

Elaboración de un dashboard en Python para la simulación de acciones, valoración de opciones y medición de riesgos con modelos estocásticos

Pablo Marchesi Selma

27 de Junio de 2024

Tutores:

Dr. Juan Carlos Cortés López

Dr. Rafael Jacinto Villanueva Micó

Objetivo del Trabajo

Desarrollar un dashboard en Python en el que se incluyan 3 modelos financieros para la toma de decisiones de inversión:

- 1 Simulación de acciones cotizadas
- 2 Medición del riesgo de mercado (modelo VaR)
- 3 Valoración de opciones financieras

Para ello haremos uso de los **procesos estocásticos**.

Siendo el modelo simulación el aspecto más crítico, ya que, los otros dos modelos se construyen a partir de este.

Pasos a seguir para la elaboración del dashboard:

- 1 Elegir un modelo estocástico adecuado para la simulación de acciones.
- 2 Estimar los parámetros del modelo a partir de datos históricos.
- 3 Simular escenarios futuros para hacer predicciones (**modelo 1**).
- 4 Crear un modelo de riesgos a partir de las simulaciones (**modelo 2**).
- 5 Crear un modelo de valoración de opciones a partir de las simulaciones (**modelo 3**).
- 6 Implementar los modelos en el dashboard.
- 7 Variar los datos de entrada para considerar diferentes escenarios.

Definición: Proceso Estocástico

Un proceso estocástico es una colección de variables aleatorias X_t , indexadas según el tiempo $t \geq 0$. De forma intuitiva, se puede entender un proceso estocástico como una variable aleatoria que fluctúa en función del tiempo.

Procesos Estocásticos

Usaremos los procesos estocásticos para modelar las acciones porque reflejan muy bien su **carácter aleatorio**.



Figura: Cotización de Microsoft (MSFT)

Procesos Estocásticos

Los procesos estocásticos son aleatorios y pueden tomar trayectorias distintas con cada simulación. Es necesario simular un numero elevado de casos para garantizar la precisión de los modelos.

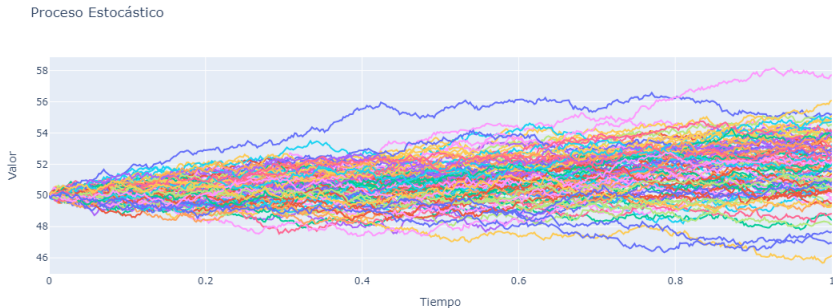


Figura: Simulación de un proceso estocástico

Simulación: Elección del Modelo

Para simular acciones cotizadas, necesitamos elegir un modelo estocástico adecuado. En concreto, buscaremos que:

- Se pueda obtener a partir de los datos pasados de las acciones.
- Permita simular escenarios futuros para hacer predicciones.
- Refleje correctamente el carácter aleatorio de los activos cotizados.
- Incluya *saltos* o variaciones bruscas en el precio de las acciones.

Los saltos en la cotización de las acciones se pueden deber a muchos factores como noticias inesperadas, catástrofes naturales, un crash bursátil... Estos eventos son muy relevantes y hemos de incluirlos en nuestro modelo.

Simulación: Proceso de Salto-Difusión

Para la simulación hemos elegido un modelo llamado **Proceso de Salto-Difusión** (SD), que nos permite caracterizar el comportamiento de las acciones.

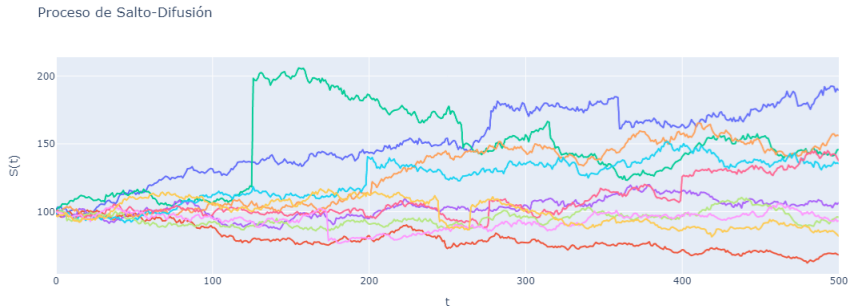


Figura: Simulación de un proceso de Salto-Difusión

Simulación: Proceso de Salto-Difusión

El Proceso de Salto-Difusión, es una variante del Movimiento Browniano Geométrico (MBG) y tiene la siguiente ecuación:

$$dS_t = \underbrace{S_t \mu dt + S_t \sigma dW_t}_{\text{Difusión}} + \underbrace{S_t (Q_t - 1) dJ_t}_{\text{Salto}} \quad (1)$$

Podemos identificar dos términos:

- **Difusión:** es un MBG, simula el comportamiento aleatorio de las acciones.
- **Salto:** añade saltos de tamaño variable que ocurren con cierta periodicidad.

Para más información sobre el MBG, consultar la memoria (pág.16 - pág.19).

Simulación: Estimación de Parámetros

Este modelo tiene cinco parámetros que hemos de estimar a partir de los **log-retornos** de la acción que queramos modelar:

- μ : tasa de retorno de la acción
- σ : volatilidad de la acción ($\sigma > 0$)
- λ : frecuencia de ocurrencia de los saltos ($\lambda > 0$)
- μ_J : media de los saltos
- σ_J : desviación estándar de los saltos ($\sigma_J > 0$)

Usaremos dos métodos:

- 1 Método de Momentos Estadísticos (MME): estimación inicial
- 2 Método de Máxima Verosimilitud (MMV): resultado más preciso

Más información sobre estos métodos en la memoria (pág.24 - pág.26).

Simulación: Resultado Final

Ejemplo de uso: La acción de Tesla cotiza a 200\$ en el día de hoy. Según el modelo, en los próximos 30 días el precio de la acción estará entre 80\$ y 400\$, aunque lo más probable es que se sitúe en un valor intermedio.

Simulación de los precios futuros de TSLA

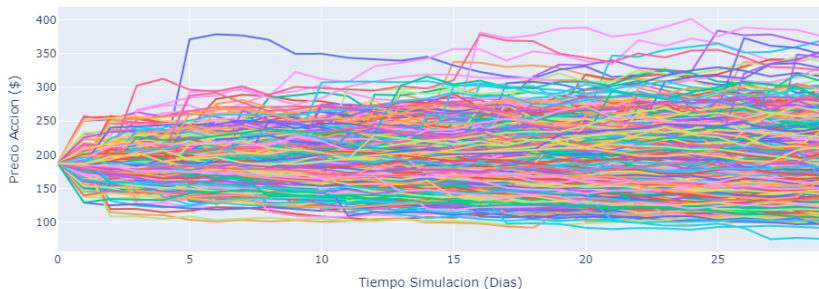


Figura: Simulación de la acción de Tesla

Riesgo de Mercado: Value at Risk

La segunda aplicación de los procesos estocásticos que vamos a estudiar es la medición de riesgos de mercado mediante el modelo **Value at Risk (VAR)**.

Definición: Value at Risk

El modelo VaR cuantifica la pérdida máxima esperada de un activo en un horizonte de tiempo determinado y con un nivel de confianza dado.

El VaR responde a la pregunta: "**¿Cuál es la pérdida máxima que podría sufrir un activo en T días con una probabilidad del $P\%$?**"

Los pasos para calcular el VaR son los siguientes:

- 1 Simulación del activo para T días, con un número elevado de realizaciones (por ejemplo 100.000).
- 2 Cálculo de los retornos en el instante final a partir de las diferentes cotizaciones en ese momento, S_T :

$$R_T = \frac{S_T - S_0}{S_0}$$

- 3 Cálculo del percentil correspondiente al nivel de confianza deseado, denominado α , a partir de la distribución de los retornos R_T . Dicho valor del percentil es lo que se denomina *Value at Risk* o VaR.

Riesgo de Mercado: Value at Risk

Ejemplo de uso: Según el modelo VaR, existe un 95 % de probabilidades de que perdamos menos de un 29.91 % invirtiendo en la acción (o un 5 % de perder más que esta cifra), en los próximos 30 días.

VaR a 30 días con un nivel de confianza del 95.00%: -29.91%



Figura: Resultado final del modelo VaR

La última aplicación de los procesos estocásticos que veremos será la **valoración de opciones**.

Definición: Opción Financiera

Contrato derivado que otorga el derecho (pero no la obligación) de comprar o vender un activo con cierto riesgo a un precio fijo preestablecido (strike) dentro de un período especificado (vencimiento).

El precio de una opción $V(S, t)$ depende del precio del activo subyacente y del tiempo hasta el vencimiento. Nuestro objetivo será calcular la **prima** o el precio de venta de la opción $V(S_0, 0)$.

Valoración: Opciones Financieras

La función que define el beneficio o pérdida de un contrato de opciones se denomina **payoff**.



Figura: Payoff de una opción call al vencimiento

Para calcular el precio de la opción haremos lo siguiente:

- 1 Definimos el strike, K , el vencimiento, T , la tasa libre de riesgo, r .
- 2 Simulamos precios futuros del activo subyacente S_t .
- 3 Calculamos el payoff de la opción al vencimiento para cada simulación.
- 4 Calculamos el valor presente de los payoffs esperados.

Resumiendo, podemos calcular la prima con la siguiente expresión:

$$V(S_0, 0) = e^{-rT} \mathbb{E}[V(S_T, T)] \quad (2)$$

Valoración: Opciones Financieras

Ejemplo de uso: El modelo de valoración muestra lo que nos costaría adquirir una opción put sobre Tesla (con vencimiento en 30 días) para diferentes stikes. Por ejemplo, una opción put con strike en 160\$ vale 5\$.

Precio de una opción put sobre TSLA con vencimiento en 30 días

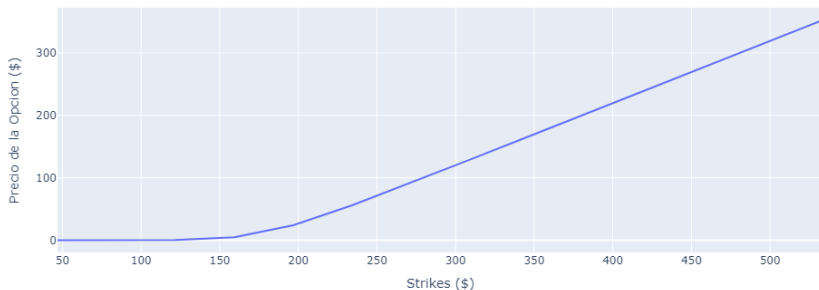


Figura: Resultado final modelo de valoración

Tras desarrollar los tres modelos, los implementaremos en un dashboard:

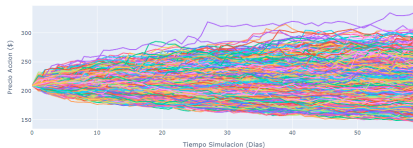
Dashboard de Simulación, Riesgos y Valoración de Opciones

Ticker: AAPL | Dias: 60 | Trayectorias: 8000 | Opción: call | Tipo de Interés: 0.05 | Nivel de Confianza: 0.95 | **Simular**

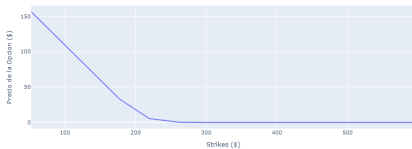
Cotización de AAPL



Simulación de los precios futuros de AAPL



Precio de una opción call sobre AAPL con vencimiento en 60 días



VaR a 60 días con un nivel de confianza del 95.00%: -15.88%

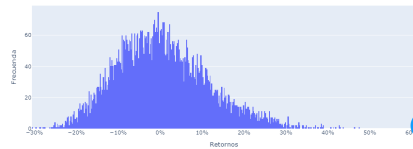
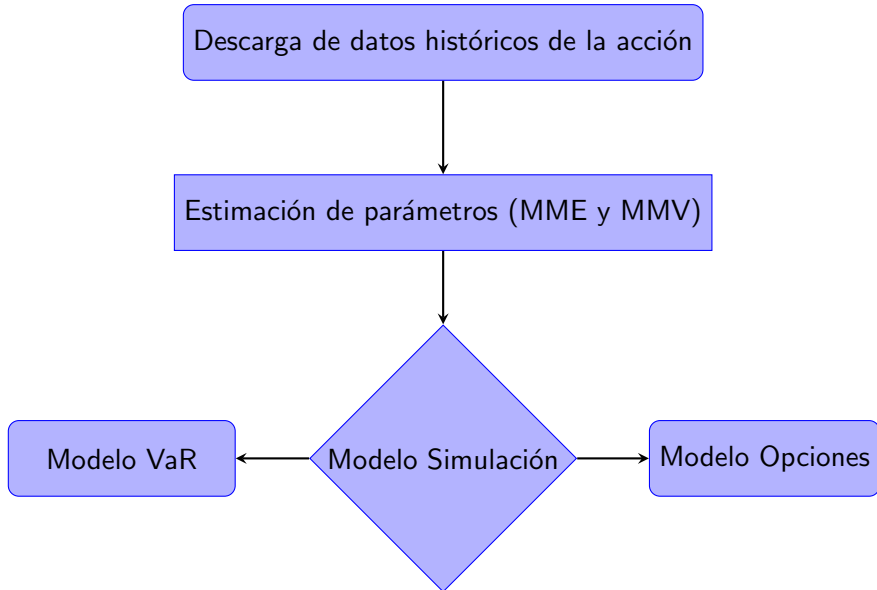


Figura: Resultado final

Dashboard: Diagrama de Flujo



Dashboard de Simulación, Riesgos y Valoración de Opciones

Ticker: Dias: Trayectorias: Opción: Tipo de Interés: Nivel de Confianza:

Figura: Inputs del dashboard

- **Ticker:** abreviatura que representa una acción específica en la bolsa.
- **Días:** número de días que dura la simulación.
- **Trayectorias:** número de realizaciones de la simulación.
- **Opción:** tipo de opción, call o put.
- **Tipo de Interés:** tasa de descuento para calcular la prima de las opciones.
- **Nivel de Confianza:** Probabilidad de que las pérdidas no superen el VaR calculado.

Para programar el dashboard hemos hecho uso de las siguientes librerías de Python:

- 1 *yfinance*: extracción de los datos de las cotizaciones.
- 2 *plotly*: creación de los gráficos de los modelos.
- 3 *dash*: configuración y puesta en marcha del dashboard.
- 4 *numpy* y *scipy*: para los cálculos y la optimización.

A continuación, haremos una demostración práctica del uso del dashboard.

Hemos desarrollado tres modelos financieros con técnicas estocásticas:

- 1 Simulación de acciones cotizadas
- 2 Medición del riesgo de mercado (modelo VaR)
- 3 Valoración de opciones financieras

Los hemos implementado en un dashboard programado con Python.

Elaboración de un dashboard en Python para la simulación de acciones, valoración de opciones y medición de riesgos con modelos estocásticos

Pablo Marchesi Selma

27 de Junio de 2024

Tutores:

Dr. Juan Carlos Cortés López

Dr. Rafael Jacinto Villanueva Micó