizando fuentes públicas y especializadas consideradas confiables; no obstante, Banorte no garantiza la precisión, integridad, ni la vigencia de la información prevista en el mismo. Su contenido no constituye asesoría legal, fiscal, financiera, contable ni una interpretación oficial del marco legal aplicable. En caso de requerirlo, se recomienda consultar con asesores legales, fiscales, financieros, contables o de inversión independientes. La información contenida en este documento está sujeta a modificaciones sin previo aviso.

Ni Banorte ni ninguna de las entidades que integran el Grupo serán responsables, en ningún caso, por pérdidas, daños o perjuicios que pudieran derivarse, directa o indirectamente, del uso de este documento o de su contenido. Del mismo modo, Banorte no adquiere compromiso alguno de actualizar la información aquí contenida ni de notificar cambios posteriores. El contenido de este documento podría diferir de la opinión o interpretación de autoridades financieras nacionales o internacionales, y no debe considerarse como un posicionamiento institucional de Banorte.

Este material no podrá ser citado, reproducido, distribuido, divulgado ni utilizado, total o parcialmente, sin la autorización previa y por escrito de Banorte.

RIESGOS FINANCIEROS