**2012**

Riesgo de Mercado Paramétrico



Índice

[Introducción 4](#_Toc332907217)

[Riesgo de Mercado Paramétrico 4](#_Toc332907218)

[Precio de un bono 5](#_Toc332907219)

[Valuación de un bono tasa fija 5](#_Toc332907220)

[Valuación de un bono tasa variable 6](#_Toc332907221)

[Valuación de un bono cupón cero 7](#_Toc332907222)

[Valuación de un reporto 8](#_Toc332907223)

[Duración modificada y convexidad 8](#_Toc332907224)

[Duración modificada al vencimiento 9](#_Toc332907225)

[Duración al cupón 10](#_Toc332907226)

[Rendimiento 12](#_Toc332907227)

[Volatilidad 12](#_Toc332907228)

[Volatilidad para una acción 13](#_Toc332907229)

[Volatilidad para un bono cupón fijo 13](#_Toc332907230)

[Volatilidad para un bono cupón variable 13](#_Toc332907231)

[Volatilidad para Derivados 14](#_Toc332907232)

[Valor en riesgo por instrumento 14](#_Toc332907233)

[VaR para acciones y bonos 14](#_Toc332907234)

[VaR para derivados 15](#_Toc332907235)

[Forward de tipo de cambio 15](#_Toc332907236)

[Futuro de CETE91 15](#_Toc332907237)

[Futuro y forwards de tasa de interés 16](#_Toc332907238)

[Futuros y forwards de índices o acciones 17](#_Toc332907239)

[Futuros de tipo de cambio 18](#_Toc332907240)

[Futuros de de bonos de desarrollo del gobierno federal a tasa fija 19](#_Toc332907241)

[Futuro de UDI 20](#_Toc332907242)

[Swaps 21](#_Toc332907243)

[Instrumentos estructurados 22](#_Toc332907244)

[Var incremental y contribución marginal 23](#_Toc332907245)

[VaR incremental 23](#_Toc332907246)

[VaR marginal paramétrico 27](#_Toc332907247)

[VaR por tipo de Activo (VaR Marginal) 28](#_Toc332907248)

[Análisis de Sensibilidad 30](#_Toc332907249)

[Sensibilidad para Acciones y Tipo de Cambio 30](#_Toc332907250)

[Sensibilidad para bonos de tasa fija y cupón cero 30](#_Toc332907251)

[Sensibilidad para Bonos de Tasa Variable 31](#_Toc332907252)

[Pruebas bajo condiciones extremas para riesgo de mercado 32](#_Toc332907253)

[Rendimiento ajustado por riesgo 33](#_Toc332907254)

# Introducción

El Valor en Riesgo (VaR) es una medida utilizada actualmente para el control y administración de riesgos. De manera general se pude definir como la máxima pérdida esperada ya sea por instrumento o por un portafolio determinado.

Existen varios métodos para este cálculo, paramétricos y no paramétricos, sin embargo en este documento nos enfocamos en un método de VaR Paramétrico.

Este Método también es conocido como *analítico* o *varianza-covarianza* y se basa principalmente en la teoría de Markowitz; es decir, que el cambio en el valor de la cartera es lineal entre los activos que conforman el portafolio y sus factores de Riesgo.

Algunas de las ventajas de este modelo es que se pueden calcular fácilmente el VaR con diferentes horizontes de tiempo y se puede utilizar en portafolios grandes y diversificados.

Además del cálculo de VaR, para tener un buen control sobre las pérdidas o ganancias que el portafolio de estudio (o activo) puede tener, analizamos como calcular la sensibilidad de los instrumentos; en otras palabras, como se ven afectados si los distintos factores de riesgo se mueven (en puntos base).

Y por ultimo mostramos una medida de rentabilidad del portafolio, es decir un indicador que nos muestra la relación entre el l Riesgo y el Rendimiento.

# Riesgo de Mercado Paramétrico

Se denotará al valor en riesgo como VaR. Las metodologías VaR son medidas de Riesgo de Mercado que tratan de pronosticar pérdidas potenciales, con un nivel de confianza (probabilidad de que la pérdida real supere a la estimación VaR) para un horizonte de tiempo dado (período de estudio), como consecuencia de cambios en el valor de mercado de una cartera por cambios en los factores de riesgo que componen la misma.

La metodología para el cálculo de VaR paramétrico descansa en dos supuestos principales:

1. Condiciones normales de mercado.
2. Los rendimientos de los factores de riesgo siguen una distribución normal.

Estos fundamentos facilitan el cálculo de VaR, que no requieren de sistemas complejos para su aplicación, además de dar una aproximación satisfactoria. Esta aproximación también tiene una forma de medirse mediante pruebas retrospectivas (mejor conocidas como Back Testing).

El supuesto *“condiciones normales de mercado”* revelaría la debilidad del VaR; sin embargo, dado que la probabilidad de que se den los pronósticos del VaR es del , se en donde el son las *“condiciones anormales de mercado”* que no cubre el VaR. Para este α% se realizan pruebas bajo condiciones extremas a la cartera (mejor conocido como *Stress testing*).

La metodología VaR empleada es la de tipo paramétrico y es la conocida como VaR delta o VaR incremental. Como puede observarse se requiere de pruebas complementarias, que también se describirán en este manual.

Esta metodología permite conocer la contribución al VaR por cartera, por instrumento, y por familia de carteras, conociendo a través de la misma la participación de cada instrumento en el VaR total.

Los insumos empleados para medir el VaR paramétrico son:

* Factores de riesgo (tipo de cambio, precios, tasas, sobretasas, etc.)
* Rendimientos de los factores de riesgo
* Duración y convexidad
* Volatilidad

Para conocer los factores de riesgo, es necesario conocer como se valúan los instrumentos, a continuación se muestran algunos de ellos.

## Precio de un bono

### Valuación de un bono tasa fija

El precio de un bono se obtiene mediante la suma del valor presente de los pagos periódicos de los cupones que paga y el valor presente del Valor Nominal.

donde,

 Precio de un bono.

 Cupón.

 Número de cupones pendientes por pagar.

 Rendimiento o tasa de mercado (capitalizable en forma periódica, es decir multiplicada por PC/360).

 Plazo de cupón.

 Valor nominal del bono.

Dado que para este modelo se obtiene el precio al tiempo cero o a la fecha de corte cupón; entonces, debe recalcularse al tiempo i*nter-cupón*; es decir, para una fecha entre la fecha del último corte cupón y la del vencimiento del cupón vigente.

Precio del bono al tiempo :

Desarrollando la ecuación anterior y utilizando la formula de la Sucesión Geométrica, obtenemos la siguiente expresión:

donde,

 Cupón Vigente.

 Cupón.

 Precio del bono al tiempo .

 Valor nominal del bono.

 Rendimiento o tasa de mercado (capitalizable en forma periódica, es decir multiplicada por PC/360).

### Valuación de un bono tasa variable

Partiendo de la formula de valuación al tiempo para bonos tasa fija, definimos lo siguiente:

donde,

 Cupones pendientes.

 Tasa de mercado a que se descuentan los flujos para traer a valor presente.

 Es la tasa de mercado del instrumento de referencia.

w Prima del bono.

 Sobretasa.

 Valor nominal del bono.

 Tasa del cupón vigente.

Sustituyendo estos valores en la ecuación obtenemos:

donde,

 Precio de un bono cupón flotante a la fecha .

Se deja esta expresión en términos de tasa y sobretasa para efectos de determinar la duración cupón.

### Valuación de un bono cupón cero

Este es un caso particular de la ecuación , en donde y , por lo que tenemos:

Por lo que el precio al día t esta dado por la siguiente ecuación:

### Valuación de un reporto

Para la valuación de un reporto, tenemos las siguientes ecuaciones:

 ;

donde,

 Precio al vencimiento del reporto.

 Precio de valuación del reporto.

 Monto invertido.

 Tasa premio.

 Plazo reporto.

 Días por vencer del reporto.

 Tasa de la curva de reportos con respecto a los días por vencer.

## Duración modificada y convexidad

La duración modificada explica la sensibilidad del precio de un bono a movimientos en las tasas de interés. Al valuar un bono puede suceder cualquiera de los dos casos siguientes:

* Un alza en las tasas de interés provoca una baja en el precio del bono.
* Una baja en las tasas de interés provoca un alza en el precio del bono.



La duración modificada se obtiene de la primera derivada del precio de un bono con respecto a su tasa de rendimiento y el resultado se divide entre el precio.

### Duración modificada al vencimiento

Este tipo de duración es la que considera los flujos de capital en su totalidad, cupón vigente, cupones pendientes y valor nominal.

De la ecuación , se separa la expresión en tres partes: del cupón vigente, de los cupones pendientes y la del valor nominal:

Entonces

Donde la primera derivada del precio de un bono () con respecto a su tasa ():

Así, es la primera derivada del precio con respecto a la tasa.

La duración modificada al vencimiento es:

Para ser anualizada se multiplica por PC/360.

### Duración al cupón

La duración al cupón se entiende como la duración del instrumento al corte del cupón; es decir, se considera un solo cupón más el principal.

Tomando el resultado de la ecuación de la duración modificada anualizada para siempre que n sean los cupones por transcurrir se tiene que:

Simplificando la ecuación anterior tenemos que:

Por lo tanto la duración cupón para un bono de tasa variable es:

Por las características definidas con anterioridad del bono cupón cero, obtenemos su duración anualizada:

**Convexidad de un bono**

Debido a que la duración mide sólo aproximaciones para pequeños cambios en la tasa de interés, no refleja el efecto de la convexidad de un bono sobre su precio cuando los cambios en las tasas son de mayor magnitud. Matemáticamente es la segunda derivada del precio con respecto a la tasa de interés.



Tomando la segunda derivada de la ecuación del precio del bono, obtenemos la convexidad como:

donde,

 Periodo.

 Número de cupones.

Cupones pagados en el periodo .

 Valor nominal del bono.

 Tasa de interés.

 Precio del bono.

La convexidad en años la medimos como sigue:

donde son los periodos en el año.

## Rendimiento

El rendimiento de un factor de riesgo se define como:

donde,

 Valor de mercado del factor de riesgo en la fecha .

 Valor de mercado del factor de riesgo en la fecha .

## Volatilidad

La volatilidad representa una medida de dispersión de los rendimientos con respecto a la media en un periodo determinado, por lo que la podemos calcularla como la raíz cuadrada de la varianza de los activos de un portafolio (desviación estándar).

La volatilidad para los factores de riesgo se calcula como la desviación estándar de sus rendimientos de una ventana de tiempo. Para el cálculo de VaR utilizamos la volatilidad del instrumento.

### Volatilidad para una acción

Cuando el instrumento es una acción la volatilidad es solo la desviación estándar y para el caso de bonos se consideran indicadores adicionales en el cálculo de la volatilidad como se presenta posteriormente. Se empleará el número de observaciones utilizadas para el cálculo del VaR.

donde,

 Desviación estándar de los rendimientos de los precios de la acción.

 Rendimientos de los precios.

### Volatilidad para un bono cupón fijo

La volatilidad de un bono cupón fijo se calcula por medio de la desviación estándar de los rendimientos de sus tasas y su duración.

donde,

 Volatilidad de la tasa.

 Última tasa conocida.

Dm Duración modificada.

La volatilidad para los bonos cupón cero, se calcula de la misma manera.

###  Volatilidad para un bono cupón variable

Esta volatilidad se calcula con base a dos factores, a saber, tasa y sobretasa y se calcula de la siguiente manera:

donde,

 Volatilidad de la tasa.

 Última tasa conocida.

 Duración cupón.

 Volatilidad de la sobretasa.

 Última sobretasa conocida.

 Duración modificada.

 Coeficiente de correlación de los factores de riesgo.

### Volatilidad para Derivados

Para cada uno de los derivados en cuestión se consideran los factores de riesgo que interviene en el derivado, dichos factores son las correspondientes curvas cupón cero y precios a nivel de mercado de los subyacentes.

Con n observaciones de los factores de riesgo se recalcula el precio del derivado, el cual correspondería a un precio teórico de referencia con días a vencimiento del contrato constante.

Se calcula el rendimiento obtenido a través del precio, a partir de los cuales se determina tanto el nivel de volatilidad del derivado como la correlación que guarda este último con los demás valores del portafolio.

# Valor en riesgo por instrumento

## VaR para acciones y bonos

Utilizando las volatilidades definidas por tipo de instrumento anteriormente podemos calcular el Valor en Riesgo como:

donde,

 Volatilidad por instrumento.

 Nivel de confianza.

 Horizonte de tiempo.

El horizonte de tiempo se refiere al periodo que se desea calcular el VaR.

## VaR para derivados

### Forward de tipo de cambio

Siguiendo la metodología Delta VaR, se genera la serie histórica del tipo de cambio forward con los factores de riesgo, en el caso de las tasas de interés, permanecen constantes los días a vencimiento del contrato forward.

Se calculan las volatilidades y correlaciones del precio teórico de referencia con respecto de los demás precios de los valores financieros que componen el portafolio.

Para el cálculo de VaR de este derivado, se recurre a la siguiente expresión:

donde,

 Monto invertido.

 Volatilidad del tipo de cambio.

 Nivel de confianza.

 Horizonte de tiempo.

### Futuro de CETE91

El precio teórico de referencia para este tipo de contratos es el siguiente:

donde,

 Precio del contrato de futuro.

 Tamaño del contrato en moneda nacional.

 Tasa forward de los cetes.

En el caso de la tasa forward, se calcula considerando por un lado la tasa spot de los días por vencer del contrato y, por otro, los días por vencer más el plazo de 91 días del subyacente.

Se genera la serie histórica del precio del contrato, en este caso, los plazos de las tasas de interés del contrato permanecen constantes.

Se calculan las volatilidades y correlaciones del precio teórico de referencia con respecto de los demás precios de los valores financieros que componen el portafolio.

Para el cálculo de VaR de este derivado, se recurre a la siguiente expresión:

donde,

 Número de contratos.

 Tamaño de contrato.

 Volatilidad del tipo de cambio futuro.

 Nivel de confianza.

 Tiempo.

### Futuro y forwards de tasa de interés

En el caso de la tasa forward, se calcula considerando por un lado la tasas spot de los días por vencer del contrato y, por otro, los días por vencer más el plazo de 28 días del subyacente.

Se genera la serie histórica del precio del contrato; en este caso, los plazos de las tasas de interés del contrato permanecen constantes.

Se calculan las volatilidades y correlaciones del precio teórico de referencia con respecto de los demás precios de los valores financieros que componen el portafolio.

Para el cálculo de VaR de este derivado, recurrimos a la siguiente expresión:

donde,

donde,

 Interés implícito de la tasa futura, respecto a los plazos.

 Tasa Larga.

 Tasa Corta.

 Nivel de Confianza.

 Plazo Lago.

 Plazo Corto.

 Volatilidad de las tasas.

 Tiempo.

### Futuros y forwards de índices o acciones

El precio de un futuro sobre un activo viene dando por:

Cuando la variabilidad de la tasa libre de riesgo se puede considerar menor que la del subyacente, se tiene que:

por lo cual obtenemos que la volatilidad del futuro es igual que la del subyacente, ya que:

### Futuros de tipo de cambio

El futuro de tipo de cambio viene dado por:

Si tomamos logaritmos, derivando y utilizando la aproximación del incremento a la derivada tenemos:

Simplificando la notación definimos como:

 Varianza de rendimiento del tipo de cambio futuro.

 Varianza de rendimiento del tipo de cambio de contado.

 Correlación entre los rendimientos y .

 Correlación entre los rendimientos y .

 Correlación entre los rendimientos y .

Sea:

Por lo que:

### Futuros de de bonos de desarrollo del gobierno federal a tasa fija

El valor teórico del futuro del bono está dado por:

donde,

 Precio del bono en el día de la valuación.

 Tasa fondeo de riesgo del país de referencia asociada a un plazo de n días.

 Intereses devengados desde la fecha del último cupón pagado durante la vida del contrato de futuro y el vencimiento del contrato.

 Vencimiento del contrato del futuro.

 Días posteriores al último cupón pagado durante la vigencia del contrato de futuro.

Una vez identificado para la operación el bono entregable más barato, se construye el precio teórico de referencia para el contrato de la siguiente manera:

donde,

 Precio del contrato de futuro.

 Precio del bono entregable en el mercado spot.

 Tasa de interés de acarreo al plazo del vencimiento del contrato.

Cabe señalar que en el cálculo del precio del bono entregable en el mercado spot se cumplen dos condiciones:

* El precio está limpio tanto de los intereses devengados como de aquellos intereses que el bono obtenga durante el período del contrato.
* Se consideran los factores de riesgo que intervienen en la determinación del precio (tasas cupón cero).
* Se genera la serie histórica del precio del contrato, en este caso, los plazos de las tasas de interés para el contrato permanecen constantes.

Se calculan las volatilidades y correlaciones del precio teórico de referencia con respecto de los demás precios de los valores financieros que componen el portafolio.

Para el cálculo de VaR de este derivado, se recurre a la siguiente expresión:

donde,

 Número de contratos.

 Tamaño de contrato.

 Volatilidad del precio Futuro.

 Nivel de Confianza.

 Tiempo.

### Futuro de UDI

Se parte de la siguiente expresión para el tipo de cambio teórico de referencia del contrato del futuro:

donde,

 Tipo de Cambio UDI/Precio Futuro.

 Tipo de Cambio UDI/Precio Spot.

 Tasa de interés cupón cero nominal.

 Tasa de interés cupón cero real.

Se genera la serie histórica de la UDI del futuro con los tres factores de riesgo, en el caso de las tasas de interés, permanecen constantes los días a vencimiento del contrato.

Se calculan las volatilidades y correlaciones del precio teórico de referencia con respecto de los demás precios de los valores financieros que componen el portafolio.

Para el cálculo de VaR de este derivado, se recurre a la siguiente expresión:

donde,

 Número de contratos.

 Tamaño del contrato.

 Volatilidad de UDIF.

 Nivel de Confianza.

 Tiempo.

### Swaps

El precio de un swap esta dado por:

Si los flujos están en la misma divisa, en otro caso:

Sea la tasa forward estimada con las tasas cupón cero y , de una operación que inicia en m-1 y termina en m.

Entonces el precio del swap queda únicamente en función de los tipos de interés cero:

Para el caso de flujos en diferentes divisas es:

Entonces la variación del precio es:

donde,

 Delta de la k-ésima tasa.

Para el caso de flujos en diferentes divisas tenemos:

La volatilidad del swap es:

Para el caso de flujos en diferentes divisas se agregan los términos que incorporan la volatilidad conjunta del tipo de cambio y las tasas.

donde,

 Correlación.

El VaR del swap se calcula como:

donde,

 Nocional.

 Nivel de confianza.

### Instrumentos estructurados

El VaR de un instrumento estructurado se obtiene de la siguiente forma:

donde,

 VaR de la nota.

 VaR del componente de deuda.

 VaR del componente variable.

 Ponderación para el componente de deuda.

 Ponderación para el componente de flujo variable.

 Volatilidad de la tasa que determina el valor del componente de deuda.

 Volatilidad del componente de flujo variable.

 Duración del componente de deuda.

 Nivel de confianza.

 Tiempo.

# Var incremental y contribución marginal

## VaR incremental

Tomando en cuenta los resultados anteriores, de los VaR individuales, la metodología utilizada es una derivación del modelo paramétrico o de varianza-covarianza. El valor en riesgo de un portafolio es simplemente la volatilidad del portafolio.

El VaR incremental mide el impacto en el VaR ante cambios en las posiciones de la cartera.

Sea:

donde,

 Matriz de varianza-covarianza.

 Monto invertido (precio sucio).

 Vector de los pesos de las posiciones del portafolio.

 Vector transpuesto de los pesos de las posiciones del portafolio.

 Matriz de volatilidades.

 Matriz de correlación.

 Nivel de confianza.

 Tiempo.

De acuerdo con este modelo, si se quisiera conocer el impacto de una nueva inversión en el portafolio, se tendría que recalcular el VaR y la diferencia entre cada VaR sería el aumento o disminución del riesgo. Para evitar esta situación, se calcula la derivada del VaR con respecto a su vector de posiciones (es decir cuánto cambiaría el VaR por cambios en la posición), entonces para el cálculo del VaR incremental:

Este resultado se conoce como el Beta VaR. Esta es la base de la metodología VaR incremental y el desarrollo del cálculo se describe a continuación.

Para su estimación se requiere en primer lugar la matriz de Varianza-Covarianza que se deduce de la matriz de volatilidades y la matriz de correlaciones.

La matriz de volatilidades, se compone únicamente de la diagonal principal (es decir es una matriz diagonal), que contiene en cada elemento con las volatilidades individuales de los instrumentos que componen la cartera.

Definiremos la matriz de volatilidades con la letra .

La matriz de correlaciones, se compone en cada elemento del factor de correlación entre el instrumento del renglón con el instrumento de la columna .

Se define la matriz de correlaciones con la letra .

En tal caso, se hace la observación de que la matriz es simétrica, además de que los elementos de la diagonal son unos, por la definición del coeficiente de correlación. Resumiendo se tendría para cada que:

Si entonces

Si entonces

Bajo estas condiciones se procede a calcular la matriz de varianza-covarianza.

Entonces, si se define a dicha matriz con la letra , se tiene que:

Una vez obtenida la matriz de varianza-covarianza el cálculo de la desviación estándar para el portafolio es inmediato. Si se define como la desviación estándar del portafolio, ésta estará dada por:

donde,

 Vector de posiciones por instrumento en el portafolio.

 Vector traspuesto de .

Entonces, si se define el VaR de cartera o portafolio como será igual a:

donde,

 Monto invertido (precio sucio).

 Vector de los pesos de las posiciones del portafolio.

 Vector transpuesto de los pesos de las posiciones del portafolio.

 Matriz de volatilidades.

 Matriz de correlación.

 Nivel de confianza.

 Tiempo.

Teniendo el VaR de cartera y los VaR individuales es inmediato que el VaR diversificado será igual a:

donde,

 Número total de instrumentos.

 individual por instrumento.

 del portafolio.

Si el modelo de VaR utilizado es coherente esta diferencia siempre será positiva. Para el cálculo de VaR incremental, definiéndolo como , se deberá obtener el factor incremental definido como , entonces se tiene que:

donde,

 Beta del .

 Matriz de correlaciones.

 Vector de posiciones.

 de portafolio estimado por la matriz de varianza-covarianza.

Donde,

 Con 1, …, n, activos del portafolio

 Beta del activo i, con i=1…n

 Beta proporcional en el portafolio, del activo i, con i=1…n

Entonces el factor incremental es:

El VaR incremental ponderado es:

Dado obviamente en porcentaje y el VaR incremental por lo tanto quedaría como:

Esto implica que:

Insistiendo en la coherencia de la medida utilizada se debería tener que:

donde,

 por instrumento o individual.

## VaR marginal paramétrico

La contribución marginal se encuentra definida como el cambio en el VaR por eliminar una posición y se calcula de la siguiente forma:

donde,

 Contribución marginal del instrumento

 VaR de la cartera

 VaR de la cartera eliminando el la posición en el instrumento

El se calcula alterando la volatilidad del portafolio de la siguiente forma:

Si es la volatilidad del portafolio como se definió en la sección 3.4

donde,

Entonces la volatilidad para el cálculo del es donde,

 aquí es el instrumento que se elimina de la cartera.

Entonces el

donde,

 Valor de la cartera.

 Volatilidad del portafolio.

 Nivel de confianza.

 Horizonte de tiempo.

### VaR por tipo de Activo (VaR Marginal)

#### VaR por Tipo de activo

* Se clasifican los instrumentos por factor de riesgo y se agrupan.
* Cada grupo integrado por instrumento con el mismo factor de riesgo forma un subportafolio.
* Se calcula el VaR a cada subportafolio como si fueran entes independientes del portafolio original.

Si es el portafolio original que se compone por instrumento con diversos factores de riesgo:

 Tasa nominal.

 Tasa real.

 Tipo de cambio.

 Títulos accionarios.

Se crean 4 subportafolios para cada tipo de riesgo entonces se tiene:

 Portafolio de tasa nominal.

 Portafolio de tasa real.

 Portafolio de tipo de cambio.

 Portafolio de títulos accionarios.

Y se calcula el VaR a cada subportafolio.

Contribución al VaR por factor de riesgo (la aproximación se realiza con el modelo DeltaVaR)

Si es el portafolio original que se compone por instrumento con los diversos factores de riesgo, se crean 4 sub-portafolios para cada tipo de riesgo entonces se tiene que:

 Portafolio original sin los instrumento con factor de riesgo tasa nominal.

 Portafolio original sin los instrumento con factor de riesgo tasa real.

 Portafolio original sin los instrumento con factor de riesgo tipo de cambio.

 Portafolio original sin los instrumento con factor de riesgo títulos accionarios.

Se calcula el VaR a cada uno de los subportafolios:

 VaR de portafolio original.

 VaR de portafolio sin inversión en tasa nominal.

 VaR de portafolio sin inversión en tasa real.

 VaR de portafolio sin inversión en tipo de cambio.

 VaR de portafolio sin inversión en títulos accionarios.

Entonces se tiene que el efecto sobre el VaR del portafolio original, por factor de riesgo es la diferencia entre:

 Contribución al VaR del portafolio original por la inversión en tasa nominal

 Contribución al VaR del portafolio original por la inversión en tasa real

 Contribución al VaR del portafolio original por la inversión en tipo de cambio

 Contribución al VaR del portafolio original por la inversión en títulos accionarios.

Es importante mencionar que esta metodología es el inverso de escenarios *What-If* donde se simula que pasaría con el VaR de portafolio original si se invirtiera en una factor de riesgo nuevo. No se calcula el VaR solamente sobre la nueva inversión, se desea saber el efecto sobre el portafolio global y como contribuye al VaR del Portafolio original.

# Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilidad se refiere a las variaciones que pueden presentar los activos financieros por cambios en los factores de riesgo. Para ello, se utilizan las siguientes expresiones.

## Sensibilidad para Acciones y Tipo de Cambio

donde,

 Precio sensibilizado de una acción o tipo de cambio.

 Precio de acción o tipo de cambio.

 Cambio porcentual para modificar el precio de una acción o un tipo de cambio.

##

## Sensibilidad para bonos de tasa fija y cupón cero

donde,

 Factor de cambio del precio de un activo.

 Duración modificada.

 Cambio en el factor de riesgo de un activo, expresado en puntos base.

 Convexidad.

 Precio limpio.

 Precio limpio sensibilizado.

 Precio sucio sensibilizado.

 Intereses.

## Sensibilidad para Bonos de Tasa Variable

donde,

 Factor de cambio del precio de un activo.

 Duración al corte de cupón.

 Cambio en el factor de riesgo de un activo, expresado en puntos base.

 Convexidad al corte de cupón.

 Precio limpio.

 Precio limpio sensibilizado.

 Precio sucio sensibilizado.

 Intereses.

# Pruebas bajo condiciones extremas para riesgo de mercado

Las pruebas bajo condiciones extremas o *Stress testing* consisten en la estimación de las pérdidas que podría sufrir un portafolio, ante escenarios en los que los movimientos del mercado son extraordinariamente adversos (aumentos considerables en las tasas de interés, tipo de cambio, etc.).

El modelo para el cálculo de las pérdidas esperadas bajo condiciones extremas, se hace mediante la volatilidad de los factores de riesgo que influyen en la valuación de cada instrumento del portafolio, y los escenarios extremos se estiman de 1 hasta 5 volatilidades**.**

El cálculo de las volatilidades para los diferentes tipos de instrumentos es el siguiente:

**Tipo de Cambio**

**Acciones**

**Bonos Tasa Fija**

donde,

 Volatilidad de la tasa.

 Última tasa conocida.

**Bono Tasa Variable**

donde,

 Volatilidad de la tasa.

 Última tasa conocida.

 Volatilidad de la sobretasa.

st Última sobretasa conocida.

Para el caso del mercado accionario y tipos de cambio, se multiplica directamente la volatilidad del instrumento por el precio:

donde,

 Cambio en porcentaje del precio de la acción.

 Cambio en porcentaje del tipo de cambio.

 Volatilidad -veces.

Para el caso de instrumentos de mercado de dinero se utiliza la volatilidad de la tasa y sobretasa expresada en puntos base. Para calcular la pérdida esperada se revalúan los instrumentos sumándole los puntos base a la tasa y/o sobretasa de mercado del día de valuación y para recalcular el precio se utiliza el modelo Delta-Gamma (duración y convexidad).

donde,

 Cambio en porcentaje del precio.

 Cambio en porcentaje de la tasa (Volatilidad -veces).

#

# Rendimiento ajustado por riesgo

El Rendimiento ajustado por Riesgo (RAROC por sus siglas en inglés) es una medida de rentabilidad de un portafolio de inversión, la cual considera el riesgo inherente al mismo.

La aplicación del RAROC requiere de dos elementos fundamentales que contiene cualquier portafolio de inversión:

* **El riesgo:** Esto implica que debe medirse el nivel de exposición al riesgo del portafolio, considerando la volatilidad de los factores de riesgo así como de su correlación.
* **El rendimiento:** Se debe medir el desempeño del portafolio dentro de un período determinado.

El cálculo del RAROC es el siguiente:

donde,

 Rendimiento del portafolio de inversión en el periodo .

 Volatilidad (riesgo) del portafolio de inversión en el periodo .

 Fecha final.

 Fecha inicial.

Así mismo:

donde,

 Valor del portafolio en el periodo .

 Valor del portafolio en el periodo .

Por otro lado, se calcula como:

donde,

 Vector de los pesos de las posiciones .

 Vector traspuesto de los pesos de las posiciones del portafolio .

 Matriz de volatilidades .

 Matriz de correlaciones .