# RIESGO DE MERCADO

## APLICACIONES EN MS EXCEL

Oscar Bendezú, CFA, FRM

Noviembre 2020

# PERFIL DEL DOCENTE

Oscar Bendezú, CFA, FRM

Bachiller en Economía (Universidad de Piura, 2011). Magíster en Finanzas Cuantitativas y Administración de Riesgos (Università Commerciale Luigi Bocconi, 2017). Curso de Extensión Universitaria en Finanzas Avanzadas del Banco Central de Reserva del Perú (2010). Certificaciones Chartered Financial Analyst (CFA) y Financial Risk Manager (FRM). Tiene 9 años de experiencia en inversiones y actualmente se desempeña como Estratega Senior en el Departamento de Análisis Táctico de Inversiones Internacionales del BCRP, el cual es parte del equipo que administra el portafolio de Reservas Internacionales del Perú (valor aproximado de US$ 74 mil millones, abril 2020). Tiene experiencia docente en la Universidad de Piura, Universidad San Ignacio de Loyola y en la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional de Ingeniería.

https://www.linkedin.com/in/oscar-bendezu-cfa-frm-23198393/

# OBJETIVOS DEL CURSO

- Entender la noción de riesgo y cómo afecta a los inversionistas, empresas y personas naturales en general.
- Ampliar el abanico de herramientas disponibles para la toma de decisiones financieras.
- Dar un vistazo a las herramientas técnicas de los especialistas en riesgos para entender la lógica de su trabajo y poder laborar con ellos eficientemente en un centro de trabajo.

# BIBLIOGRAFÍA


- FRM Part I, Book 1 “Foundations of Risk Management”
- FRM Part II, Book 4 “Risk Management and Investment management”
- Factor Investing (Jurczenko)
- Your Complete Guide to Factor-Based Investing: The Way Smart Money Invests Today (Berkin; Swedroe)

# SYLLABUS

1. Introducción a la teoría de riesgos
2. Evaluación del desempeño
3. Valor en riesgo (VaR)
4. Factor investing
5. Gestión del riesgo de mercado

# 1

# INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE RIESGOS

Oscar Bendezú, CFA, FRM

# ¿QUÉ ES EL RIESGO?

Definición RAE:

**riesgo**

Del ant. *riesco* 'risco', por el peligro que suponen.

1. m. Contingencia o proximidad de un daño.
2. m. Cada una de las contingencias que pueden ser objeto de un contrato de seguro.

Para nuestros propósitos usaremos una definición orientada a finanzas e inversiones:

Riesgo = exposición a incertidumbre

- No todo aquello que es incierto conlleva un riesgo

# EJEMPLO

¿Cuáles podrían ser los riesgos de una empresa minera domiciliada en Perú?

- Marea alta en Filipinas
- Cambio en regulación peruana sobre seguridad industrial
- Riesgo de tormenta de nieve en Moscú
- Cambio en precios de commodities minerales

# LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS

Es el conjunto de políticas, prácticas, técnicas y sistemas orientados a cuantificar y modificar la exposición a los distintos riesgos que enfrenta una entidad. Ejemplos:

1. En una empresa sector real: Limitar los costos por la variación de los precios de materias primas. Limitar los riesgos operativos.
2. En una empresa sector financiero: Administrar el descalce entre activos y pasivos.
3. En un portafolio de renta variable: Calcular el beta del portafolio y aumentarlo o disminuirlo según convenga.

# LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS EN LA HISTORIA

En las últimas décadas, la administración de riesgos ha ganado relevancia en la industria financiera y en la estructura organizacional de las empresas en general.

Esto se debe a que la interconexión entre las empresas es más alta que nunca, sobre todo en las empresas del sector financiero y las crisis financieras más recientes han dejado lecciones duras e importantes.

# PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS

1. Identificación de riesgos
   - ¿Qué eventos pueden dañarnos si ocurren?
2. Cuantificación de exposición e identificación de métodos de transferencia de riesgos
   - Probabilidad: Frecuencia con la que se materializa un riesgo
   - Severidad: Daño recibido dado que hubo materialización del riesgo.
3. Determinación de efectos de riesgos
   - Se enfatiza en la severidad del riesgo: En un caso extremo, ¿este riesgo podría poner en peligro la continuidad de la empresa/portafolio?
4. Desarrollo de estrategia de mitigación de riesgos
   - ¿Qué se puede hacer para mitigar/administrar el riesgo? ¿Seguros, derivados financieros, reducción de operaciones, cambio de proveedores, diversificación?
5. Seguimiento de desempeño
   - ¿La estrategia de mitigación de riesgo se comportó como se esperaba?

# TIPOS DE RIESGO

Mientras más especializada se vuelve la literatura, surgen cada vez más tipos de riesgo. Una clasificación básica consta de 8 tipos:

1. Riesgo de Mercado
   - De tasas de interés (interest rate risk)
   - De precios de acciones
   - De tipo de cambio (FX risk)
   - De precios de commodities
2. Riesgo de Crédito
   - De impago (default risk)
   - De bancarrota (bankrupcy risk)
   - De downgrade crediticio
   - De contraparte (counterparty risk)
3. Riesgo de Liquidez
   - De fondeo (funding liquidity risk): riesgo de no poder endeudarse/financiarse
   - De trading (trading liquidity risk): riesgo de no poder encontrar contraparte porque hay menos transacciones en el mercado

4. Riesgo Operativo
    - Problemas de la operatividad de la empresa, como los procesos industriales, seguridad laboral, etc.
5. Riesgo Legal/de Regulación
    - Cambios en regulación, impuestos, etc.
6. Riesgo de Negocio (Business Risk)
    - Volatilidad en ingresos y utilidades inherente al negocio
7. Riesgo de Estrategia
    - Riesgo de que el core business de la empresa falle
8. Riesgo Reputacional
    - Daño a la buena reputación de la empresa.

Dado el syllabus de nuestro curso, nos concentraremos en el apartado 1.

# 2

# EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO

Oscar Bendezú, CFA, FRM

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

Retorno promedio (promedio aritmético para el cálculo de la desviación estándar). Es importante utilizar el **retorno total, no de precio.**

$$R_{promedio} = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{t=T} R_t$$

Desviación estándar (distancia típica de los retornos al retorno promedio), nos indica dispersión de retornos:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{t=T}\left(R_t - R_{promedio}\right)}{T-1}}$$

Retorno anualizado, con T expresado en número de años:

$$R^{anual} = \left(1 + R_{[0;T]}\right)^{1/T} - 1$$

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

Covarianza entre los retornos de 2 activos a y b:

$$\sigma_{a,b} = \frac{\sum_{t=1}^{t=T}\left(R_{a,t} - R_{a,promedio}\right)\left(R_{b,t} - R_{b,promedio}\right)}{T-1}$$

Ejercicios: Calcular para las acciones de AT&T, Amazon.com y JP Morgan, en la ventana 01/01/2015 – presente:

- Retorno semanal promedio
- Desviación estándar del retorno semanal
- Retorno anualizado
- Matriz de covarianzas de retornos semanales

# RETORNO ESPERADO DEL PORTAFOLIO

El retorno realizado de un portafolio de N activos puede calcularse (de manera aproximada) como:

$$r_p = w_1 r_1 + w_2 r_2 + \cdots + w_N r_N$$

Así también con el retorno esperado:

$$E\left[r_p\right] = w_1 E[r_1] + w_2 E[r_2] + \cdots + w_N E[r_N]$$

Expresado de otra manera, como sumaproducto:

$$E\left[r_p\right] = W \cdot E[R] = \begin{bmatrix} w_1 & \cdots & w_N \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} E[r_1] \\ \vdots \\ E[r_N] \end{bmatrix}$$

Notar que las letras mayúsculas sirven para denotar **vectores**, tanto en el caso de $W$ (vector de pesos), como en el caso de $E[R]$, vector de retornos esperados.

# CÁLCULO DE VARIANZA DE RETORNO DEL PORTAFOLIO

Teniendo una matriz $\Sigma$ de covarianzas de retornos de los $N$ activos, se sabe que Σ tiene la siguiente forma:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{1,1} & \cdots & \sigma_{1,N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{N,1} & \cdots & \sigma_{N,N} \end{bmatrix}_{NxN} = \begin{bmatrix} {\sigma_1}^2 & \cdots & \sigma_{1,N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{N,1} & \cdots & {\sigma_N}^2 \end{bmatrix}_{NxN}$$

La varianza ${\sigma_p}^2$ del retorno del portafolio se calcula como:

$${\sigma_p}^2 = W * \Sigma * W' = \begin{bmatrix} w_1 & \cdots & w_N \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} {\sigma_1}^2 & \cdots & \sigma_{1,N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{N,1} & \cdots & {\sigma_N}^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_N \end{bmatrix}$$

Con lo cual la desviación estándar $\sigma_p$ del mismo se calcula como:

$$\sigma_p = \sqrt{W \cdot \Sigma \cdot W'}$$

Notar que W' denota la **transpuesta** de W, esto es necesario para realizar la multiplicación matricial anterior. Notar también que **$\boldsymbol{\sigma_p}$ y $\boldsymbol{{\sigma_p}^2}$ son números, no matrices**, lo cual tiene sentido pues son la desviación estándar y la varianza del **portafolio**, no de activos separados.

# CÁLCULO DE VARIANZA DE RETORNO DEL PORTAFOLIO

Recordar que la anterior fórmula para calcular ${\sigma_p}^2$ es simplemente la notación matricial de la fórmula:

$${\sigma_p}^2 = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} w_i \, w_i \sigma_{i,j}$$

La cual es, para el caso simple de sólo 2 activos $(N = 2)$:

$${\sigma_p}^2 = {w_1}^2 {\sigma_1}^2 + {w_2}^2 {\sigma_2}^2 + 2 w_1 w_2 \sigma_{i,j}$$

# LA IMPORTANCIA DEL RIESGO

¿Qué preferiría Ud. como inversionista: 5% de retorno libre de riesgo ó 5% de retorno esperado con alto riesgo?

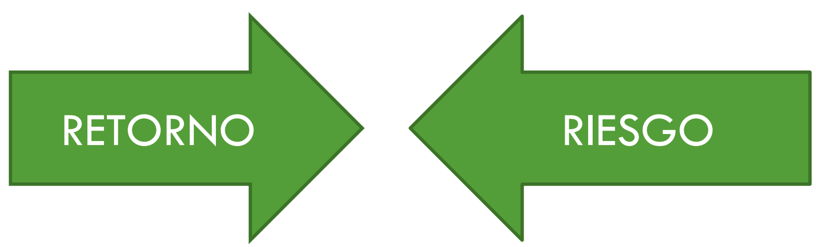
¿Tendría sentido comparar el retorno de un portafolio de renta variable contra el de un portafolio de renta fija? ¿Por qué?

Si fueran dos portafolios de renta variable a comparar ¿Qué se necesitaría para que sean comparables?

# LA IMPORTANCIA DEL RIESGO

Las medidas de retorno ajustado por riesgo son necesarias para hacer una **comparación justa** de los retornos de los activos y portafolios.

La medición de retornos de un portafolio no debe hacerse en términos de retorno absoluto, sino teniendo en cuenta el perfil de riesgo del portafolio. Esto sucede porque usualmente un mayor retorno conlleva un mayor riesgo (relación bien-desbien).



# MEDIDAS DE RETORNO AJUSTADO POR RIESGO

Las medidas de retorno ajustado por riesgo reflejan el trade-off entre riesgo y retorno.

4 medidas de Retorno Ajustado por Riesgo:

- Ratio de Sharpe
- Ratio de Treynor
- Jensen's Alpha
- Modigliani-Miller (M2)

# RATIO DE SHARPE Y JENSEN'S ALPHA

Ratio de Sharpe indica la prima de riesgo ganada por cada unidad de riesgo total:

$$Sharpe_i = \frac{E[r_i] - r_f}{\sigma_i}$$

Jensen's Alpha es el retorno teórico en exceso obtenido en base al modelo CAPM. Jensen's Alpha indica retorno en exceso:

$$\alpha_i = r_i - E_{CAPM}[r_i]$$

$$\alpha_i = r_i - \left(r_f + \beta_i\left(E[r_m] - r_f\right)\right)$$

Notar que si la teoría del CAPM se cumpliera perfectamente en la realidad, debería suceder que $\alpha = 0$.

# RATIO DE TREYNOR

Ratio de Treynor indica la prima de riesgo ganada por cada unidad de riesgo sistémico:

$$Treynor_i = \frac{E[r_i] - r_f}{\beta_i}$$

Su cálculo es similar al del ratio de Sharpe pero considera $\beta_i$ en lugar de $\sigma_i$.

# MODIGLIANI MILLER ($M^2$)

Modigliani Miller ($M^2$) indica el retorno en exceso de un activo $i$ con respecto del retorno del índice de mercado, luego de ajustar por riesgo.

$$M_i{}^2 = \left({}^{\sigma_m}/_{\sigma_i}\right) r_i + \left(1 - {}^{\sigma_m}/_{\sigma_i}\right) r_f - r_m$$

Para calcular el $M_i{}^2$ de un activo $i$ se construye un portafolio hipotético $P$ con el activo $i$ y el activo libre de riesgo tal que este portafolio $P$ tenga el mismo nivel de riesgo del portafolio de mercado (S&P500), es decir:

$$\sigma_P = \sigma_m$$

Imponer $\sigma_P = \sigma_m$ equivale a imponer:

$$w_i{}^2 \sigma_i{}^2 + w_f{}^2 \sigma_f{}^2 + 2 w_i w_f Cov\left(r_i, r_f\right) = \sigma_m{}^2$$

Dado que $f$ es el activo libre de riesgo, sabemos que $\sigma_f = 0$ y $Cov\left(r_i, r_f\right) = 0$, con lo cual:

$$w_i \sigma_i = \sigma_m$$

$$w_i = {}^{\sigma_m}/_{\sigma_i}$$

# MODIGLIANI MILLER ($M^2$)

Así el portafolio P tiene 2 activos:

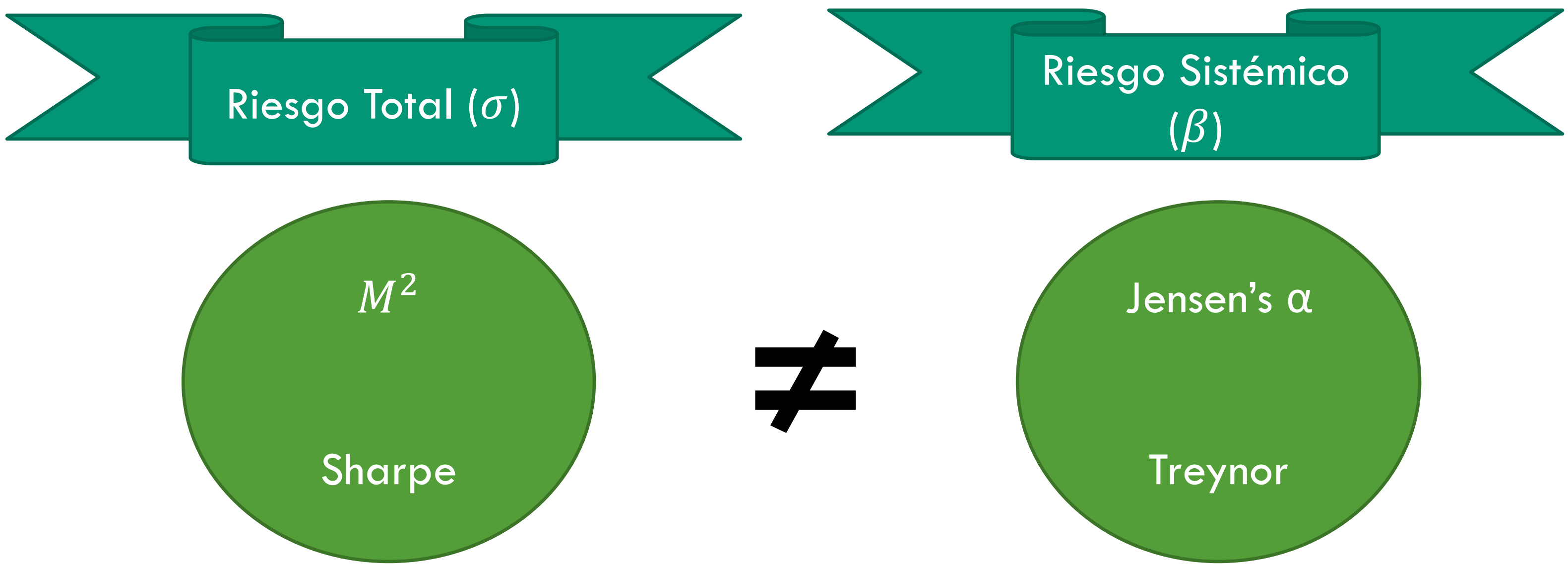
- Activo $i$ con $w_i = {}^{\sigma_m}/_{\sigma_i}$
- Activo libre de riesgo con $w_f = 1 - w_i$

Y sabemos que **por construcción**: $\sigma_P = \sigma_m$, con lo cual ahora el portafolio $P$ y el mercado $(m)$ son **comparables** y podemos calcular:

$$M_i{}^2 = r_p - r_m$$

$$M_i{}^2 = \left({}^{\sigma_m}/_{\sigma_i}\right) r_i + \left(1 - {}^{\sigma_m}/_{\sigma_i}\right) r_f - r_m$$

# COMPARACIÓN DE MEDIDAS




Sharpe y Treynor no dan los mismo resultados, tampoco Jensen's α y $M^2$. Esto es porque **<u>los tipos de riesgo que consideran son diferentes.</u>**

# EJERCICIO

Usando data histórica (¿índice de retorno total o precios históricos?) **semanal,** de los siguientes activos para el periodo 01/01/2011 – presente, calcule las 4 medidas de retorno ajustado por riesgo para cada uno de los 3 activos y para un portafolio compuesto por las 3 acciones con ponderaciones 30/30/40.

- MSFT US Equity
- JNJ US Equity
- XOM US Equity

Considerar:

- Retorno libre de riesgo semanal de 0.01%
- S&P500 como el portafolio de mercado.

# BENCHMARK

Concepto: Portafolio óptimo de largo plazo, contra el cual el portafolio del inversionista compara sus retornos.

El inversionista busca obtener un retorno ($r_p$) mayor al del  benchmark ($r_b$), es decir busca un alpha positivo:

$$\alpha = r_p - r_b$$

Por ejemplo: Si el inversionista cree que Goldman Sachs tendrá altos retornos a futuro: $w_{GS,p} > w_{GS,b}$

Si el inversionista cree que el mercado en general está a punto de entrar a un ciclo alcista: $\beta_p > \beta_b$, o viceversa para un ciclo bajista $\beta_p < \beta_b$.

# TRACKING ERROR - INFORMATION RATIO

A menudo a un administrador de portafolio no le interesa tanto el riesgo absoluto, sino el relativo a su portafolio benchmark.

Es decir, **el riesgo nace de estar desviado del benchmark** porque lo que nos interesa es tener:

$$\alpha > 0 \,, \qquad es\ decir: \ \ r_p > r_b$$

# TRACKING ERROR - INFORMATION RATIO

En base a lo anterior, surgen las medidas de riesgo activo, como el tracking error, definido como la **desviación estándar del retorno en exceso (alpha) del portafolio.**

$$TE = \sigma_{r_p - r_b}$$

No confundir el Jensen's Alpha (resultado del modelo CAPM) con este alpha (diferencial de retornos).

# TRACKING ERROR - INFORMATION RATIO

Tendiendo el TE, se puede construir el Information Ratio, el cual nos indica el retorno adicional por unidad de **riesgo activo (es decir, cada unidad de desviación con respecto del benchmark):**

$$IR = \frac{promedio(r_p - r_b)}{TE} = \frac{promedio(r_p - r_b)}{\sigma_{r_p - r_b}}$$

Ejercicio: Calcular el TE y el IR del portafolio anterior en el periodo 01/01/2019 – 31/12/2019

- Portafolio: 30/30/40
- Benchmark: 40/25/35

# LA IMPORTANCIA DEL REBALANCE

El ejercicio anterior no tendría mucha aplicación en la realidad si no asumieramos que el portafolio se rebalancea cada mes. Es decir, que se realizan las compras y ventas necesarias para tener los pesos objetivo.

Si no se hiciera esto, los pesos de los activos se distorsionarían cada mes por el cambio en los precios.

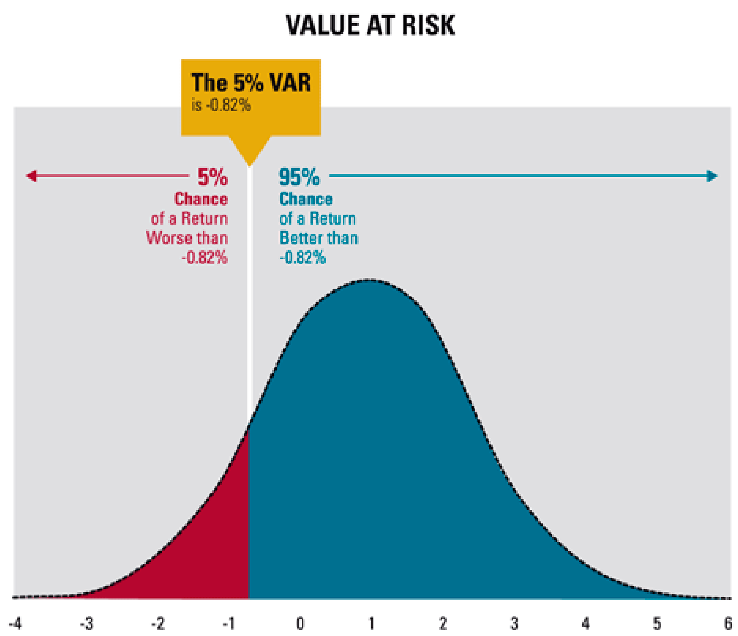
# 3

# VALOR EN RIESGO (VAR)

Oscar Bendezú, CFA, FRM

# CONCEPTO DE VAR

El Valor en Riesgo (Value-at-Risk) es la perdida máxima que puede tener un activo o portafolio con una probabilidad (nivel de confianza) dada en un horizonte de tiempo determinado.



# METODOLOGÍAS DE VAR

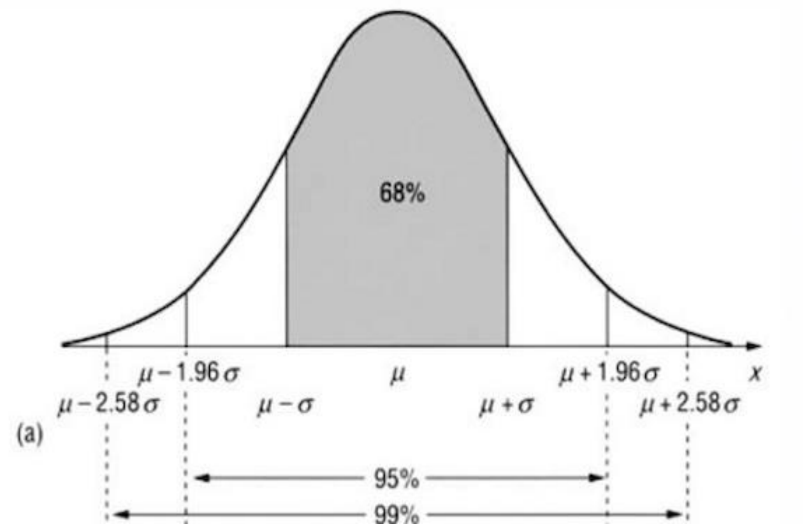
1. Paramétrico (Delta Normal)
2. Simulación Histórica
3. Simulación de Monte Carlo

# ANTES DE CONTINUAR…

Distribución normal: Algunos valores críticos para recordar:

- 1% → 2.33
- 2.5% → 1.96
- 5% → 1.65

Se puede consultar valores con la función NORM.INV en Excel (en inglés).



# 1. VAR PARAMÉTRICO

Asume una distribución (a menudo distribución normal) de los retornos.

$$VaR_a = E[r] - \sigma_r Z_{1-a}$$

Por ejemplo:

- Asumir distribución normal
- VaR diario al 95%
- Retorno esperado diaria de 2%
- Desviación estándar de retornos diarios de 4.5%

$$VaR_{95\%} = 2\% - 4.5\% * (1.65) = -5.425\%$$

Con una probabilidad de 95%, este portafolio no tendrá una perdida mayor de 5.425% en un horizonte de 1 día.

# 2. VAR CON SIMULACIÓN HISTÓRICA

Ordena la data histórica según retornos y toma el percentil "1-a" inferior (siendo "a" el nivel de confianza). Por ejemplo con 500 observaciones, el VaR al 95% sería el retorno de la observación con el 25to peor retorno (5% * 500 = 25).

Ejemplo: Calcular el VaR de una acción de AT&T.

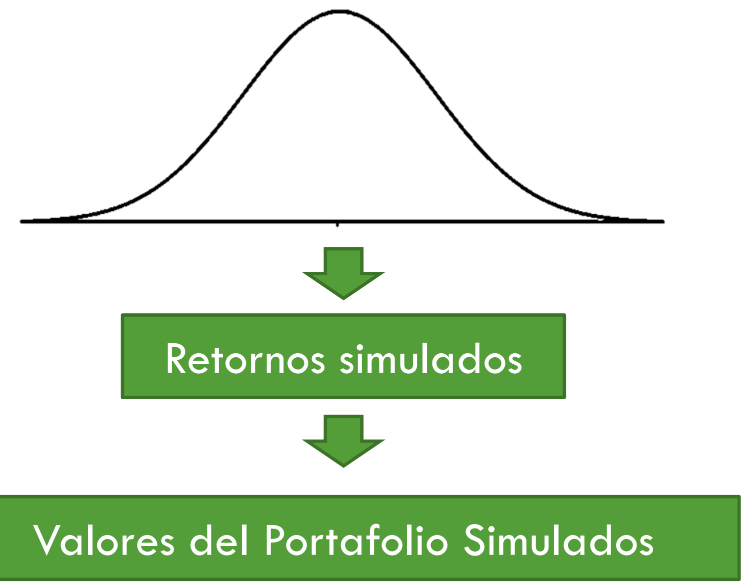
- VaR diario al 95%
- Data histórica en rango 01/01/2007 – 31/12/2017

Resulta muy importante que el periodo histórico tomado sea representativo, normalmente se toma un ciclo económico entero para evitar sesgos.

# 3. VAR CON SIMULACIÓN DE MC

1. Asume una distribución con la que se realiza un número suficiente de simulaciones (eg: 10 mil simulaciones)
2. Para cada simulación de retornos, se calcula el valor del portafolio.
3. Tomar el percentil $1 - a$ de los valores simulados, como se hizo en la simulación Histórica.

Si el activo (o portafolio) es lineal, la simulación de MC resultarán en el mismo VaR que un delta normal. Sin embargo, si el activo no es lineal, el MC será más preciso.



# 3. VAR CON SIMULACIÓN DE MC

Ejemplo:

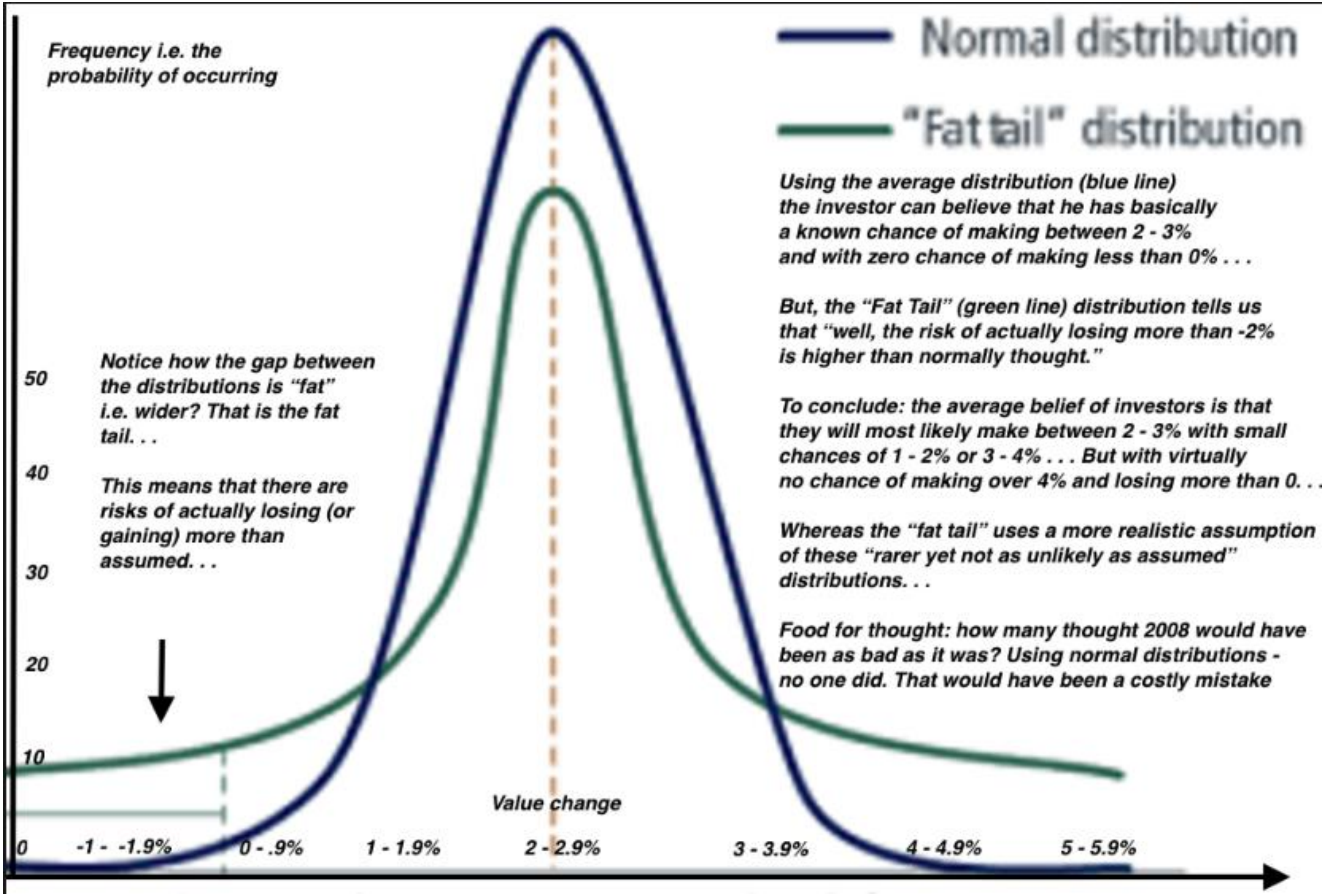
- Calcular VaR diario al 95% de significancia para una **opción** sobre Facebook
- Opción put de FB US Equity Strike 190 con vencimiento a 1 día
- Asumir distribución normal y extraer $E[r]$ y $\sigma_r$ del periodo 01/01/2007 – 31/12/2017
- Utilizar 1000 simulaciones
- Recomendación: Utilizar funciones de Excel =NORM.INV(RAND(),0,1)

# LA IMPORTANCIA DE $\sigma$

El parámetro $\sigma$ define en buena parte qué tan lejos llegan las colas de la distribución y por lo tanto qué tan altas son nuestras pérdidas extremas.

Hay varias formas de estimar $\sigma$:

a) Desviación estándar pesos históricos iguales (la utilizada hasta ahora)
b) Desviación estándar pesos con decaimiento exponencial (EWMA – Exponentially Weighted Moving Average)
c) $\sigma$ implícita del modelo Black-Scholes


Normal distribution
"Fat tail" distribution
Frequency i.e. the probability of occurring
50
40
30
20
10
0
Notice how the gap between the distributions is "fat" i.e. wider? That is the fat tail. . .
This means that there are risks of actually losing (or gaining) more than assumed. . .
Using the average distribution (blue line) the investor can believe that he has basically a known chance of making between 2 - 3% and with zero chance of making less than 0% . . .
But, the "Fat Tail" (green line) distribution tells us that "well, the risk of actually losing more than -2% is higher than normally thought."
To conclude: the average belief of investors is that they will most likely make between 2 - 3% with small chances of 1 - 2% or 3 - 4% . . . But with virtually no chance of making over 4% and losing more than 0. . .
Whereas the "fat tail" uses a more realistic assumption of these "rarer yet not as unlikely as assumed" distributions. . .
Food for thought: how many thought 2008 would have been as bad as it was? Using normal distributions - no one did. That would have been a costly mistake
Value change
-1 - -1.9%
0 - .9%
1 - 1.9%
2 - 2.9%
3 - 3.9%
4 - 4.9%
5 - 5.9%

# B) EWMA

Se calcula $\sigma$ utilizando pesos con decaimiento exponencial, en donde cada rezago $i$ tiene un peso respectivo:

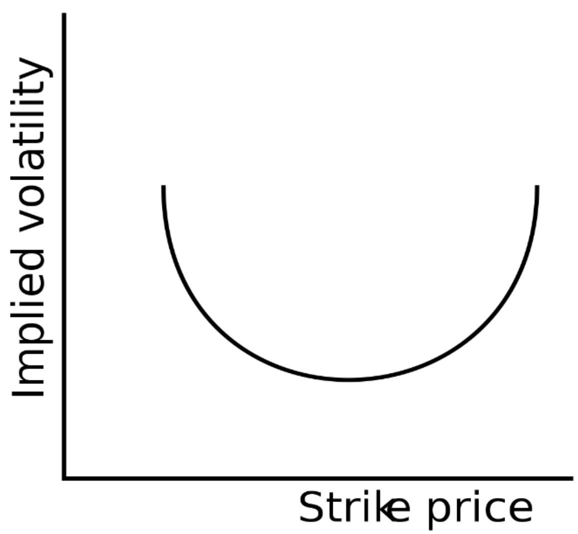
$$w_i = \frac{\lambda^{i-1}(1-\lambda)}{1-\lambda^n}$$

Esto hace que la estimación de $\sigma$ otorgue mayor importancia a los últimos sucesos en términos de volatilidad del activo.

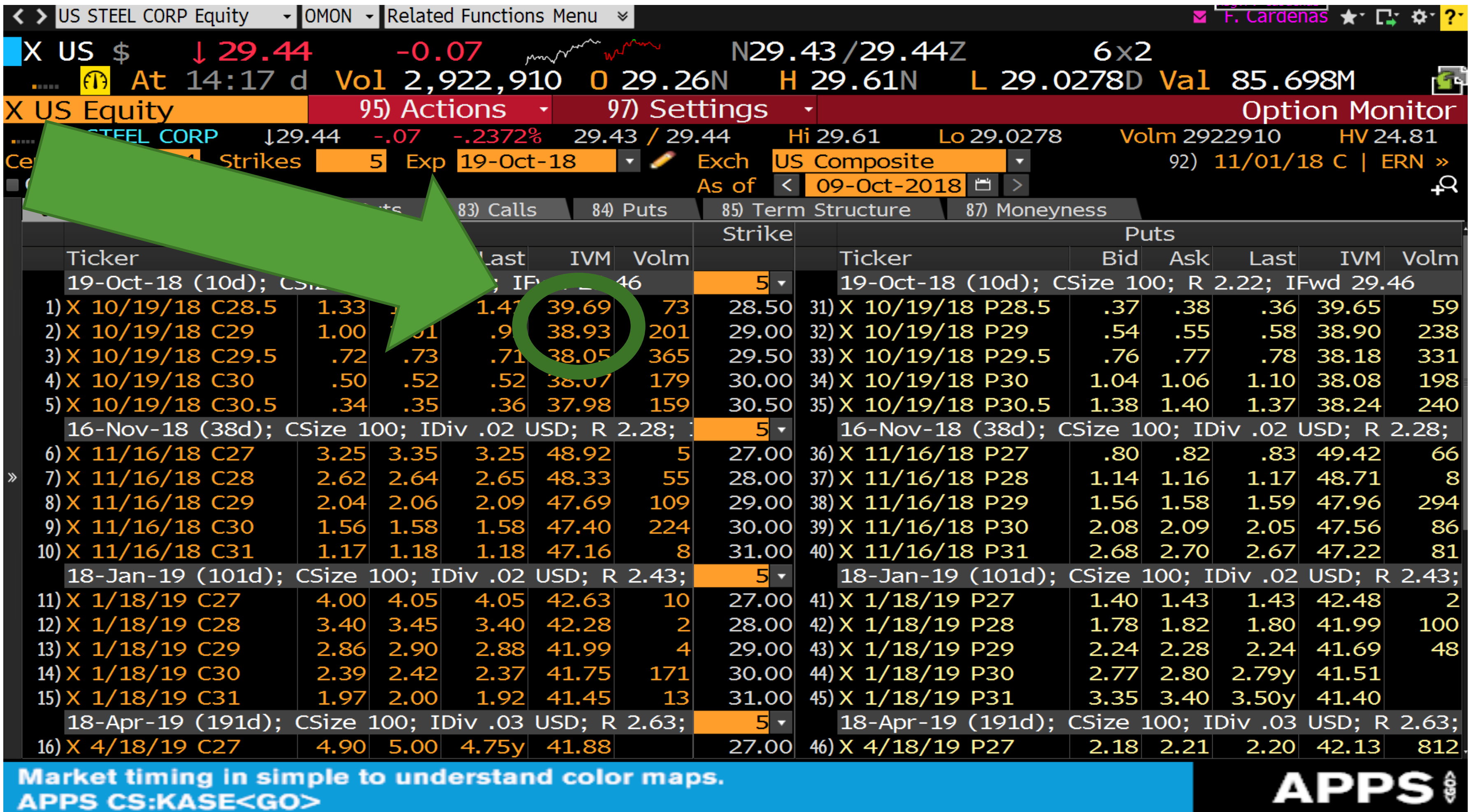
# C) $\sigma$ IMPLÍCITA EN OPCIONES (BS)

Se utiliza $\sigma$ anualizada obtenida en el modelo Black Scholes

Esta metodología es menos efectiva si se utilzan opciones ITM o OTM, idealmente deben usarse opciones ATM. Recordar volatility smile.



# C) $\sigma$ IMPLÍCITA EN OPCIONES (BS) - OMON




| Ticker | | | Last | IVM | Volm | Strike | Ticker (Puts) | Bid | Ask | Last | IVM | Volm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19-Oct-18 (10d); CSi[illegible] | | | | | | 5 | 19-Oct-18 (10d); CSize 100; R 2.22; IFwd 29.46 | | | | | |
| 1) X 10/19/18 C28.5 | 1.33 | [illegible] | [illegible] | 39.69 | 73 | 28.50 | 31) X 10/19/18 P28.5 | .37 | .38 | .36 | 39.65 | 59 |
| 2) X 10/19/18 C29 | 1.00 | [illegible] | [illegible] | 38.93 | 201 | 29.00 | 32) X 10/19/18 P29 | .54 | .55 | .58 | 38.90 | 238 |
| 3) X 10/19/18 C29.5 | .72 | .73 | .71 | 38.05 | 365 | 29.50 | 33) X 10/19/18 P29.5 | .76 | .77 | .78 | 38.18 | 331 |
| 4) X 10/19/18 C30 | .50 | .52 | .52 | 38.07 | 179 | 30.00 | 34) X 10/19/18 P30 | 1.04 | 1.06 | 1.10 | 38.08 | 198 |
| 5) X 10/19/18 C30.5 | .34 | .35 | .36 | 37.98 | 159 | 30.50 | 35) X 10/19/18 P30.5 | 1.38 | 1.40 | 1.37 | 38.24 | 240 |
| 16-Nov-18 (38d); CSize 100; IDiv .02 USD; R 2.28; | | | | | | 5 | 16-Nov-18 (38d); CSize 100; IDiv .02 USD; R 2.28; | | | | | |
| 6) X 11/16/18 C27 | 3.25 | 3.35 | 3.25 | 48.92 | 5 | 27.00 | 36) X 11/16/18 P27 | .80 | .82 | .83 | 49.42 | 66 |
| 7) X 11/16/18 C28 | 2.62 | 2.64 | 2.65 | 48.33 | 55 | 28.00 | 37) X 11/16/18 P28 | 1.14 | 1.16 | 1.17 | 48.71 | 8 |
| 8) X 11/16/18 C29 | 2.04 | 2.06 | 2.09 | 47.69 | 109 | 29.00 | 38) X 11/16/18 P29 | 1.56 | 1.58 | 1.59 | 47.96 | 294 |
| 9) X 11/16/18 C30 | 1.56 | 1.58 | 1.58 | 47.40 | 224 | 30.00 | 39) X 11/16/18 P30 | 2.08 | 2.09 | 2.05 | 47.56 | 86 |
| 10) X 11/16/18 C31 | 1.17 | 1.18 | 1.18 | 47.16 | 8 | 31.00 | 40) X 11/16/18 P31 | 2.68 | 2.70 | 2.67 | 47.22 | 81 |
| 18-Jan-19 (101d); CSize 100; IDiv .02 USD; R 2.43; | | | | | | 5 | 18-Jan-19 (101d); CSize 100; IDiv .02 USD; R 2.43; | | | | | |
| 11) X 1/18/19 C27 | 4.00 | 4.05 | 4.05 | 42.63 | 10 | 27.00 | 41) X 1/18/19 P27 | 1.40 | 1.43 | 1.43 | 42.48 | 2 |
| 12) X 1/18/19 C28 | 3.40 | 3.45 | 3.40 | 42.28 | 2 | 28.00 | 42) X 1/18/19 P28 | 1.78 | 1.82 | 1.80 | 41.99 | 100 |
| 13) X 1/18/19 C29 | 2.86 | 2.90 | 2.88 | 41.99 | 4 | 29.00 | 43) X 1/18/19 P29 | 2.24 | 2.28 | 2.24 | 41.69 | 48 |
| 14) X 1/18/19 C30 | 2.39 | 2.42 | 2.37 | 41.75 | 171 | 30.00 | 44) X 1/18/19 P30 | 2.77 | 2.80 | 2.79y | 41.51 | |
| 15) X 1/18/19 C31 | 1.97 | 2.00 | 1.92 | 41.45 | 13 | 31.00 | 45) X 1/18/19 P31 | 3.35 | 3.40 | 3.50y | 41.40 | |
| 18-Apr-19 (191d); CSize 100; IDiv .03 USD; R 2.63; | | | | | | 5 | 18-Apr-19 (191d); CSize 100; IDiv .03 USD; R 2.63; | | | | | |
| 16) X 4/18/19 C27 | 4.90 | 5.00 | 4.75y | 41.88 | | 27.00 | 46) X 4/18/19 P27 | 2.18 | 2.21 | 2.20 | 42.13 | 812 |

# OBSERVACIONES IMPORTANTES

- El VaR es diferente según la metodología utilizada.
- Aun usando una misma metodología, el VaR puede ser calculado de distintas formas porque es muy sensible a los insumos (sobre todo la data utilizada y el método para el calculo de la varianza de retornos).
- El VaR es una medida integrada, nos permite comparar riesgo de activo diferentes que utilizan medidas de riesgo diferentes.

# 4

# FACTOR INVESTING

Oscar Bendezú, CFA, FRM

# ¿QUÉ ES EL FACTOR INVESTING?

La inversión en factores o Factor Investing es un estilo de inversión que implica abandonar la atención a los "pesos" de activos individuales y analizar el portafolio en función de su exposición a distintos factores de riesgo.

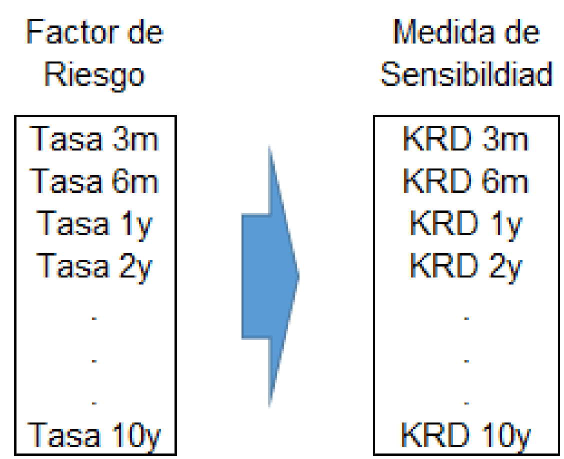
Estos factores de riesgo por lo general son macro (para efectos de nuestro curso, sólo veremos algunos factores de riesgo macro):

- Retornos de índices bursátiles
- Tasas de interés
- Tipos de cambio

Con lo cual nos interesa calcular la exposición del portafolio a cada uno de estos factores de riesgo. Para efectos de sintaxis, asumiremos siempre que tenemos $N$ activos individuales en el portafolio y que estos activos están expuestos a un total de $K$ factores de riesgo

# UNA MEDIDA DE SENSIBILIDAD PARA CADA FACTOR DE RIESGO - CASO INICIAL: PORTAFOLIO DE RENTA FIJA

Empezando por un portafolio simple de activos de renta fija sin riesgo de crédito como los Bonos del Tesoro de EEUU (US Treasuries), los factor de riesgo relevantes son las tasas spot que afectan a los bonos que componen el portafolio y las medidas de sensibilidad son los KRDs del portafolio.




Para una tasa de plazo/tenor $i$, el $KRD\ i$ del portafolio con $N$ activos individuales es denotado como el **<u>promedio ponderado de los $KRD\ i$ de los activos individuales</u>**:

$$KRD\ i_p = \sum_{n=1}^{N} KRD\ i_n * w_n$$

# UNA MEDIDA DE SENSIBILIDAD PARA CADA FACTOR DE RIESGO - CASO INICIAL: PORTAFOLIO DE RENTA FIJA

Así, por ejemplo:

$$KRD\ 3m_p = \sum_{n=1}^{N} KRD\ 3m_n * w_n$$

$$KRD\ 5y_p = \sum_{n=1}^{N} KRD\ 5y_n * w_n$$

Al realizar esta operación para todos los plazos/tenores relevantes, obtenemos el <u>**vector de KRDs del portafolio**</u>. Por ejemplo, para el caso de un portafolio de renta fija con bonos de hasta 10 años tenemos 12 factores de riesgo ($K = 12$) contando las tasas de 3 y 6 meses.

$$KRD_p = \begin{bmatrix} KRD\ 3m_p & KRD\ 6m_p & \dots & KRD\ 10y_p \end{bmatrix}$$

# UNA MEDIDA DE SENSIBILIDAD PARA CADA FACTOR DE RIESGO - CASO INICIAL: PORTAFOLIO DE RENTA FIJA

Dado que este portafolio de renta fija tiene como únicos factores de riesgo las tasas spot de los US Treasuries, podemos decir que su **Vector de Sensibilidades es igual al negativo del vector de KRDs**, es decir:

$$\Delta_p = -KRD_p = \begin{bmatrix} -KRD\ 3m_p & -KRD\ 6m_p & \dots & -KRD\ 10y_p \end{bmatrix}$$

El vector de sensibilidades del portafolio $\Delta_p$ se define como el vector de impacto porcentual en el valor de mercado del portafolio ante un cambio de 1% en cada factor de riesgo (**esta definición debería sonar familiar, es la intuición del concepto de KRD**).

# CÁLCULO DEL RETORNO - CASO INICIAL: PORTAFOLIO DE RENTA FIJA

La anterior definición quiere decir que podemos tener por ejemplo un portafolio con 12 factores de riesgo ($K = 12$) con:

$$\Delta_p = [-0.1 \quad -0.2 \quad -0.1 \quad -1.5 \quad -0.7 \quad -1.2 \quad -2.7 \quad 0.0 \quad 0.0 \quad -0.3 \quad -0.9 \quad -0.8]$$

Calculando las variaciones de cada factor de riesgo y ordenándolas en un vector $R$ podemos obtener el retorno del portafolio de renta fija como una multiplicación de vectores:

$$R_p = \Delta_p * R'$$

# CÁLCULO DEL RETORNO - CASO INICIAL: PORTAFOLIO DE RENTA FIJA

La expresión anterior es simplemente la sumaproducto:

$$R_p = \sum_{k=1}^{K} \delta_{p,k} * r_k$$

Siendo cada combinación $\delta_{p,k} * r_k$ la **contribución del factor k-ésimo al retorno del portafolio.**

Recordar que denotamos los elementos de un vector o matriz como las minúsculas con las que denotamos al vector o matriz, entonces:

$$\Delta_p = \begin{bmatrix} \delta_{p,1} & \delta_{p,2} & \delta_{p,3} & \delta_{p,4} & \delta_{p,5} & \delta_{p,6} & \delta_{p,7} & \delta_{p,8} & \delta_{p,9} & \delta_{p,10} & \delta_{p,11} & \delta_{p,12} \end{bmatrix}$$

$$R = \begin{bmatrix} r_1 & r_2 & r_3 & r_4 & r_5 & r_6 & r_7 & r_8 & r_9 & r_{10} & r_{11} & r_{12} \end{bmatrix}$$

Notar que los elementos del vector $\Delta_p$ tienen 2 subíndices porque existen sensibilidades para cada factor de riesgo y, en cambio los cambios de cada RF son universales para portafolio, benchmark y brecha.

# EJERCICIO

Calcular el retorno del portafolio producto de las variaciones de las tasas spot UST de los últimos 5 días hábiles. Utilizar los factores de riesgo correspondientes:

- Tasa spot UTS a 3 meses
- Tasa spot UTS a 6 meses
- Tasa spot UTS a 1 año
- Tasa spot UTS a 2 años
- Etc.

# RETORNO DE PORTAFOLIO, RETORNO DE BENCHMARK Y ALPHA DEL PORTAFOLIO

Los retornos del portafolio y del benchmark se definen como:

$$R_p = \sum_{k=1}^{K} \delta_{p,k} * r_k \qquad , \qquad R_b = \sum_{k=1}^{K} \delta_{b,k} * r_k$$

Entonces, el alpha del portafolio se define como:

$$\alpha = R_p - R_b$$

Lo cual es equivalente a:

$$\alpha = \sum_{k=1}^{K} (\delta_{p,k} - \delta_{b,k}) * r_k$$

Siendo cada combinación $\left(\delta_{p,k} - \delta_{b,k}\right) * r_k$ **la contribución del factor k-ésimo al alpha del portafolio.**

# VECTOR DE BRECHAS DE SENSIBILIDAD

Así como calculamos el vector de KRDs para un portafolio, podemos hacerlo también para el benchmark, resultando así el vector KRD brecha:

$$KRD_{brecha} = KRD_p - KRD_b$$

Y por lo tanto también los vectores de sensibilidad del portafolio y brecha:

$$\Delta_{brecha} = \Delta_p - \Delta_b$$

La brecha de KRD indica el exceso de exposición respecto del benchmark a cada tasa de la curva spot que el Portfolio Manager decide tener.

Con lo cual la expresión del alpha del portafolio que vimos anteriormente debe ser equivalente a una multiplicación matricial (de vectores):

$$\alpha = \sum_{k=1}^{K} (\delta_{p,k} - \delta_{b,k}) * r_k = \Delta_{brecha} * R'$$

Tener en cuenta que una brecha cero en KRDs implica tener brecha cero en DUR, **pero no viceversa.**

# VECTOR DE BRECHAS DE SENSIBILIDAD

Calcular el vector de brechas de sensibildiad para el portafolio de renta fija disponible en la plantilla

# ERROR DE RÉPLICA (TRACKING ERROR) EX-ANTE DEL PORTAFOLIO

Recordar la fórmula de la desviación estándar con pesos (antes de estudiar factor investing):

$$\sigma_p = \sqrt{W \cdot \Sigma \cdot W'}\,, \qquad \textit{donde } \Sigma\textit{: matriz de covar de } \textbf{\textit{activos individuales}}$$

Esta fórmula llevada al enfoque de factor investing es:

$$\sigma_p = \sqrt{\Delta_p \cdot \Sigma \cdot \Delta_p{}'}\,, \qquad \textit{donde } \Sigma\textit{: matriz de covar de } \textbf{\textit{factores de riesgo}}$$

Tomando brechas en lugar de la exposición del portafolio para denotar riesgo activo:

$$TE = \sqrt{\Delta_{brecha} \cdot \Sigma \cdot \Delta_{brecha}{}'}\,, \qquad \textit{donde } \Sigma\textit{: matriz de covar de } \textbf{\textit{factores de riesgo}}$$

# VAR DE PORTAFOLIO CON FACTORES DE RIESGO

Asumiendo un retorno esperado de cero, se puede calcular el VaR de un portafolio en función de la desviación estándar de su retorno.

$$VaR_P = \sigma_P \cdot z$$

$$VaR_B = \sigma_B \cdot z$$

# CONTRIBUCIÓN AL VAR Y AL TE, VAR MARGINAL Y TE MARGINAL

La contribución al $VaR_P$ anualizado del factor de riesgo $k$ se define como:

$$VaR_{P,k} = MVaR_{P,k} \cdot [\Delta_P \cdot \Sigma]_k$$

$$VaR_{P,k} = \frac{z \cdot \sqrt{1/T} \cdot \delta_{P,k}}{\sigma_P} \cdot [\Delta_P \cdot \Sigma]_k$$

De manera similar, la contribución al $TE$ anualizado del factor de riesgo $k$ se define como:

$$TE_k = MTE_{P,k} \cdot [\Delta_{brecha} \cdot \Sigma]_k$$

$$VaR_{P,k} = \frac{\sqrt{1/T} \cdot \delta_{brecha,k}}{TE} \cdot [\Delta_{brecha} \cdot \Sigma]_k$$

# CASO EXPANDIDO: PORTAFOLIO CON VARIOS TIPOS DE ACTIVO Y VARIAS MONEDAS

La intuición es exactamente la misma, pero debemos relacionar cada activo individual con sus sensibilidades a los distintos factores de riesgo, por ejemplo si para el portafolio que utilizamos en el caso anterior le añadimos acciones en USD, EUR, GBP y dinero en efectivo (cash) en USD, EUR, GBP, las sensibilidades serían:

| | β US | β GER | β UK | KRD 3m | ... | KRD 10y | EUR/USD | GBP/USD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Acciones en USD | β | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Acciones en EUR | 0 | β | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Acciones en GBP | 0 | 0 | β | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Bonos UST en USD | 0 | 0 | 0 | KRD 3m | ... | KRD 10y | 0 | 0 |
| Cash en USD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cash en EUR | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Cash en GBP | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

# CASO EXPANDIDO: PORTAFOLIO CON VARIOS TIPOS DE ACTIVO Y VARIAS MONEDAS

En este caso necesitamos unas consideraciones adicionales para hacer el enfoque más general:

- Cada tipo de activo tiene sensibildiad a su respectivo factor de riesgo: bonos a tasas de interés y acciones a índices bursátiles. El dinero en efectivo no tiene sensibilidad a ninguno de estos 2 factores de riesgo.
- El vector $\Delta_p$ contiene no sólo KRDs sino betas y sensibilidades al tipo de cambio. Las acciones son sensibles sólo al mercado en el que negocian y por lo tanto a su respectivo índice bursátil.
- La sensibilidad al tipo de cambio es igual a 1 para los activos en moneda extranjera (en este caso la moneda base es USD, por lo cual los activos con precio en USD no tienen riesgo cambiario).
- El vector $R$ de movimiento de los factores de riesgo contiene **variaciones simples (restas) para las tasas de interés y variaciones porcentuales para índices bursátiles y tipos de cambio.**
- Mucho cuidado en mantener el mismo orden para los $K$ factores de riesgo en los vectores de sensibilidad y en las matrices de covarianzas y correlaciones.

# CASO EXPANDIDO: VECTOR DE SENSIBILIDAD

Si colocamos los factores de riesgo en el orden de la diapositiva anterior, tenemos los siguientes vectores de sensibilidades del portafolio y benchmark:

$$\Delta_p = [\beta_{US,p} \quad \beta_{GER,p} \quad \beta_{UK,p} \quad -KRD\ 3m_p \quad \dots \quad -KRD\ 10y_p \quad w_{EUR,p} \quad w_{GBP,p}]$$

$$\Delta_b = [\beta_{US,b} \quad \beta_{GER,b} \quad \beta_{UK,b} \quad -KRD\ 3m_b \quad \dots \quad -KRD\ 10y_b \quad w_{EUR,b} \quad w_{GBP,b}]$$

Construimos el vector de brechas de sensibilidad como ya sabemos:

$$\Delta_{brecha} = \Delta_p - \Delta_b$$

# CASO EXPANDIDO: APLICACIÓN

Para el portafolio en la plantilla disponible, calcular:

- Vectores de sensibilidad del portafolio, benchmark y brecha.
- Matriz de covarianzas y correlaciones de los factores de riesgo relevantes.
- VaR paramétrico al 99% con horizonte a 1 día para el portafolio y el benchmark
- TE del portafolio
- Cambios de los factores de riesgo en los últimos 5 días hábiles, así como la contribución de cada factores de riesgo al retorno del portafolio, retorno del benchmark y alpha del portafolio en los últimos 5 días hábiles.

# 5

# GESTIÓN DEL RIESGO DE MERCADO

Oscar Bendezú, CFA, FRM

# POSICIONAMIENTO TÁCTICO DE PORTAFOLIO

Con las definiciones anteriores se puede construir un vector de brechas de sensibilidades:

$$\Delta_{brecha} = \Delta_p - \Delta_b$$

Este vector tiene que ser coherente con las perspectivas del movimiento de curva. El objetivo es explotar los movimientos de la curva de rendimientos posicionando los KRDs tácticamente para obtener Alpha positivo. El Alpha se define como:

$$a = R_p - R_b$$

# POSICIONAMIENTO TÁCTICO DE PORTAFOLIO

Un administrador de portafolio muestra sus conjeturas sobre los factores de riesgo que afectan su portafolio a través de su vector $\Delta_{brecha}$. Este vector resume el posicionamiento táctico del portafolio porque el administrador de portafolio **es evaluado por el Alpha de su poratfolio, no por su retorno.**

# MOVIMIENTOS EN LA CURVA DE RENDIMIENTOS

La curva de rendimientos que define el retorno de corto plazo de los bonos puede presentar diversos movimientos:

Empinamiento (Steepening)

Aplanamiento (Flattening)

Movimiento paralelo

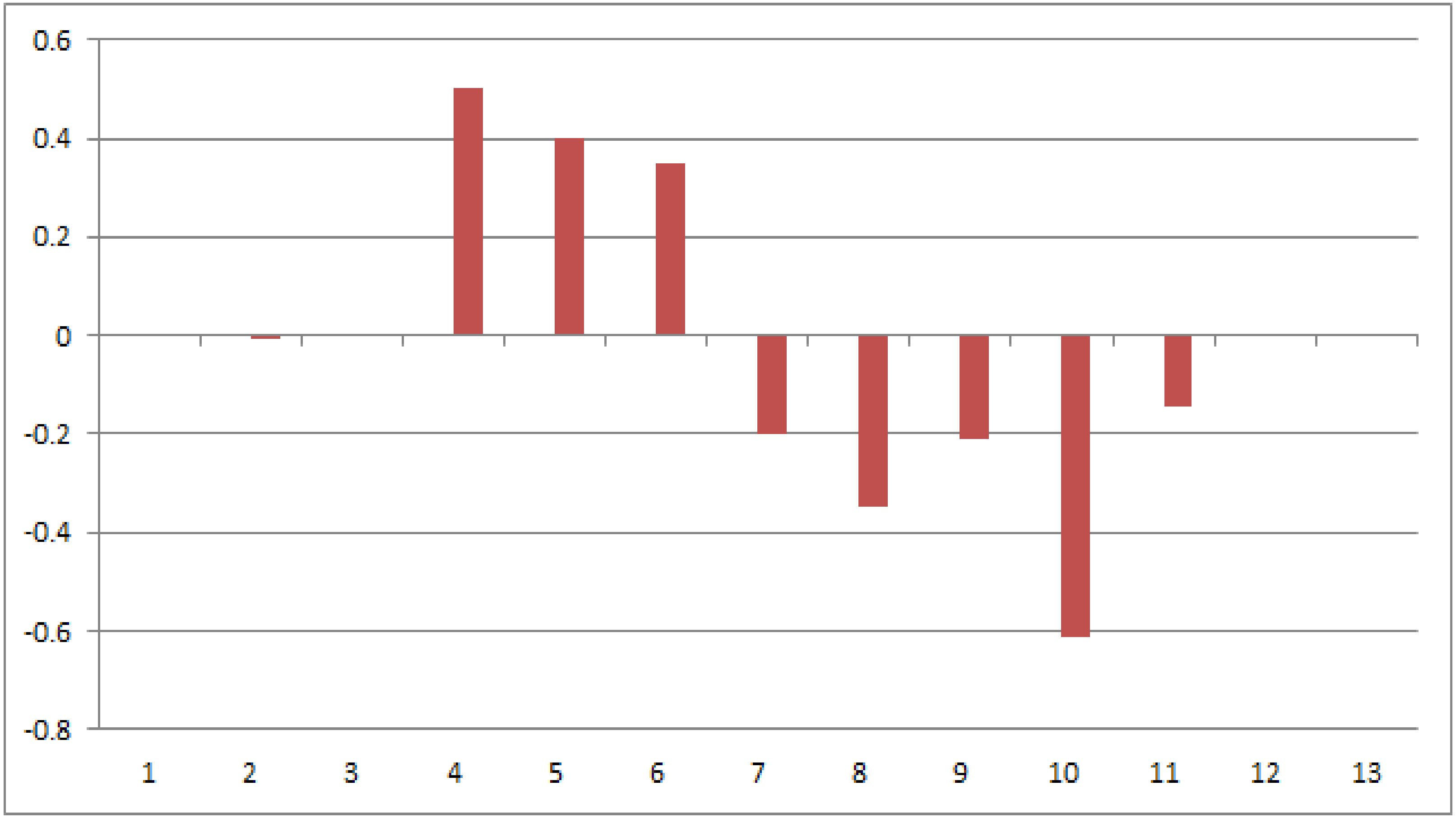
Es importante recordar que los KRDs, al igual que la DUR sólo tienen sentido en un horizonte instantáneo, pues no tienen en cuenta el retorno por flujos (cupones).

# MOVIMIENTOS EN LA CURVA DE RENDIMIENTOS

Además dentro de los movimientos anteriores, se puede considerar también el sentido de los movimientos de tasas.

- Bull steepening
- Bear steepening
- Bull flattening
- Bear flattening

# ¿QUÉ ANTICIPA EL PORTFOLIO MANAGER CON ESTE PERFIL DE BRECHAS DE KRDS?



# EJERCICIO

Proponer una estrategia con la base de datos disponible para cada una de las siguiente perspectivas:

- Perspectiva 1: Bull steepening en el sector 2-5
- Perspectiva 2: Bear steepening en el sector 1-4
- Perspectiva 3: Bull flattening en el sector 1-4
- Perspectiva 4: Bear flattening en el sector 2-7

# USO DE DERIVADOS

Incorporar contratos derivados en el portafolio modifica directamente el vector de sensibilidades. Si se incorpora un derivado lineal con valor 0 al inicio del contrato, el $\delta$ afectado por este contrato se modifica según la siguiente fórmula:

$$\delta_{p,1} = \delta_{p,0} + \left(\frac{Nominal\ contrato}{VM_{port}}\right)\delta_{contrato}$$

En el caso de derivados no lineales, como opciones, es necesario hacer un cálculo previo: delta 01, el cual tiene en cuenta el apalancamiento de este tipo de contrato y transforma el delta de la opción (calculado en base a cambios lineales) en uno que considera cambios porcentuales:

$$\delta_{01} = \frac{S \cdot \delta}{c}$$

# EJERCICIO

Utilizar opciones put ATM sobre el tipo de cambio GBPUSD para eliminar el riesgo cambiario de dicha moneda sobre el portafolio sin afectar los demás factores de riesgo.

# RIESGO DE MERCADO
## APLICACIONES EN MS EXCEL

Oscar Bendezú, CFA, FRM

Noviembre 2020