

**Erik Mackie Sanz**

**Modelización estocástica de la cotización bursátil de Repsol basada en simulaciones de Monte Carlo y escenarios macroeconómicos**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**Área temática: Mercados y activos financieros**

**Grado de Administración y Dirección de Empresas**



**FACULTAT D'ECONOMIA i EMPRESA  
Universitat Rovira i Virgili**

**Reus**

**Curso 2025-26**

## Índice

<b>1. Resumen.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Resum.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Abstract.....</b>	<b>2</b>
1.3. Presentación.....	2
1.4. Introducción.....	3
<b>2. Mercados financieros y conceptos básicos.....</b>	<b>5</b>
2.1. Acciones y rentabilidad: definición y tipos de rentabilidad.....	6
<b>3. La recta de regresión lineal.....</b>	<b>6</b>
3.1 Beta ( $\beta$ ).....	8
<b>4. Modelos de valoración de activos.....</b>	<b>8</b>
4.1. Riesgos principales en la valoración de activos.....	9
4.1.1. Riesgo sistemático.....	9
4.1.2. Riesgo específico.....	9
<b>5. CAPM (Capital Assets Pricing Model).....</b>	<b>10</b>
5.1. La Characteristic Line (CL).....	10
5.2. La Capital Market Line (CML).....	12
5.3. Security Market Line (SML).....	14
<b>6. Origen y aplicaciones del método de Monte Carlo en finanzas.....</b>	<b>16</b>
6.1. Definición de las variables del modelo.....	17
6.1.1. Retornos logarítmicos.....	17
6.1.2. Alpha y Beta.....	18
6.1.3. Sigma residual.....	18
6.2. Limitaciones del método Monte Carlo.....	19
<b>7. Justificación de la selección del caso de estudio.....</b>	<b>20</b>
<b>8. Selección de los datos y del período temporal de análisis.....</b>	<b>20</b>
8.1. Preparación de los datos.....	21
<b>9. Diseño del modelo de simulación en Excel.....</b>	<b>23</b>
9.1. Planteamiento del modelo de precio futuro.....	23
9.2. Cálculo de parámetros.....	24
9.2.1. Retornos logarítmicos.....	24
9.2.2. Alpha ( $\alpha$ ) y beta ( $\beta$ ).....	25
9.2.3. Residuo y $\sigma$ Residual.....	26
9.2.4. Promedio, $\sigma$ , % diario y volatilidad del Brent.....	28
<b>10. Correlación de Repsol y Brent.....</b>	<b>28</b>
<b>11. Interpretación del valor Beta y comparación sectorial.....</b>	<b>29</b>
<b>12. Simulación de Monte Carlo.....</b>	<b>32</b>
12.1. Construcción de trayectorias de precios simulados.....	35
12.2. Percentiles y otros parámetros estadísticos.....	37
12.3. Representación gráfica.....	39
<b>13. Análisis de los resultados.....</b>	<b>41</b>
<b>14. Comparación de Repsol con el IBEX 35.....</b>	<b>43</b>
<b>15. Predicción de Repsol para 2026.....</b>	<b>45</b>

15.1. Repsol - Brent para 2026.....	46
15.1.1. Análisis de los resultados para 2026.....	47
15.2. Repsol - IBEX 35 para 2026.....	49
<b>16. Implicaciones para un inversor en Repsol.....</b>	<b>52</b>
<b>17. Conclusiones.....</b>	<b>53</b>
<b>18. Bibliografía.....</b>	<b>54</b>

## Índice de gráficos

Gráfico 1: Correlación entre dos variables.....	7
Gráfico 2: Recta CL.....	11
Gráfico 3: Recta CML.....	13
Gráfico 4: Tipos de carteras de inversión.....	14
Gráfico 5: Recta SML.....	15
Gráfico 6: Relación de precios entre Repsol y Brent.....	39
Gráfico 7: Frecuencia de los precios finales de la simulación de Repsol y Brent para 2025.....	40
Gráfico 8: Gráfico spaghetti de la simulación de Repsol y Brent para 2025.....	41
Gráfico 9: Relación de precios entre Repsol e IBEX 35.....	43
Gráfico 10: Frecuencia de los precios finales de la simulación Repsol e IBEX 35 en 2025.....	44
Gráfico 11: Gráfico spaghetti de la simulación de Repsol e IBEX 35 para 2025.....	45
Gráfico 12: Frecuencia de los precios finales de la simulación Repsol y Brent para 2026.....	48
Gráfico 13: Gráfico spaghetti de la simulación de Repsol y Brent para 2026.....	49
Gráfico 14: Frecuencia de los precios finales de la simulación Repsol e IBEX 35 para 2026.....	50
Gráfico 15: Gráfico spaghetti de la simulación de Repsol e IBEX 35 para 2026.....	51

## Índice de tablas

Tabla 1: Evolución del precio histórico del Brent.....	21
Tabla 2: Fechas y cotizaciones bursátiles de Repsol y Brent.....	21
Tabla 3: Fórmula para alinear valores.....	22
Tabla 4: Valores alineados de Repsol y Brent para cada día bursátil.....	23
Tabla 5: Diseño de la simulación Monte Carlo.....	24
Tabla 6: Cálculo de los retornos logarítmicos.....	25
Tabla 7: Cálculo de Alpha.....	26
Tabla 8: Cálculo de Beta.....	26
Tabla 9: Cálculo del Residuo.....	27
Tabla 10: Cálculo de la $\sigma$ Residual.....	28
Tabla 11: Parámetros principales de la simulación.....	28
Tabla 12: Comparación sectorial con otras empresas influyentes con relación al Brent... 30	
Tabla 13: Cálculo del retorno simulado del Brent.....	32
Tabla 14: Cálculo del precio simulado del Brent.....	33
Tabla 15: Cálculo del Residuo simulado.....	34
Tabla 16: Cálculo del retorno simulado de Repsol.....	34
Tabla 17: Cálculo del precio simulado de Repsol.....	35
Tabla 18: Creación de las 100.000 simulaciones del precio de Repsol.....	36
Tabla 19: 100.000 simulaciones de Repsol congeladas.....	37
Tabla 20: Valores estadísticos de la simulación Repsol y Brent para 2025.....	38
Tabla 21: Valores estadísticos para la simulación Repsol e IBEX 35 para 2025.....	45
Tabla 22: Actualización parámetros principales de la simulación.....	46
Tabla 23: Valores estadísticos de la simulación Repsol y Brent para 2026.....	47
Tabla 24: Valores estadísticos de la simulación Repsol e IBEX 35 para 2026.....	50

# **Modelización estocástica de la cotización bursátil de Repsol basada en simulaciones de Monte Carlo y escenarios macroeconómicos.**

## **1. Resumen**

Este trabajo tiene como objetivo principal analizar la utilidad del método de Monte Carlo como herramienta cuantitativa para la predicción de la evolución futura de la cotización bursátil de Repsol, siendo sometido a factores macroeconómicos adversos, como un aumento del precio del petróleo crudo, mediante el índice más importante a nivel mundial, el Brent, el cual es utilizado como referencia principal de esta materia prima.

Para ello se realiza una explicación teórica de los mercados financieros, los modelos estadísticos aplicados a finanzas y sus variables, el origen y las aplicaciones del método de Monte Carlo y la justificación de la selección de la empresa analizada.

Esta teoría se aplicará para la creación del modelo de Monte Carlo, mediante Microsoft Excel, el cual tiene como objetivo facilitar la evaluación del riesgo, la volatilidad esperada y los posibles escenarios de rentabilidad asociados a Repsol según distintos efectos macroeconómicos, para así poder tomar decisiones más informadas a la hora de invertir en dicha empresa.

Palabras clave: Simulación de Monte Carlo, Repsol, Brent.

### **1.1. Resum**

Aquest treball té com a objectiu principal analitzar la utilitat del mètode de Monte Carlo com a eina quantitativa per a la predicció de l'evolució futura de la cotització borsària de Repsol, sent sotmès a factors macroeconòmics adversos, com un augment del preu del petroli cru, mitjançant l'índex més important a nivell mundial, el Brent, el qual és utilitzat com a referència principal d'aquesta matèria primera.

Per fer-ho, es realitza una explicació teòrica dels mercats financers, els models estadístics aplicats a finances i les seves variables, l'origen i les aplicacions del mètode de Monte Carlo i la justificació de la selecció de l'empresa analitzada.

Aquesta teoria s'aplicarà per a la creació del model de Monte Carlo, mitjançant Microsoft Excel, el qual té com a objectiu facilitar l'avaluació del risc, la volatilitat esperada i els possibles escenaris de rendibilitat associats a Repsol segons diferents efectes macroeconòmics, per poder prendre decisions més informades a l'hora d'invertir en aquesta empresa.

Paraules clau: Simulació de Monte Carlo, Repsol, Brent.

## **1.2. Abstract**

The primary objective of this study is to analyze the utility of the Monte Carlo method as a quantitative tool for forecasting the future trajectory of Repsol's share price, specifically when subjected to adverse macroeconomic factors, such as an increase in crude oil prices, measured by the world's leading benchmark index, Brent, which serves as the primary reference for this commodity.

To this end, the study provides a theoretical overview of financial markets, statistical models applied to finance and their associated variables, the origins and applications of the Monte Carlo method, and the rationale behind the selection of the company under analysis.

This theoretical framework will be applied to the development of the Monte Carlo model using Microsoft Excel. The aim of this model is to facilitate the assessment of risk, expected volatility, and potential profitability scenarios associated with Repsol under various macroeconomic conditions, thereby enabling more informed decision making when investing in the company.

Keywords: Monte Carlo simulation, Repsol, Brent.

## **1.3. Presentación**

La elección de centrar el trabajo en la creación del modelo estadístico Monte Carlo se debe a que siempre he tenido un gran interés en el mundo empresarial y más aún en el de las finanzas. Con 15 años empecé a invertir y a experimentar con diferentes acciones y criptomonedas. Para mi sorpresa, muchas de estas inversiones dieron resultados muy positivos, lo cual me incitó a estudiar más acerca del tema. Años más tarde, decidiría que este sería el camino que querría escoger, llevándome a estudiar la carrera de Administración y Dirección de Empresas.

Durante la carrera, este interés ha ido creciendo de manera exponencial mediante asignaturas relacionadas con las finanzas. Entre estas, las más importantes han sido las de Dirección Financiera, donde he aprendido métodos de valoración de acciones mediante diferentes métodos como el PER, Gordon Shapiro y CAPM, y, en los efectos del endeudamiento y estructura de capital. Todo ello resultando en un trabajo final de la asignatura donde analizamos toda la estructura económica de Acerinox, el cual me pareció muy interesante. Este trabajo, por lo tanto, está vinculado principalmente con esta asignatura y con las de estadística hechas a lo largo del curso.

En general, el haber cursado el grado me ha permitido disponer de una base sólida donde poder llevar a cabo todo el conocimiento adquirido en este ámbito para la elaboración de mi trabajo de fin de grado y para poder optar en un futuro a una formación más especializada en dicha área.

#### **1.4. Introducción**

En un contexto financiero marcado cada vez más por la incertidumbre, volatilidad y factores macroeconómicos mundiales, la predicción del comportamiento futuro de los precios de los activos financieros es una actividad indispensable para los inversores, analistas y responsables del mundo empresarial.

Ante esta realidad, surgen diferentes métodos y programas para intentar predecirlos de la manera más precisa posible. Uno de ellos es el conocido método de Monte Carlo, una herramienta cuantitativa adecuada para modelizar el comportamiento estocástico de los precios financieros. Este método simula decenas de miles de futuros escenarios posibles, permitiendo incorporar diferentes variables macroeconómicas las cuales afectan a la volatilidad de los activos analizados para

generar una distribución de resultados. La interpretación de dichos resultados será muy importante para tomar decisiones más informadas y precisas.

En este trabajo, se analizará a la empresa Repsol, una de las principales empresas energéticas de España y esencial en la economía de la provincia de Tarragona, ya que aporta miles de empleos y realiza grandes inversiones millonarias, como, por ejemplo, la construcción de la primera planta de polímeros de alta resistencia en la península ibérica con una inversión aproximada de 32 millones de euros (Repsol, S.A., s.f.).

Esta empresa, siendo una de las principales del IBEX 35, está influenciada con la evolución del precio del petróleo crudo, entre otros, ya que esta variable macroeconómica influye en sus ingresos y, por lo tanto, en su rentabilidad futura. Incrementos significantes en el precio del crudo suelen traducirse en mayores ingresos, pero también en un incremento de la volatilidad, ya que se sitúa en un período de incertidumbre.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es hacer frente a la incertidumbre mediante el método de Monte Carlo, intentando predecir y entender cómo su cotización bursátil puede verse afectada mediante diferentes factores macroeconómicos, para así poder hacer una estimación futura de su precio por acción.

El trabajo se estructura en primer lugar de un bloque teórico en el que se explica de manera detallada todos los conceptos teóricos necesarios para llevar a cabo el proyecto y, una parte práctica, donde mediante Excel se crea el modelo de Monte Carlo.

En esta parte práctica, se explica paso a paso cómo se han realizado todos los cálculos necesarios para la simulación, la interpretación de los resultados obtenidos y la conclusión sobre la viabilidad y utilidad de dicho método estadístico.

Las hipótesis son las siguientes:

**Hipótesis 1:** Se plantea como hipótesis cómo las variaciones en el precio del Brent influyen en la cotización bursátil de Repsol.

**Hipótesis 2:** Se plantea como hipótesis que el método de Monte Carlo estime de forma razonable la distribución futura sobre la cotización bursátil de Repsol.

Estas dos hipótesis se investigan a lo largo del marco práctico del trabajo, donde se han descrito los resultados obtenidos, la viabilidad del método Monte Carlo a la hora de predecir el precio futuro de un activo en base a otro y también las futuras áreas de exploración.

Este proyecto ha sido posible gracias a las fuentes de datos de Investing, las cuales han permitido obtener todos los precios diarios históricos necesarios de los activos que se han analizado a lo largo del trabajo para poder realizar la parte práctica.

## **Marco teórico**

### **2. Mercados financieros y conceptos básicos**

Los mercados financieros son mercados regulados donde las empresas, instituciones, gobiernos e inversores particulares compran y venden activos en plataformas electrónicas. Estas plataformas suelen ser brokers o entidades de crédito.

Generalmente son muy seguros, ya que están sujetos a estrictas normativas para evitar fraudes y mantener la privacidad de sus clientes. Los más conocidos en España son Interactive Brokers, Trade Republic y XTB.

Dentro de estos mercados, hay diferentes tipos de activos (Banco Santander, S.A., s.f.):

- **Bolsa de valores:** Compra y venta de acciones de empresas, como, por ejemplo, Apple. Es de renta variable, por lo que puede estar sujeto a alta volatilidad.
- **Mercado de divisas:** Compra y venta de divisas, dónde, entre otros, se puede hacer arbitraje, el cual consiste en comprar divisas a un tipo de cambio más barato que con otras y venderlas de manera casi inmediata, con un pequeño margen de beneficio.
- **Mercado de bonos:** Compra y venta de deuda pública y empresarial. Es el mercado más seguro, ya que es de renta fija, por lo que no está tan expuesto a la volatilidad de la renta variable, haciendo que su rentabilidad sea fija.

- **Mercado de materias primas:** Dónde se intercambian materias primas, ya sea el oro, plata y petróleo.
- **Mercado de derivados:** Negociación de contratos financieros, cuyo valor depende de un activo. Son contratos a corto plazo dónde los inversores pueden especular sobre precios futuros, mediante opciones, swaps, forwards y futuros. Es el mercado más arriesgado debido al apalancamiento y volatilidad que conlleva.

### 2.1. Acciones y rentabilidad: definición y tipos de rentabilidad

La rentabilidad de una acción es el beneficio potencial que se puede obtener a la hora de invertir el capital en una acción. Generalmente, cuanto mayor riesgo tenga una acción mayor rentabilidad exigirá el inversor y, cuanto menor sea, menor rentabilidad (Estela, 2025). Este concepto tiene nombre, la prima de riesgo y es que para que una inversión arriesgada sea atractiva, tiene que ofrecer una rentabilidad superior respecto a una inversión segura.

Dentro de la rentabilidad hay diferentes tipos, pero los que más destacan son los siguientes (Banco Santander, S.A., 2024).

- **Rentabilidad absoluta:** Rentabilidad obtenida con un activo en un período determinado, se puede expresar como valor monetario o porcentaje.
- **Rentabilidad relativa:** Parecida a la anterior, pero se compara con un punto de referencia, ya sea otra acción o índice bursátil.

### 3. La recta de regresión lineal

La regresión es un método estadístico que analiza la relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes. Su objetivo es intentar comprender cómo los cambios en las variables independientes se asocian con los cambios en la variable dependiente (Beers, 2026). La forma más común de esta técnica es la recta de regresión lineal y se calcula de la siguiente manera:

$$Y = a + bX + u$$

Donde:

$Y$  = La variable dependiente que se quiere predecir

$a$  = Altura en la que la recta corta al eje  $Y$

$b$  = La pendiente de la recta

$X$  = La variable independiente usada para explicar  $Y$

$u$  = Término de error (parte no explicada)

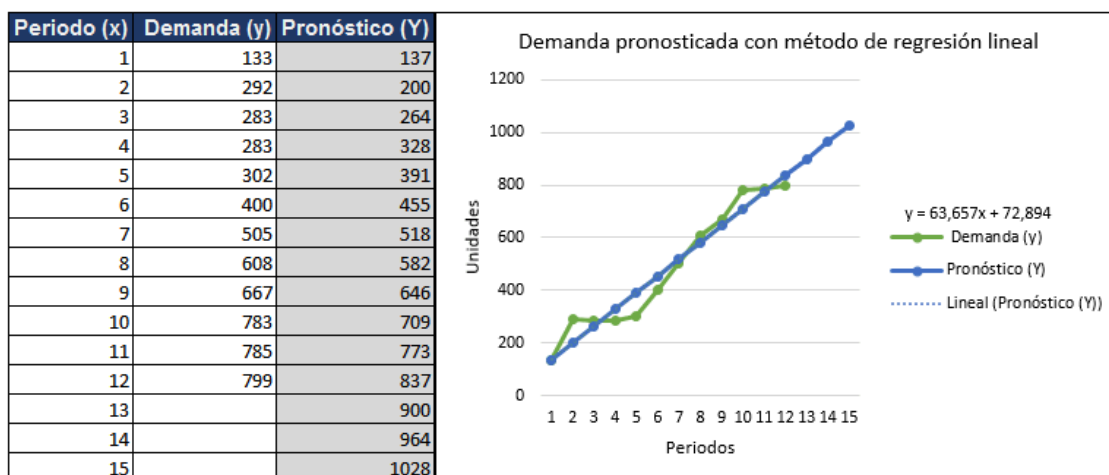
Por lo tanto, mediante esta fórmula se calcula la correlación entre las variables que se quieran analizar para ver si son significativas estadísticamente. Esta información será de utilidad a la hora de intentar predecir resultados según diferentes condiciones, como, por ejemplo, predecir las ventas de una empresa según el clima, ventas anteriores, etc. (Beers, 2026).

A través del coeficiente de correlación, se puede intuir la siguiente información (Betancourt, 2016).

- **Correlación perfecta:** El resultado de coeficiente es igual a 1 o -1 e indica que hay una relación directamente proporcional entre dos variables.
- **Correlación fuerte:** El resultado de coeficiente es superior a 0,5 e inferior a 1 (tratándose de una correlación positiva) o inferior a -0,5 y superior a -1 (correlación negativa).
- **Correlación débil:** Valores situados entre -0,5 y 0,5.

Por lo tanto, cuanto más cercano a 1 o -1 se encuentre el coeficiente de correlación, más fuerte será la tendencia y más apropiado será aplicar un modelo de regresión lineal (Betancourt, 2016).

**Gráfico 1:** Correlación entre dos variables



Fuente: Ingenio Empresa

Como resultado, se obtiene un gráfico, en este ejemplo, para hacer un pronóstico de las ventas de una empresa. Así pues, la correlación entre la demanda y lo pronosticado en los periodos anteriores (del periodo 1 hasta el periodo 12), da como resultado un coeficiente de correlación de  $r = 0,975$ , hecho que indica que ambas variables están fuertemente relacionadas.

### 3.1 Beta ( $\beta$ )

A continuación, un indicador mencionado en el apartado anterior y muy utilizado es Beta ( $\beta$ ). Éste mide la sensibilidad de una acción respecto a otra. Por ejemplo, si Beta es 1 y el mercado aumenta un 1%, muy probablemente el precio de la acción aumente al mismo ritmo, un 1% (Direcció Financera: Finançament, s.f.).

Si, por el contrario, Beta es 1,5, un aumento del mercado del 1% hará que el precio de la acción sea más sensible, aumentando un 1,5%.

Esta es su interpretación:

- $\beta < 1$ : Acciones menos volátiles que el mercado (defensivos)
- $\beta = 1$ : Acciones con volatilidad similar al mercado (neutrales)
- $\beta > 1$ : Acciones con mayor volatilidad que la del mercado (agresivos)

#### **4. Modelos de valoración de activos**

Los modelos de valoración de activos sirven para hacer una estimación sobre el valor futuro de un activo. Para calcular la rentabilidad esperada, un modelo fundamental es el CAPM, el cual permite calcular si una acción es rentable en función del riesgo que representa invertir en ella. Otros modelos también muy conocidos son el modelo de Flujo de Caja Descontado (DCF), el modelo de ingresos residuales (Residual Income) y la valoración por múltiplos (comparación relativa).

Por lo tanto, debido a que estos modelos son fundamentales a la hora de invertir en activos y tener una mayor comprensión sobre su valor y rendimiento, y, a que el principal modelo es el CAPM, el cual permite relacionar la rentabilidad de un activo con la rentabilidad del mercado, este está detallado en el apartado 5. CAPM (Capital Assets Pricing Model).

##### **4.1. Riesgos principales en la valoración de activos**

Para facilitar la lectura sobre los diferentes modelos de valoración de activos, es importante entender que el riesgo de un activo se divide en dos elementos: el riesgo sistemático y el riesgo específico. Estos están explicados a continuación.

###### **4.1.1. Riesgo sistemático**

El riesgo sistemático es el riesgo del mercado que se ve afectado por los diferentes eventos macroeconómicos. Dicho riesgo es impredecible e imposible de evitar. Algunos ejemplos son una subida o bajada del tipo de interés, recesiones, cambios regulatorios que afecten a toda la economía...

Por lo tanto, tener una cartera diversificada no reducirá el riesgo sistemático, ya que cualquier evento macroeconómico afectará en la totalidad al mercado. No obstante, es posible reducirlo a través del hedging (cobertura), que tiene como objetivo proteger el capital y minimizar riesgos mediante el uso de derivados financieros, como contratos de futuro (el cual fija precios de cara al futuro), también mediante las opciones, que otorgan el derecho de comprar o vender un activo, pero con una fecha de vencimiento

y, por último, los swaps, el cual son acuerdos entre dos agentes que se comprometen a intercambiar flujos de dinero futuros en una fecha en concreto con unas condiciones pactadas (Chen, 2025).

#### 4.1.2. Riesgo específico

El riesgo específico es el riesgo propio de un activo que proviene de factores propios de la empresa. A diferencia del riesgo sistemático, este no está influenciado por factores macroeconómicos, sino por las decisiones internas de la empresa.

Este riesgo se puede reducir mediante una cartera diversificada, tratándose de una estrategia de inversión que consiste en distribuir el capital en diferentes empresas de diferentes sectores y regiones geográficas. Algunos ejemplos de este riesgo pueden ser la gestión de la empresa, su cuenta de resultados, etc (Peiro Ucha, 2024).

### 5. CAPM (Capital Assets Pricing Model)

El modelo CAPM describe la relación entre el riesgo sistemático y el retorno esperado. Su fórmula es la siguiente (Kenton, 2026a):

$$ER_i = R_f + \beta_i (ER_m - R_f)$$

Donde:

$ER_i$  = Retorno esperado de las inversiones (Expected return)

$R_f$  = Tasa libre de riesgo (Risk-free rate)

$\beta_i$  = La Beta de la inversión

$(ER_m - R_f)$  = Prima de riesgo de mercado (Market Risk Premium)

Esta fórmula explica que el inversor aceptará el riesgo que conlleva invertir en una acción siempre que el retorno esperado de la misma sea como mínimo la del mercado sin riesgo (bonos, letras del estado...),  $R_f$ , más el riesgo de mercado,  $\beta_i (ER_m - R_f)$ , en la que Beta es el riesgo del activo multiplicado por la rentabilidad esperada del activo con riesgo en comparación con la del mercado sin riesgo.

Este modelo está compuesto por tres rectas: la Characteristic Line (CL), la Capital Market Line (CML) y la Securities Market Line (SML).

### 5.1. La Characteristic Line (CL)

La fórmula para calcular el riesgo total es la siguiente (Direcció Financera: Finançament, s.f.):

$$\sigma_i^2 = \beta_i^2 \sigma^2 + \sigma_{(\varepsilon_i)}^2$$

Donde:

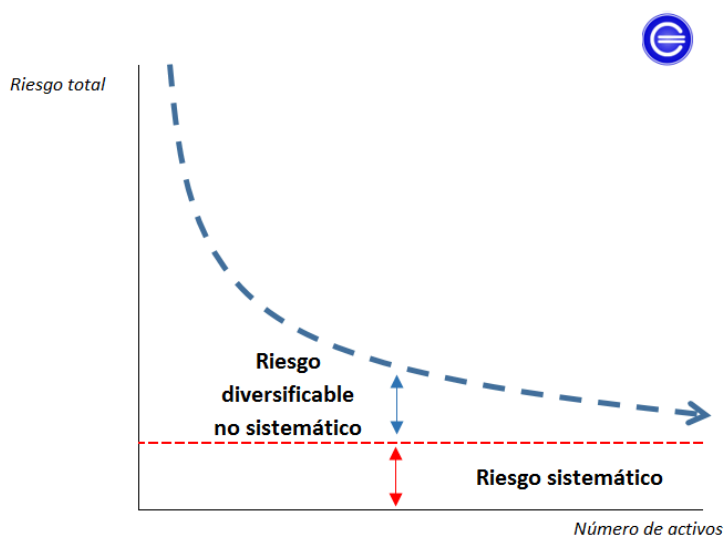
$\sigma_i^2$  = Riesgo total de una acción

$\beta_i^2 \sigma^2$  = Riesgo sistemático

$\sigma_{(\varepsilon_i)}^2$  = Riesgo específico

La multiplicación  $\beta_i^2 \sigma^2$  refleja la volatilidad de una acción durante el período de análisis explicado por la volatilidad del mercado (riesgo sistemático). Por otro lado,  $\sigma_{(\varepsilon_i)}^2$  es la variancia del error, la parte no explicada por el modelo que experimenta una volatilidad por causas únicamente atribuidas a la empresa de la acción (riesgo específico) (Direcció Financera: Finançament, s.f.).

**Gráfico 2:** Recta CL



Fuente: Economipedia

Seguidamente, a partir del gráfico 2, donde el eje Y representa el riesgo total de la cartera y el eje X el número total de activos, se puede intuir lo siguiente:

- Un número adecuado de activos es entre 10 y 20. Está demostrado que añadir más títulos con respecto al número adecuado no disminuye el riesgo total de la cartera (Peiro Ucha, 2024).
- Una cartera diversificada no reducirá el riesgo sistemático, ya que son eventos macroeconómicos que no dependen de las empresas. Es por eso por lo que, mediante el gráfico 2, está representado como un valor fijo.

Por último, a partir de esta fórmula se calcula la reducción del riesgo específico mediante la diversificación:

$$\sum_{i=1}^N x_i^2 \cdot \sigma_{\epsilon_i}^2 = N (1/N^2) \sigma^2 = (1/N) \sigma^2$$

Donde:

$x_i^2$  = Peso de la acción i en la cartera

$\sigma_{\epsilon_i}^2$  = La varianza del riesgo específico de la acción i

$N$  = Número de acciones

$\sigma^2$  = Riesgo específico total

En consecuencia, si se consideran las mismas varianzas de los errores para los títulos que integran la cartera  $\sigma_{\epsilon_i}^2 = \sigma^2$  (Direcció Financera: Finançament, s.f.), se llega a la conclusión de que el riesgo específico  $((1/N) \sigma^2)$  tiende a cero cuanto mayor sea el número de acciones (N), y de que este riesgo, llegado a un número de títulos entre 20 y 30, se considera suficiente para tener un valor muy cercano a 0, haciendo que no sea necesario diversificar más.

## 5.2. La Capital Market Line (CML)

Este modelo supone que el inversor maximiza el rendimiento de la cartera optimizando la relación entre riesgo y retorno (Ganti, 2026), por lo que se elimina en su totalidad el riesgo específico de las carteras y se invierte parte del presupuesto en títulos sin

riesgo ( $R_f$ , risk-free), mientras que la otra parte se invierte en una cartera de acciones, que, a efectos prácticos, es el IBEX 35 (Direcció Financera: Finançament, s.f.).

La fórmula para calcularlo es la siguiente:

$$E(R_p) = r_f + (E(R_I) - r_f) \cdot \beta_p$$

Donde:

$E(R_p)$  = Rentabilidad esperada de la cartera

$r_f$  = Tipo de interés sin riesgo de mercado (risk-free rate)

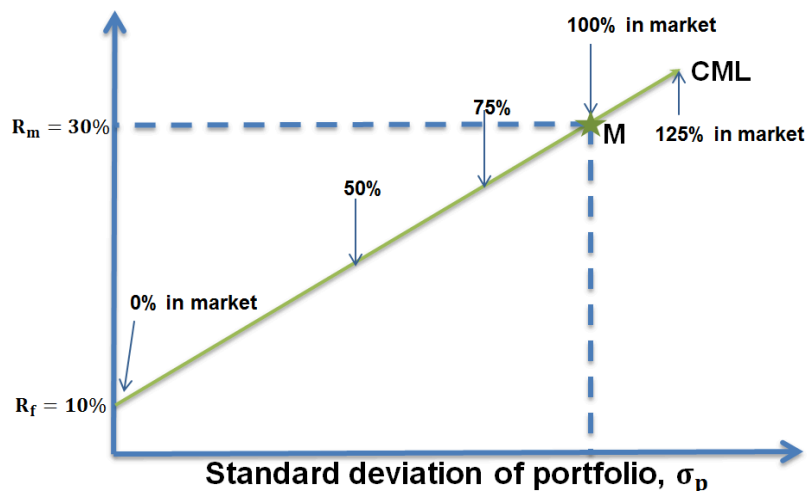
$E(R_I)$  = Rentabilidad esperada del índice

$(E(R_I) - r_f)$  = Prima de riesgo del mercado

$\beta_p$  = Beta de la cartera

El resultado de esta fórmula es relevante para determinar si la rentabilidad que ofrece una cartera está acorde con el riesgo que presenta.

**Gráfico 3:** Recta CML



Fuente: AnalystPrep

Acorde con el gráfico 3, donde el eje X representa el riesgo total de la cartera y el eje Y su rentabilidad esperada, un inversor con menor aversión al riesgo ascenderá en la recta CML, haciendo que la rentabilidad de su cartera aumente, a la vez que la volatilidad. En cambio, un inversor averso al riesgo seleccionará la cartera que tenga

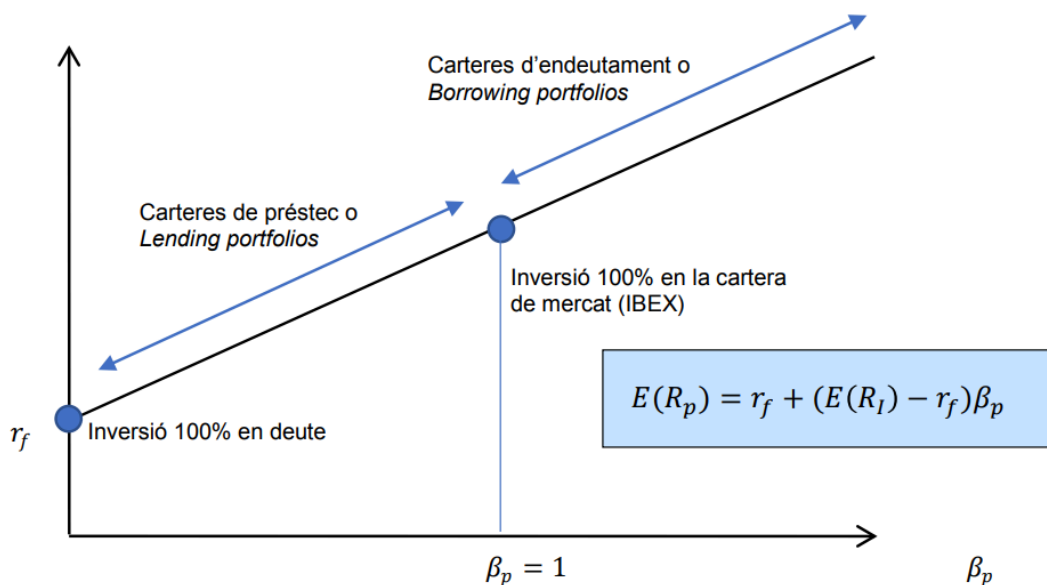
menor riesgo, la cual estará cercana al activo libre de riesgo ( $R_f$ ), resultando en menor volatilidad, pero también en menor rentabilidad (Ganti, 2026).

El punto de tangencia representa la cartera óptima de riesgo, conocida como cartera de mercado, donde el inversor dispone del 100% de su capital invertido. Valores superiores al punto M significa que el inversor invierte más del 100% de sus fondos disponibles, mediante endeudamiento. Por lo tanto, la CML muestra las tasas de rendimiento de una cartera específica en base al riesgo de dicha cartera (Ganti, 2026).

Por último, en el gráfico 4 se puede entender los diferentes métodos de inversión:

- $\beta_p = 0$ : Inversión 100% en deuda (bonos), por lo que no conlleva ningún riesgo.
- $0 < \beta_p < 1$ : Carteras de préstamo, combinación de inversión en deuda y en mercado (IBEX 35), poco riesgo.
- $\beta_p = 1$ : Inversión 100% en mercado, riesgo medio.
- $\beta_p > 1$ : Carteras de endeudamiento, inversión con apalancamiento, riesgo alto.

**Gráfico 4:** Tipos de carteras de inversión

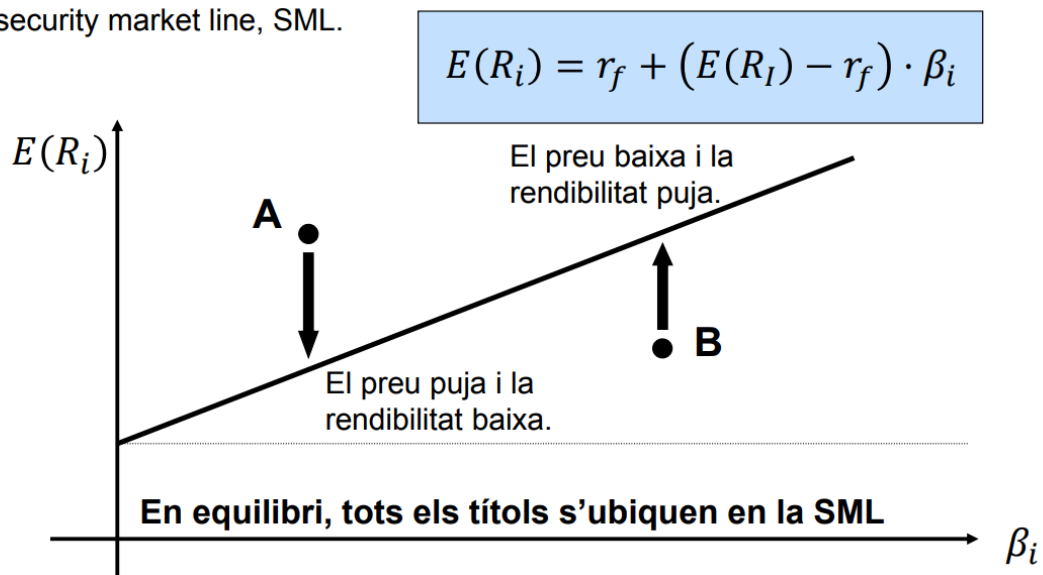


### 5.3. Security Market Line (SML)

A partir de la Security Market Line (SML), el cual calcula la rentabilidad esperada de una acción según su riesgo sistemático, se puede averiguar si un activo ofrece una rentabilidad adecuada según su nivel de riesgo (Kenton, 2025). Es similar a la fórmula anterior de la CML,  $E(R_p) = r_f + (E(R_I) - r_f) \cdot \beta_p$ , pero en lugar de  $\beta_p$ , que es la beta de la cartera, se sustituye por  $\beta_i$ , la beta de la acción. Por lo que la fórmula resultante es  $E(R_i) = r_f + (E(R_I) - r_f) \cdot \beta_i$ . Gráficamente se representa de la siguiente manera:

**Gráfico 5:** Recta SML

La security market line, SML.



Fuente: Direcció Financera: Finançament

Por lo tanto, acorde al gráfico 5, si al calcular el valor de la cartera se sitúa en el punto A, significa que la rentabilidad esperada de la cartera está por encima de lo habitual, por lo que se considera que está infravalorada ya que su precio no refleja su valor actual. Los inversores, entonces, la comprarán, resultando en un aumento de su precio y, en consecuencia, una disminución en su rentabilidad, haciendo que el punto A se sitúe en la recta SML. Esta recta, por cierto, se calcula usando la cartera de mercado, de riesgo neutro, la cual es el IBEX 35 en el caso de España.

Seguidamente, si el valor de la cartera se sitúa en el punto B, pasará el contrario, la cartera está sobrevalorada y como consecuencia, los inversores la venderán ya que ofrecerá poca rentabilidad esperada en comparación con su riesgo, resultando en una bajada de precio que a su vez incrementará su rentabilidad esperada, situándose en la recta SML.

Por último, el motivo de la elección del modelo CAPM y la recta de regresión lineal para la parte teórica de este trabajo se debe a que, mediante su lógica, permite calcular de manera cuantitativa la sensibilidad de Repsol frente a eventos macroeconómicos y su cotización bursátil futura incorporando dichos eventos.

## **6. Origen y aplicaciones del método de Monte Carlo en finanzas**

El origen del método de Monte Carlo se remonta en 1940 desarrollado por los matemáticos Stanislaw Ulam y John von Neumann en el laboratorio nacional de Los Álamos, en Estados Unidos (Grande Lamela, s.f.). Surgió como una necesidad de simular procesos estadísticos para recrear la difusión de neutrones, cuyo comportamiento es aleatorio, para así poder desarrollar una bomba atómica (Wikipedia, 2026a).

El nombre de Monte Carlo viene en referencia al casino de Monte Carlo, ubicado en Mónaco, ya que el modelo trata de predecir resultados de eventos inciertos mediante miles de simulaciones para así evaluar riesgos, permitiendo poder planificar y tomar decisiones informadas (Kenton, 2026b).

Sus aplicaciones en finanzas son muy variadas, pero las más comunes son (“Monte Carlo methods in finance”, 2026):

- Construcción de modelos financieros estocásticos para analizar las características del Valor Actual Neto (VAN).
- Valoración de acciones mediante la simulación de miles de trayectorias para hacer una proyección sobre su valor futuro. Esta es la aplicación que se está llevando a cabo en este trabajo.
- Valoración de instrumentos de renta fija y derivados de tipo de interés para simular el tipo de interés a corto plazo.
- Valoración de carteras y cálculo del Valor en Riesgo (VaR).

Por lo que, gracias al método de Monte Carlo, permite gestionar la incertidumbre, permitiendo modelar situaciones complejas y ofrecer un rango de resultados posibles, identificar la probabilidad de escenarios extremos y la correlación entre variables y

hacer simulaciones de escenarios complejos, facilitando y haciendo que la toma de decisiones en el ámbito financiero sea más acertada y previsible.

No obstante, hay que tener en cuenta que el modelo se basa en una estimación basada en supuestos y que por mucho que se intente predecir el valor futuro de un instrumento financiero, siempre será imposible predecir con certeza el futuro.

Por último, la selección y aplicación de este método para llevar a cabo la parte práctica del trabajo se debe a que, en comparación con otros modelos alternativos como modelos deterministas o proyecciones lineales simples, el método de Monte Carlo resulta más adecuado debido a que genera una distribución de los posibles resultados como consecuencia de realizar decenas de miles de simulaciones, mientras que, los otros métodos mencionados anteriormente, tienen como resultado un único valor, haciendo que no sea posible determinar los escenarios optimistas, centrales y pesimistas ni los percentiles.

## **6.1. Definición de las variables del modelo**

Para facilitar el entendimiento sobre cómo se ha calculado y realizado el método de Monte Carlo en el marco práctico, es importante entender la base matemática y estadística de dicho modelo.

La simulación requiere del cálculo de los retornos logarítmicos de los activos analizados, su residuo, beta, alpha y sigma residual, principalmente. Para una mejor comprensión sobre la simulación de Monte Carlo y sus variables, los siguientes recursos, los cuales se encuentran en la bibliografía, facilitaron la interpretación y realización del proyecto: (Verschuuren, 2016), (Macarty, 2013, Macarty, 2026).

### **6.1.1. Retornos logarítmicos**

Mediante retornos logarítmicos se calculan las diferencias de precio diario de cierre de las acciones analizadas, por los siguientes motivos:

- Son aditivos en el tiempo, lo que permite sumar retornos diarios para obtener su retorno anual.
- Normalización, lo que facilita evaluar las variables con una métrica comparable, haciendo que las relaciones analíticas entre dos o más variables sean evaluadas a pesar de provenir de series de precios con valores diferentes.

Su fórmula es la siguiente:

$$r_t = \ln(P_t / P_{t-1})$$

Dónde:

$r_t$  = Retorno logarítmico en el período t

$\ln$  = Logaritmo natural

$P_t$  = Precio actual de la acción

$P_{t-1}$  = Precio anterior de la acción

Como resultado, se obtiene la variación diaria de los activos analizados en este trabajo, los cuales son necesarios para proceder con las siguientes variables.

### 6.1.2. Alpha y Beta

Mediante alpha, se calcula la parte del rendimiento de la acción que no queda explicada de manera directa por las variaciones del Brent. De esta manera, es el valor esperado del retorno de Repsol cuando el retorno del Brent es cero.

Su fórmula está compuesta por la recta de regresión lineal,  $y = \alpha + \beta x + \varepsilon$ , por lo que  $\beta x$  refleja el efecto de la combinación de activos analizados que afectan a Repsol, la cual explica su sensibilidad ante los movimientos de los activos, mientras que alpha representa la parte autónoma de Repsol, cuyo valor es constante.

### 6.1.3. Sigma residual

El residuo es la parte del retorno de Repsol no explicada por el modelo. Su fórmula es la siguiente:

$$\varepsilon_t = r_{Rep,t} - (\alpha + \beta r_{Brent,t})$$

Donde:

$\varepsilon_t$  = Residuo no explicado por el modelo

$r_{Rep,t}$  = Retorno logarítmico real de Repsol

$\alpha$  = Variable constante

$\beta r_{Brent,t}$  = Parte explicada por el activo

Por lo tanto, una vez obtenido el residuo se calcula su sigma ( $\sigma$ ), la cual es esencial para determinar cuánto varía en promedio. La sigma residual, permite cuantificar la variabilidad que no depende del activo, haciendo que el modelo sea más realista.

## 6.2. Limitaciones del método Monte Carlo

El método de Monte Carlo es muy práctico para medir y gestionar el riesgo de un activo mediante su modelización estocástica, permitiendo entender el rango de posibles resultados del precio por acción futuro del activo con sus probabilidades respectivas y su riesgo de inversión.

No obstante, el modelo está limitado debido a que asume que los retornos siguen una distribución normal, lo que significa que los resultados del modelo se agrupan en su mayoría en torno al valor promedio, y los rendimientos extremos, que son valores muy altos o bajos, son poco frecuentes.

Como resultado, la simulación no tiene en cuenta que los retornos suelen presentar colas gruesas (mayor probabilidad de que surja un evento extremo de lo que predice el modelo), constituyendo en un enfoque simplificado de los mercados financieros. Esto en consecuencia puede resultar en que el modelo infravalore la probabilidad de que el precio del activo disminuya o aumente de forma intensa en poco tiempo.

Otra limitación importante es que el modelo no incorpora shocks externos ni eventos imprevisibles, debido a que depende de suposiciones previas y distribuciones de probabilidad basadas en datos históricos. Como resultado, eventos macroeconómicos como, por ejemplo, la actual guerra de Estados Unidos e Irán o la guerra de Ucrania y

Rusia, no pueden ser precedidos por el método de Monte Carlo ya que no están incluidos en los datos históricos o no se pueden anticipar de manera correcta.

En conclusión, la interpretación de los resultados del modelo de Monte Carlo no está enfocada en obtener un valor final exacto, sino en una distribución de probabilidades con su respectivo rango de posibles escenarios y las probabilidades de que sucedan.

## **7. Justificación de la selección del caso de estudio**

Repsol es una multinacional energética y petroquímica española fundada en 1987, la cual comercializa derivados del petróleo, gas y electricidad. Es una empresa muy importante para la economía Tarraconense ya que allí se sitúa el centro petroquímico más importante de España, dando lugar a muchos puestos de trabajo (“Repsol”, 2026).

Además, es una de las empresas principales del IBEX 35, por lo que su importancia no solo en la industria petrolera sino también en la industria española la convierte en una empresa de referencia para analizarla.

Finalmente, debido a que pertenece a un sector especialmente sensible a factores macroeconómicos, el cual está influenciado por variables como el precio del petróleo crudo y las tensiones geopolíticas, hace que sea muy interesante poder entender e intentar predecir cómo estos factores afectan a su cotización bursátil.

## **MARCO PRÁCTICO**

### **8. Selección de los datos y del período temporal de análisis**

Para llevar a cabo la simulación, es necesario descargar los precios de cierre diarios de los activos durante un largo período. Cuanta más información mejor, pues el modelo será más preciso y realista.

Es por ello que se han descargado los precios de cierre diario de Repsol y del Brent durante los últimos 15 años, desde el 1 de enero 2010 hasta el 31 de diciembre de 2025 en Investing para así partir de una base sólida, aunque no obstante, se utilizarán

hasta el 31/12/2024, ya que el objetivo es predecir el precio para el 31/12/2025 y compararlo con el valor de cotización real de esa misma fecha. Investing.com (s.f.-a, s.f.-b).

**Tabla 1:** Evolución del precio histórico del Brent

**Datos históricos Petróleo Brent** ⓘ

Plazo

Diario ↓ Descargar 01.01.2010 - 31.12.2024 📅

Fecha ▼	Último ▼	Apertura ▼	Máximo ▼	Mínimo ▼	Vol. ▼	% var. ▼
04.01.2010	80,12	78,49	80,48	78,34	122,64K	+2.81%
05.01.2010	80,59	80,29	80,84	79,75	131,75K	+0.59%
06.01.2010	81,89	80,38	82,21	79,77	157,87K	+1.61%
07.01.2010	81,51	82,00	82,05	81,05	131,28K	-0.46%

Fuente: Investing.com

La tabla 1 permite visualizar la obtención de los datos. Buscando en internet histograma del precio de cierre diario del activo que se quiera analizar, aparece en primer lugar esta página web. Así pues, se filtran las fechas que se deseen obtener y se descargan, dando lugar a un archivo csv el cual se puede importar a Excel.

**8.1. Preparación de los datos**

Para comparar los precios de Repsol con el Brent, se importan los dos archivos csv de los activos al Excel, en el que dará lugar a dos pestañas, una para cada activo, donde aparece toda la información respecto a las fechas de apertura, el precio de apertura y cierre, precio mínimo y máximo, variación en porcentaje y el volumen de transacciones de cada activo.

**Tabla 2:** Fechas y cotizaciones bursátiles de Repsol y Brent

Fecha Repsol	Último Precio Repsol	Fecha Brent	Último Precio Brent
04.01.2010	11,963	05.01.2010	80,59
05.01.2010	11,998	06.01.2010	81,89
06.01.2010	11,944	07.01.2010	81,51
07.01.2010	11,95	08.01.2010	81,37
08.01.2010	11,938	11.01.2010	80,97
11.01.2010	11,976	12.01.2010	79,3
12.01.2010	11,862	13.01.2010	78,31
13.01.2010	11,817	14.01.2010	77,82

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel con datos de Investing.com

Ya con los datos agrupados junto con los de Repsol se presenta un problema. Los días en los que Repsol ha cotizado en bolsa no son los mismos que los del Brent, ya que cada uno, según el mercado en el que cotice, tiene diferentes horarios de mercado y días laborales.

Para esto, la solución es crear una columna adicional, llamada Brent alineada con Repsol. En esta columna, se le añade el comando:

`=BUSCARX(A3; $C$2:$C$4149;$D$2:$D$4149; 0)`

Este se encarga de buscar un valor de una columna que coincida con la otra seleccionada. A continuación, en esta captura se detalla visualmente su aplicación.

**Tabla 3:** Fórmula para alinear valores

Fecha Repsol	Último Precio Repsol	Fecha Brent	Último Precio Brent	Brent alineado con Repsol
04.01.2010	11,963	05.01.2010	80,59	=BUSCARX(A3; \$C\$2:\$C\$4149;\$D\$2:\$D\$4149; 0)
05.01.2010	11,998	06.01.2010	81,89	80,59
06.01.2010	11,944	07.01.2010	81,51	81,89
07.01.2010	11,95	08.01.2010	81,37	81,51
08.01.2010	11,938	11.01.2010	80,97	81,37
11.01.2010	11,976	12.01.2010	79,3	80,97
12.01.2010	11,862	13.01.2010	78,31	79,3
13.01.2010	11,817	14.01.2010	77,82	78,31

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel con datos de Investing.com

Después de escribir el comando =BUSCARX, se selecciona el valor que se quiera buscar en la otra columna, en este caso son las fechas de Repsol (columna A).

Seguidamente, se selecciona la columna cuya fecha ha de coincidir, la de Brent (columna C), y, finalmente, el valor que debe encontrar según la fecha de Brent

(columna D). En caso de no encontrar un valor que coincida, hecho que se debe a que Repsol ha cotizado en ese día pero el Brent no, dará como resultado 0.

Después, con la función de filtro, se ocultan los valores que den 0, dejando los precios de cierre de mercado diarios de ambos activos según la misma fecha de cotización.

Finalmente, se copian las columnas "Fecha", "Último Precio Repsol" y "Brent alineado con Repsol" y se pegan juntos para que queden ordenados y así evitar confusiones.

**Tabla 4:** Valores alineados de Repsol y Brent para cada día bursátil

Fecha	Último Precio Repsol	Brent Aligned with Repsol
04.01.2010	11,963	80,12
05.01.2010	11,998	80,59
06.01.2010	11,944	81,89
07.01.2010	11,95	81,51
08.01.2010	11,938	81,37
11.01.2010	11,976	80,97
12.01.2010	11,862	79,3
13.01.2010	11,817	78,31

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

## 9. Diseño del modelo de simulación en Excel

El Excel consistirá en las siguientes partes:

- **Datos históricos:** Una hoja para cada activo, donde aparece toda la información diaria de su cotización. Esto incluye la fecha, el último precio del activo, el precio de apertura de mercado, el valor máximo y mínimo del día, el volumen de comercialización y su variación en porcentaje.
- **Data:** En esta hoja es dónde se realizan todos los cálculos. Aquí se ubican los retornos logarítmicos diarios de cada activo, el valor residual diario, la beta, alpha, sigma y otros valores, los cuales serán esenciales para realizar la simulación de Monte Carlo. Dicha simulación también se ubica en esta hoja.
- **Simulación:** Aquí se obtiene el resultado final de la simulación y sus respectivos percentiles.

- **Gráficos y Datos gráfico spaghetti:** En estas dos hojas se representan de manera visual tanto la estimación de precios según percentiles y la correlación entre los diferentes activos como la evolución diaria de los precios simulados.

## 9.1. Planteamiento del modelo de precio futuro

El modelo, a partir de los parámetros que se calculan en el siguiente apartado 9.2 Cálculo de parámetros, consiste en la creación de una tabla en la que hay 252 filas, las cuales representan los días hábiles (lunes a viernes) de un año.

**Tabla 5:** Diseño de la simulación Monte Carlo

Días	Brent simulacion retorno	Brent simulacion precio	Residuo simulado	Repsol simulacion retorno	Repsol simulacion precio
0	0	74,640	0	0	11,690
1	0,001907962	74,78254622	-0,034387644	-0,033603893	11,30369747
2	-0,032363467	72,40106809	-0,005317605	-0,017999566	11,102056
3	-0,023696941	70,70555288	0,013454229	0,004177464	11,14853144
4	-0,000417122	70,67606616	-0,018336649	-0,018466455	10,94454681
5	-0,002224557	70,51901797	-0,004219235	-0,005059207	10,88931591
6	-0,040667556	67,70871326	0,014355595	-0,001589157	10,87202482
7	0,025880371	69,48391217	-0,000435339	0,009767499	10,97873763
8	-0,033785283	67,17559172	0,003996304	-0,009244308	10,87771445
9	-0,010843765	66,45109065	0,030032004	0,025805428	11,16207173

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

Seguidamente, se simula el retorno del Brent y Repsol, los cuales serán imprescindibles a la hora de simular los precios de ambos activos. No obstante, en los cálculos de Repsol, se añade la variante Brent, ya que se quiere analizar como la variación en los precios del Brent afectan a los precios de Repsol. Los cálculos correspondientes se detallarán en el apartado 12. Simulación de Monte Carlo.

Entonces, en el día 252 de la columna “Repsol simulación precio” se encuentra el precio por acción futuro para el año 2025, ya que se parte del último día de 2024 y la simulación representa un año entero de los días hábiles. Este valor se simula 100.000 veces para hacer una estimación mediante los percentiles.

## 9.2. Cálculo de parámetros

A partir de los datos históricos de las cotizaciones de Repsol y Brent, se calculan los parámetros que serán necesarios para llevar a cabo la simulación. Parámetros los cuales ya han sido detallados en el marco teórico y que, ahora, se ponen en práctica y

se explican de manera precisa para entender cómo se ha procedido con el apartado práctico.

### 9.2.1. Retornos logarítmicos

Mediante logaritmos se calcula la variación del precio diario de cierre de Repsol y del Brent respecto al día anterior.

**Tabla 6:** Cálculo de los retornos logarítmicos

Fecha	Último Precio Repsol	Brent Aligned with Repsol	Rep log return
04.01.2010	11,963	80,12	
05.01.2010	11,998	80,59	=LN(14/13)
06.01.2010	11,944	81,89	-0,004510909
07.01.2010	11,95	81,51	0,000502218
08.01.2010	11,938	81,37	-0,001004689

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

Como se puede observar en la tabla 6, mediante la siguiente fórmula:

$$=LN(x,y)$$

Donde:

X = Precio de cierre actual

Y = Precio de cierre anterior

Se calcula la variación diaria de ambos activos en la totalidad de los 14 años analizados (del 04/01/2010 hasta el 31/12/2024).

### 9.2.2. Alpha ( $\alpha$ ) y beta ( $\beta$ )

Seguidamente, una vez obtenidos los retornos logarítmicos de ambos activos, se procede con el cálculo de alpha. Para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$=INTERSECCION.EJE(Y,X)$$

Y para calcular Beta:

$$=PENDIENTE(Y,X)$$

Donde, en ambas fórmulas:

Y = Retorno logarítmico de Repsol

X = Retorno logarítmico del Brent

**Tabla 7:** Cálculo de Alpha

Rep log return	Brent log return	Residuo	Beta ( $\beta$ )	Alpha	$\sigma$ Residual	Promedio Brent
0,002921416	0,005849062	0,000589153	0,39291366	=INTERSECCION.EJE(\$L\$4:\$L\$3827;\$M\$4:\$M\$3827)		
-0,004510909	0,016002311	-0,010832522				
0,000502218	-0,004651171	0,00229564				
-0,001004689	-0,001719057	-0,000363334			SIMULACIÓN	
0,003178057	-0,004927939	0,005080225				
-0,009564634	-0,020840587	-0,001410169			Días	Brent simulacion ret
-0,003800841	-0,01256282	0,001101176			0	

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

La tabla 7 demuestra que para la variable Y se selecciona la columna completa de Repsol y para la variable X la de Brent. Para beta, el mismo procedimiento.

**Tabla 8:** Cálculo de Beta

Rep log return	Brent log return	Residuo	Beta ( $\beta$ )	Alpha	$\sigma$ Re
			=PENDIENTE(\$L\$4:\$L\$3827;\$M\$4:\$M\$3827)		
0,002921416	0,005849062	0,000589153			
-0,004510909	0,016002311	-0,010832522			
0,000502218	-0,004651171	0,00229564			
-0,001004689	-0,001719057	-0,000363334			SIMULA
0,003178057	-0,004927939	0,005080225			
-0,009564634	-0,020840587	-0,001410169			D
-0,003800841	-0,01256282	0,001101176			

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

### 9.2.3. Residuo y $\sigma$ Residual

El Residuo es la parte del retorno de Repsol no explicada por el modelo con el Brent, el cual es útil para calcular la volatilidad de la parte no explicada mediante su sigma, que es necesaria para predecir el precio futuro de Repsol.

**Tabla 9:** Cálculo del Residuo

Rep log return	Brent log return	Residuo	Beta ( $\beta$ )	Alpha	$\sigma$ Residual
			0,39291366	0,000034	0,017668452
0,002921416	0,005849062	=L4-(\$P\$3+\$O\$3*M4)			
-0,004510909	0,016002311	-0,010832522			
0,000502218	-0,004651171	0,00229564			
-0,001004689	-0,001719057	-0,000363334			<b>SIMULACIÓN</b>
0,003178057	-0,004927939	0,005080225			
-0,009564634	-0,020840587	-0,001410169			<b>Días</b>
-0,003800841	-0,01256282	0,001101176			0

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

Su fórmula es la siguiente:

$$=L - (\alpha + \beta * M)$$

Donde:

$L$  = Columna del retorno logarítmico de Repsol

$\alpha$  = Retorno autónomo de Repsol

$\beta$  = Sensibilidad de Repsol frente a los movimientos del Brent

$M$  = Columna del retorno logarítmico del Brent

Por lo tanto, mediante el residuo, se calcula la diferencia del retorno logarítmico de Repsol y el retorno estimado por la regresión en función del Brent, dando como resultado la parte no explicada del comportamiento de la acción que, posteriormente, mediante su sigma, será utilizado para estimar su volatilidad.

Esta sigma se calcula de la siguiente manera:

$$=DESVEST.M(N)$$

Donde:

$N$  = Columna Residuo

Esta fórmula sirve para calcular la desviación estándar de una muestra, en este caso, la de residuo, con el objetivo de medir cuánto se dispersa el valor de los residuos en comparación con su media.

**Tabla 10:** Cálculo de la  $\sigma$  Residual

Rep log return	Brent log return	Residuo	Beta ( $\beta$ )	Alpha	$\sigma$ Residual	Pror
			0,39291366	0,000034	=DESVEST.M(N4:N3827)	
0,002921416	0,005849062	0,000589153				
-0,004510909	0,016002311	-0,010832522				
0,000502218	-0,004651171	0,00229564				
-0,001004689	-0,001719057	-0,000363334				
0,003178057	-0,004927939	0,005080225				
-0,009564634	-0,020840587	-0,001410169				
-0,003800841	-0,01256282	0,001101176				
					<b>SIMULACIÓN</b>	
					<b>Días</b>	<b>Brent sin</b>
					0	

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

#### 9.2.4. Promedio, $\sigma$ , % diario y volatilidad del Brent

Los últimos pasos para poder comenzar con los cálculos de la simulación de Monte Carlo requieren algunos parámetros básicos del Brent, los cuales son su promedio, su sigma (mismo cálculo que en el apartado anterior) y su porcentaje de rendimiento logarítmico medio diario y volatilidad.

**Tabla 11:** Parámetros principales de la simulación

Beta ( $\beta$ )	Alpha	$\sigma$ Residual	Promedio Brent	$\sigma$ Brent	% diario Brent	Volatilidad Brent
0,39291366	0,000034	0,017668452	-0,000018223	0,02248162	-0,00182%	0,02248162

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

Para el porcentaje de rendimiento logarítmico medio diario se aproxima mediante el promedio de sus retornos logarítmicos diarios, y para la volatilidad, es la sigma del Brent.

## 10. Correlación de Repsol y Brent

Mediante los cálculos explicados anteriormente, se puede determinar qué tan relacionados están ambos activos, qué tan sensibles son y qué porcentaje representa los cambios en el precio por acción de Repsol los cambios del precio del Brent.

Empezando con beta, se puede determinar la sensibilidad del retorno de Repsol frente a los cambios en el precio del Brent. Su resultado es 0,39, lo que indica que un aumento del 1% en el precio del Brent resultará en el aumento de un 0,39% en el precio de Repsol, hecho que implica que su relación sea considerada moderada - baja, ya que los activos se mueven en la misma dirección pero con una sensibilidad baja.

Adicionalmente, el coeficiente de correlación equivale a 0,45, lo que significa que tienen una relación lineal positiva moderada y el coeficiente de determinación es 0,2025, de modo que el 20,25% de la variación de los retornos de Repsol están explicados por los retornos del Brent.

Entonces, se concluye en el hecho de que el Brent, una de las principales referencias mundiales para fijar el precio del petróleo crudo más importante del mundo, tiene una influencia moderada - baja en el precio por acción de Repsol.

Esto se debe a que hay muchos otros factores que afectan diariamente a la cotización de Repsol, los cuales pueden ser noticias puntuales sobre la empresa, movimientos del IBEX 35, sentimiento del mercado y otros factores macroeconómicos como conflictos bélicos entre países (EE. UU. e Irán, por ejemplo, donde el suministro de petróleo crudo se ha visto gravemente afectado). Algunos de estos factores pueden alterar de manera inmediata e impredecible la cotización bursátil de Repsol (y a otras empresas relacionadas), haciendo que la predicción sea más complicada ya que estos factores están completamente fuera de control.

En conclusión, aunque lo más común es pensar que el mayor factor decisivo a la hora de afectar la cotización bursátil de Repsol es el precio del petróleo crudo, es importante tener en cuenta que hay muchas otras variables que entran en juego que pueden tener similar o mayor peso, por lo que hay que estar muy atento a todas las noticias del sector.

## **11. Interpretación del valor Beta y comparación sectorial**

El valor Beta de Repsol y el Brent es 0,39, pero para entender si este valor es bajo o alto, hay que compararlo con otras empresas del mismo sector.

**Tabla 12:** Comparación sectorial con otras empresas influyentes con relación al Brent

Comparación sectorial				
Empresa	Beta frente al Brent	Correlación	R2	Relación
Repsol	0,39	0,45	20,69%	Moderada - Baja
Shell	0,36	0,49	23,95%	Moderada - Baja
BP	0,42	0,49	24,38%	Moderada - Baja
ExxonMobil	0,36	0,51	26,23%	Moderada - Baja
ConocoPhillips	0,55	0,58	34,11%	Moderada - Baja
<b>Valor mediano</b>	<b>0,39</b>	<b>0,49</b>	<b>24%</b>	

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

Cuando su valor se compara con otras empresas, también muy influyentes en el sector energético y petrolero a nivel mundial, entre ellas, Shell, BP, ExxonMobil y ConocoPhillips, se pueden contextualizar los valores de Repsol para entender si se presenta alguna anomalía en cuanto a su relación con el Brent.

Así pues, los valores medianos de beta, de la correlación entre ambas variables y del coeficiente de determinación (R2) son 0,39, 0,49 y 24%, respectivamente, mientras que los de Repsol son 0,39, 0,45 y 20,69%. Sin esta tabla, se podría pensar que los valores de Repsol son muy bajos, ya que el pensamiento habitual es que el Brent debería ser un factor muy relevante para las empresas cuya materia prima principal es el petróleo crudo, debido a que esta materia impacta de manera directa tanto los costes como los beneficios de dichas empresas.

Sin embargo, cuando se compara con otras compañías similares, se llega a la conclusión de que, mientras el Brent es un factor relevante, no es tan dominante como se podría pensar inicialmente. En el caso de Repsol, esto se debe a los siguientes motivos, (Repsol, S.A., 2025):

- **Integración vertical:** Repsol participa en distintas fases del sector energético, estos son principalmente la exploración, extracción, refinado, infraestructura del punto de venta (estaciones de servicio) y venta al cliente final. Esto hace que tenga un mayor control sobre la cadena de valor, lo que resulta en un mejor margen de beneficios, flexibilidad y gestión del riesgo ya que le permite diversificar sus fuentes de ingreso, haciendo que la dependencia sobre el Brent sea menor.
- **Diversificación de actividades:** Además de exploración y producción, refinan la materia prima, la comercializan a nivel mundial, distribuyen muchos otros productos derivados del petróleo, tales como lubricantes, asfalto y combustible aeronáutico y también suministran electricidad renovable.

- **Estructura de costes:** Debido a la integración vertical y a la diversificación de actividades, un aumento del precio del petróleo crudo puede beneficiar a unos determinados negocios dentro de Repsol, especialmente en el upstream (exploración y extracción del petróleo crudo), ya que aumentan los beneficios, pero a su vez, puede afectar de manera negativa a otros negocios, como el de refino (downstream), ya que el coste de la materia prima aumenta.
- **Extracción y compra del petróleo crudo:** Los países donde procede el crudo que Repsol procesa en sus refinerías es en América (61%), África Occidental (13%), Oriente Medio (10%), Norte de África (8%) y el Espacio Económico Europeo (7%). Algunos de los países donde se extrae el crudo son Trinidad y Tobago, Bolivia, Brasil, Noruega, Reino Unido y Estados Unidos, entre otros. Este análisis geográfico demuestra que Repsol opera y se abastece de crudos provenientes de distintas regiones, con diferentes calidades y precios.
- **Gestión del riesgo:** Repsol realiza trading con el objetivo de tener una cartera diversificada donde se incluyen actividades de cobertura enfocadas en el petróleo crudo y otros productos financieros derivados para protegerse de las fluctuaciones del precio del crudo.
- **Sentimiento del mercado:** Otros factores que pueden ser relevantes para la cotización bursátil de Repsol es como el público percibe el mercado financiero español. Si hay optimismo hacia la economía española, los bancos y el mercado energético, los inversores aumentarán su exposición hacia empresas situadas en el mismo país. Además, esta empresa en particular tiene una valoración por parte de Bankinter en la que describen que el plan estratégico y el futuro de Repsol son muy positivos, recomendando la compra de su acción. (Aranda, 2026).

En definitiva, mientras que el pensamiento habitual es que las empresas del sector petrolero dependen en gran parte del Brent, la realidad es diferente. En promedio, el 24%, es decir, aproximadamente  $\frac{1}{4}$  de las variaciones diarias de las empresas identificadas en la tabla anterior, se pueden explicar estadísticamente por las variaciones del Brent, mientras que aproximadamente el 75% restante están explicadas por otros factores como los que se han mencionado anteriormente y también por otros como el tipo de interés, shocks geopolíticos, márgenes de refino, resultados financieros anuales, etc.

## 12. Simulación de Monte Carlo

A partir de todos los cálculos realizados y explicados anteriormente, se procede con la simulación. Para ello se utilizan los 14 años de precios de cierre diarios, desde el 04/01/2010 hasta el 31/12/2024, para predecir el precio futuro en 2025 y así poder compararlo con la realidad.

Tras ello, se da una explicación paso por paso de qué es cada columna y sus cálculos correspondientes. Comenzando por el Brent simulación retorno, esta columna se utiliza como base para predecir el precio futuro del Brent. Su fórmula genera en cada día de la simulación un valor de retorno aleatorio.

**Tabla 13:** Cálculo del retorno simulado del Brent

$\sigma$ Residual	Promedio Brent	$\sigma$ Brent	% diario Brent	Volatilidad Brent	Días
0,017668452	-0,000018223	0,02248162	-0,00182%	0,02248162	252
SIMULACIÓN					
Días	Brent simulacion retorno	Brent simulacion precio	Residuo simulado	Repsol simulacion retorno	Repsol simulacion precio
0	0	74,640	0	0	11,690
1	=DISTR.NORM.INV(ALEATORIO();\$T\$3;\$S\$3)		-0,034387644	-0,033603893	11,30369747
2	-0,032363467	72,40106809	-0,005317605	-0,017999566	11,102056
3	-0,023696941	70,70555288	0,013454229	0,004177464	11,14853144

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

Su fórmula está compuesta de tal manera:

$$=DISTR.NORM.INV(ALEATORIO()); \mu; \sigma)$$

Donde:

$\mu$  = Media diaria histórica del Brent

$\sigma$  = Volatilidad diaria histórica del Brent

El objetivo de esta fórmula es generar valores aleatorios entre 0 y 1 teniendo en consideración la media y volatilidad diaria histórica del Brent, donde, mediante la fórmula, se introduce aleatoriedad dentro de unos parámetros, los cuales son la media y la volatilidad histórica del Brent para así construir trayectorias futuras sobre su precio.

Siguiendo con la consecutiva columna, en Brent simulación precio es donde se proyecta su futuro precio. Para esto se utiliza la siguiente fórmula:

$$Pt+1 = Pt \cdot ert+1$$

Donde:

$Pt+1$  = Precio futuro del Brent

$Pt$  = Precio actual del Brent

$ert+1$  = Euler exponencial al retorno simulado futuro del Brent

**Tabla 14:** Cálculo del precio simulado del Brent

Días	Brent simulacion retorno	Brent simulacion precio	Residuo simulado	Repsol simulacion retorno	Repsol simulacion precio
0	0	74,640	0	0	11,690
1	-0,019236792	=S10*(EXP(R11))	0,048747649	0,041223337	12,1819715
2	-0,022352729	71,59942444	0,074194891	0,065446285	13,00590386
3	-0,039654488	68,81574345	0,014599483	-0,00094722	12,99359024
4	-0,057938732	64,94195143	0,064991395	0,042260563	13,55447486
5	-0,004520348	64,64905369	0,036527801	0,034785782	14,03427458

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

Para obtener el precio simulado del Brent hay que multiplicar el precio simulado del Brent de la fila anterior por el número de Euler elevado a la simulación del día actual del retorno del Brent.

En el caso de esta imagen, como se trata del día 1, teniendo en cuenta que se va a hacer una predicción un año en adelante sobre el precio del Brent, se utiliza el último precio del 2024, que son \$74,64.

Seguidamente, procediendo con la columna del Residuo acumulado, se calcula mediante la misma fórmula que en la simulación del retorno del Brent, con el objetivo de generar un valor aleatorio entre 0 y 1 sobre la parte no explicada por el modelo.

**Tabla 15:** Cálculo del Residuo simulado

$\sigma$ Residual	Promedio Brent	$\sigma$ Brent	% diario Brent	Volatilidad Brent	Días
0,017668452	-0,000018223	0,02248162	-0,00182%	0,02248162	252
SIMULACIÓN					
Días	Brent simulacion retorno	Brent simulacion precio	Residuo simulado	Repsol simulacion retorno	Repsol simulacion precio
0	0	74,640	0	0	11,690
1	0,001907962	74,78254622	=INV.NORM(ALEATORIO(),0,\$Q\$3)		11,30369747
2	-0,032363467	72,40106809	-0,005317605	-0,017999566	11,102056
3	-0,023696941	70,70555288	0,013454229	0,004177464	11,14853144

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

Posteriormente, en la columna de Repsol simulación retorno, se procede a hacer uso tanto del Residuo simulado como de la simulación del retorno del Brent de esta manera:

$$rtRep = \alpha + \beta \cdot rtBrent + \epsilon$$

Donde:

$rtRep$  = Retorno simulado de Repsol

$\alpha$  = Alpha de la relación de retornos log de Repsol y Brent

$\beta$  = Beta de la relación de retornos log de Repsol y Brent

$rtBrent$  = Retorno simulado del Brent

$\epsilon$  = Residuo simulado

Entonces, a partir de esta fórmula, la cual es una recta de regresión lineal, se estima el retorno simulado de Repsol en un día compuesto por la suma de la variable constante ( $\alpha$ ), el efecto sobre la sensibilidad del retorno simulado de Repsol frente a los cambios en el retorno simulado del Brent y los factores no explicados por el modelo ( $\epsilon$ ).

**Tabla 16:** Cálculo del retorno simulado de Repsol

Beta ( $\beta$ )	Alpha	$\sigma$ Residual	Promedio Brent	$\sigma$ Brent	% diario Brent	Volatilidad Brent	Días
0,39291366	0,000034	0,017668452	-0,000018223	0,02248162	-0,00182%	0,02248162	252
SIMULACIÓN							
Días	Brent simulacion retorno	Brent simulacion precio	Residuo simulado	Repsol simulacion retorno	Repsol simulacion precio		
0	0	74,640	0	0	11,690		
1	0,001907962	74,78254622	-0,034387644	=SP\$3+(Q\$3*R1)+T11	11,30369747		
2	-0,032363467	72,40106809	-0,005317605	-0,017999566	11,102056		
3	-0,023696941	70,70555288	0,013454229	0,004177464	11,14853144		

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

Finalmente, la última columna, la más importante, es la simulación del precio de Repsol, influenciada por los cambios en el Brent. Para calcularla se utiliza la misma fórmula empleada en la columna Brent simulación precio.

**Tabla 17:** Cálculo del precio simulado de Repsol

Días	Brent simulacion retorno	Brent simulacion precio	Residuo simulado	Repsol simulacion retorno	Repsol simulacion precio
0	0	74,640	0	0	11,690
1	-0,019236792	73,21788812	0,048747649	0,041223337	=V10*EXP(U11)
2	-0,022352729	71,59942444	0,074194891	0,065446285	13,00590386
3	-0,039654488	68,81574345	0,014599483	-0,00094722	12,99359024
4	-0,057938732	64,94195143	0,064991395	0,042260563	13,55447486
5	-0,004520348	64,64905369	0,036527801	0,034785782	14,03427458

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

Cada fila representa el precio futuro de Repsol, por lo que, en la última columna (día 252), se obtiene el precio esperado de Repsol en un año.

### 12.1. Construcción de trayectorias de precios simulados

Una vez obtenida la base del método de Monte Carlo, la cual ha sido explicada a lo largo del marco práctico, se procede a repetir esta simulación decenas de miles de veces para poder llegar a conclusiones realistas mediante percentiles y otros parámetros estadísticos.

En el caso de este trabajo se ha repetido la simulación por un total de 100.000 veces, y, para agilizar el proceso, en lugar de repetir cada precio simulado de cada día, es decir, la simulación completa que son 252 veces, se repite únicamente el precio futuro final, el día 252, cuyo valor está enlazado con todos los precios anteriores, por lo que no es un valor único sino el resultado de haber sido multiplicado las 251 ocasiones anteriores. Entonces, para ello se ha creado una hoja nueva en Excel, denominada Simulación, en el que se ha seleccionado el precio futuro final de Repsol bajo el título Precio día 252 Repsol.

**Tabla 18:** Creación de las 100.000 simulaciones del precio de Repsol

<b>Precio día 252 Repsol</b>		<b>Simulación</b>	<b>Precio final Repsol</b>
=Data!V267		1	19,68948408
		2	12,37256641
		3	8,551628461
		4	7,948071368
		5	9,869694727

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

A continuación, como se puede observar en la tabla 18, se crea la columna Simulación y Precio final Repsol. En la primera columna, con la fórmula =SECUENCIA(100000), automáticamente se establecen 100.000 filas y seguidamente, en la segunda columna se selecciona el precio del día 252 de Repsol únicamente en la primera fila, que es el valor situado bajo la columna Precio día 252 Repsol.

Una vez hecho esto, se seleccionan ambas columnas, desde la primera fila hasta la última y se selecciona en la fila de herramientas de Excel, Datos - Análisis de hipótesis - Tabla de datos. Se pone únicamente el valor del día 252 de Repsol en la primera fila, ya que la tabla de datos se encarga de rellenar automáticamente la columna completa, haciendo la simulación de Monte Carlo íntegramente en las 100.000 ocasiones y dando como resultado únicamente el valor final, el del día 252.

Una vez hecho esto, dado que cada vez que se hace una modificación en el Excel cambian todos los números (son números aleatorios que se actualizan en cada modificación), hay que congelar los resultados para así tener los valores definitivos y poder seguir trabajando con el archivo, debido a que todos estos valores suponen una gran carga computacional para el ordenador si continúan actualizándose con cada modificación. Para esto se procede a copiar ambas columnas completas, dando el resultado que se puede observar en la tabla 19.

**Tabla 19:** 100.000 simulaciones de Repsol congeladas

<b>Simulación</b>	<b>Precio final Repsol</b>
1	14,897
2	11,851
3	13,300
4	13,312
5	11,074
6	22,565
7	9,575
8	14,095
9	15,777
10	8,701

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

Ya con estos valores, se pueden analizar estadísticamente los resultados de la simulación. Para ello se calculan los percentiles 5, 25, 50, 75 y 95, y, también, su desviación típica, media y mediana.

## **12.2. Percentiles y otros parámetros estadísticos**

Mediante percentiles se determina la probabilidad de obtener diferentes precios, donde, a modo de ejemplo, si el percentil 25 equivale a 10, habrá aproximadamente un 25% de probabilidad de que los resultados simulados sean igual o inferior a 10 o lo que es lo mismo, aproximadamente un 75% de probabilidad de que el valor sea igual o superior a 10.

Estos son los resultados obtenidos. Para facilitar su interpretación, el precio por acción de Repsol para el 31/12/2025 son 15,93€ y la simulación ha estimado:

- **P5:** Se considera un escenario pesimista, debido a que hay aproximadamente un 5% de probabilidades de que el valor sea inferior. Su resultado es 7,016.
- **P25:** Se trata de un escenario pesimista moderado, ya que se sitúa en la parte baja de la distribución. Las probabilidades de obtener un valor superior son aproximadamente del 75%. Su resultado es 9,504.

- **P50:** También considerado como la mediana, las probabilidades de obtener un valor superior o inferior son aproximadamente del 50%. El resultado obtenido es 11,764.
- **P75:** Corresponde a un escenario optimista moderado, ya que el 75% de los resultados simulados tienen un valor inferior. Su valor es 14,534.
- **P95:** Es considerado un escenario optimista, ya que el 95% de los resultados simulados tienen un valor inferior. Su resultado es 19,694.

Para determinar si la distribución está sesgada al alza o a la baja, se calcula la diferencia entre P95 y P5 respecto a la mediana. En consecuencia, la diferencia de P95 es 7,93 (19,694 - 11,764) y de P5 es 4,748 (11,764 - 7,016), por lo que la distribución está sesgada al alza (asimetría positiva).

Por lo tanto, si el precio real de la acción de Repsol para el 31/12/2025 son 15,93€, este se sitúa en el percentil 85 aproximadamente. Esto significa que el modelo ha tenido en consideración que pudiera llegar a ese precio, pero bajo un escenario optimista.

**Tabla 20:** Valores estadísticos de la simulación Repsol y Brent para 2025

<b>Desviación típica</b>	3,974
<b>Media</b>	12,353
<b>Mediana</b>	11,764
<b>Percentil 5</b>	7,016
<b>Percentil 25</b>	9,504
<b>Percentil 50</b>	11,764
<b>Percentil 75</b>	14,534
<b>Percentil 95</b>	19,694

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

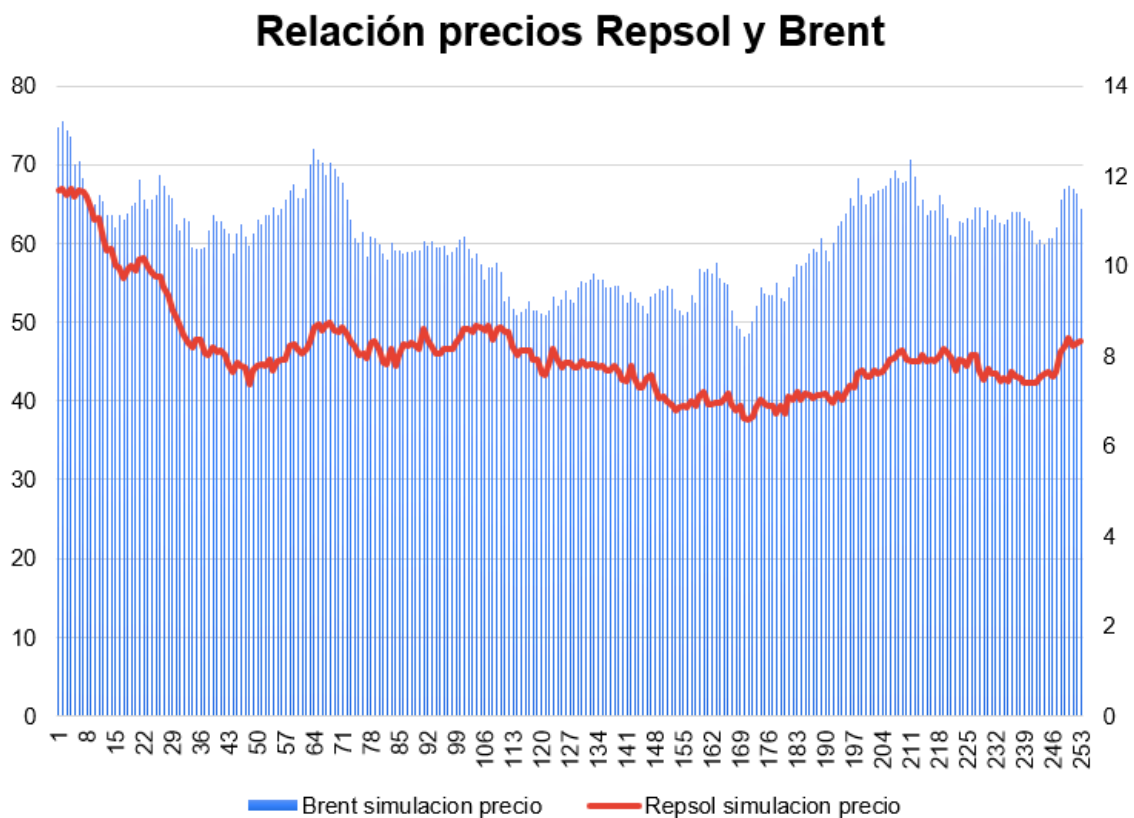
Siguiendo con la media, tiene un valor de 12,353, la mediana 11,764 y la desviación típica 3,974. Gracias a la desviación típica se puede medir cuánto se alejan en promedio los valores respecto a la media, lo cual es necesario a la hora de determinar la utilidad del modelo en cuestión, ya que un valor alto indicaría que el modelo no es preciso debido a que los valores se alejan mucho de la media, resultando en un mayor nivel de incertidumbre sobre la evolución futura de la acción.

En consecuencia, el resultado obtenido indica que el modelo tiene una baja volatilidad proyectada y que tiene una mayor confianza en que el precio futuro se situará cerca de la predicción central, haciendo que la incertidumbre del modelo sea menor.

### 12.3. Representación gráfica

Gráficamente se comprueba la relación entre los precios simulados del Brent y de Repsol.

**Gráfico 6:** Relación de precios entre Repsol y Brent



Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

Mediante el gráfico 6 se llega a la conclusión de que, si bien es cierto que la relación entre ambos no es alta, tampoco es baja, ya que cuando el Brent aumenta de precio, el precio de Repsol lo acompaña en menor intensidad.

Siguiendo con el histograma, éste permite visualizar el rango de precios que se ha repetido con mayor frecuencia. El eje Y representa el número de veces que se ha repetido un rango y el eje X los rangos. Como se puede observar, el intervalo modal es

(10,021;10,770) y el centro de la distribución en el rango (11,519;12,268), que es donde se sitúa 11,764 (la mediana), resultando en una asimetría positiva, indicando que los precios simulados indican una cola más prolongada hacia valores superiores.

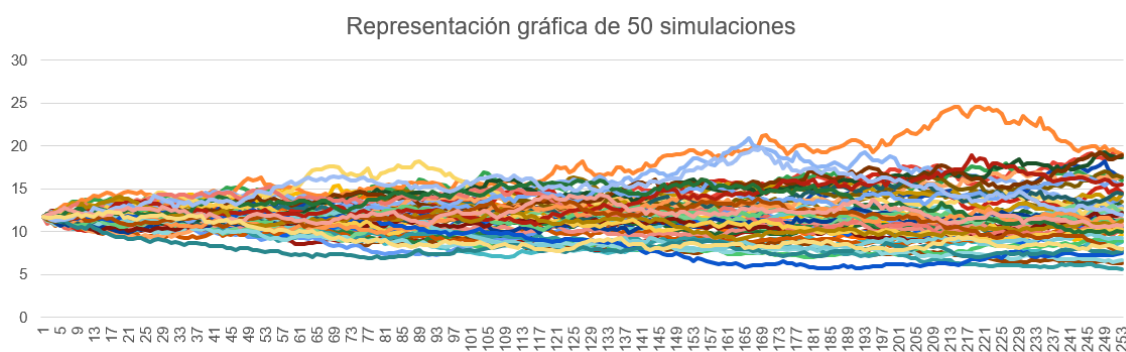
**Gráfico 7:** Frecuencia de los precios finales de la simulación de Repsol y Brent para 2025



Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

A continuación, el gráfico spaghetti, el cual es una representación de 50 simulaciones sobre la distribución de los precios futuros de Repsol. No se recomienda representar más simulaciones ya que la lectura del gráfico se complica a medida que el número aumenta. Este gráfico está inspirado en un artículo de Investopedia donde se explica el método Monte Carlo junto con el movimiento browniano, representándolo gráficamente de la misma manera (Harper, 2025).

**Gráfico 8:** Gráfico spaghetti de la simulación de Repsol y Brent para 2025



Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

El eje Y representa el precio por acción de Repsol y el eje X los días. Como se puede observar, la mayoría de las líneas están concentradas aproximadamente entre 17€ y 7€, dentro del valor esperado según los percentiles y mediana, donde solo un par de ellas superan los 20€ ya que tienen una probabilidad aproximada del 5%.

### 13. Análisis de los resultados

A partir de la metodología aplicada, se procede a comparar el precio real de Repsol para el 31/12/2025 con los resultados obtenidos mediante la simulación para esa misma fecha para determinar qué tan preciso y realista ha sido. Como recordatorio, el modelo ha predicho su precio futuro del 31/12/2024 hasta el 31/12/2025, es decir, un año.

Para hacer una comparación objetiva, se compara el valor de la acción real con el valor de la mediana ya que representa el escenario central del modelo y, posteriormente, con los percentiles, que ayudarán a determinar qué tan amplia es la dispersión de los resultados y qué valores se consideran pesimistas y optimistas.

Así pues, su precio real en el 31/12/2024 son 11,690€, en el 31/12/2025 son 15,925€ y la mediana de la simulación para el 31/12/2025 da un valor de 11,764€. Como se ha mencionado anteriormente, esto resulta en que el precio real cae cerca del percentil 85 de la simulación. Con esta información se puede intuir lo siguiente:

- La simulación preveía que el precio bursátil de Repsol aumentaría 0,63% en un año, cuando en la realidad ha aumentado 36,23%

- El modelo ha tenido en consideración que el precio real pueda ser 15,925€, ya que cae aproximadamente dentro del percentil 85, por lo que lo ha contemplado como escenario plausible, pero en lugar de ser central, lo ha considerado como escenario optimista.
- La correlación entre Repsol y Brent resulta en una relación lineal positiva moderada, por lo que un aumento del precio del Brent resultará en un pequeño aumento de la cotización bursátil de Repsol.

En conjunto, la simulación de Monte Carlo ha tenido en consideración que el valor real sea de 15,925€, ya que ha generado una distribución de precios realista donde ha tenido en consideración dicho valor. El hecho de que el precio real sea mayor que la mediana de la simulación, indica que el comportamiento de Repsol fue más favorable de lo que estaba previsto según el modelo.

Seguidamente, es importante entender que el método de Monte Carlo no ofrece un precio futuro exacto, sino una aproximación probabilística sobre la cotización futura de un activo, donde mediante los percentiles se puede determinar cuáles son los valores más esperados a obtener y cuáles caen dentro de los rangos considerados pesimistas y optimistas.

Entonces, el resultado obtenido, pese a estar situado en la parte alta de la distribución simulada, cae dentro de los valores esperados por el modelo, por lo que los resultados obtenidos son satisfactorios ya que el modelo resulta ser sensato y coherente, haciendo que sea una herramienta de análisis probabilístico y de evaluación de escenarios realista.

En conclusión, el hecho de que el precio final fuera un 35,6% superior al valor mediano simulado, se debe principalmente a factores los cuales el modelo no puede predecir.

Estos pueden ser, entre otros, mejores perspectivas económicas de la economía española, nuevas políticas de dividendos para los inversores de Repsol y la entrada de Trump a la presidencia por segunda vez en los Estados Unidos, el cual afectó a los mercados de forma totalmente inesperada, a causa principal de haber anunciado altos aranceles a todos los países, hecho que resultó en un período de alta volatilidad e incerteza en los mercados financieros.

#### 14. Comparación de Repsol con el IBEX 35

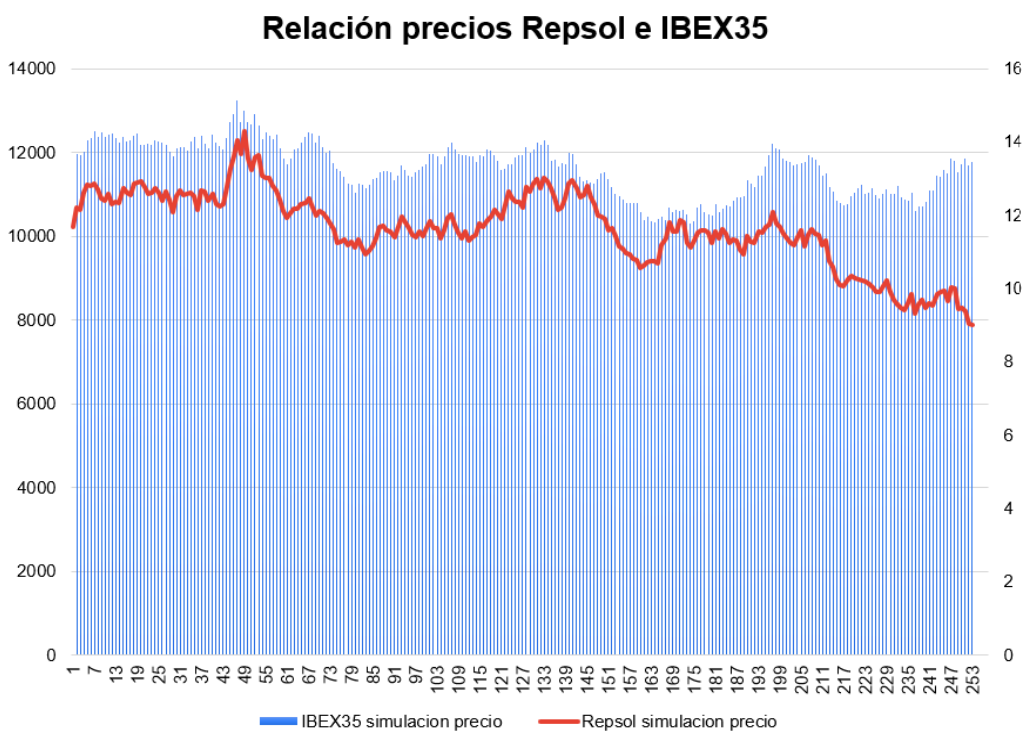
Si se compara a Repsol con el IBEX 35, el principal índice bursátil de referencia de la bolsa española, se obtienen resultados ciertamente diferentes.

Empezando por la beta, su valor es 1,033, de modo que un aumento del 1% en el IBEX 35 se traslada a un aumento del 1,033% en Repsol, por lo que el activo es ligeramente más volátil que el mercado.

Consecutivamente, el coeficiente de correlación es 0,71 y el coeficiente de determinación es 50,77%, de modo que los activos tienen una correlación positiva fuerte y la variación de los retornos de Repsol están explicados un 50,77% por los retornos del IBEX 35.

Mediante el histograma, como se ha realizado previamente con el Brent, se puede visualizar gráficamente cuánto están relacionados estos dos activos. A diferencia del otro gráfico, se puede ver que la relación entre Repsol y el IBEX 35 es mayor, dado que cuando el precio del índice aumenta, el de Repsol aumenta ligeramente en mayor medida.

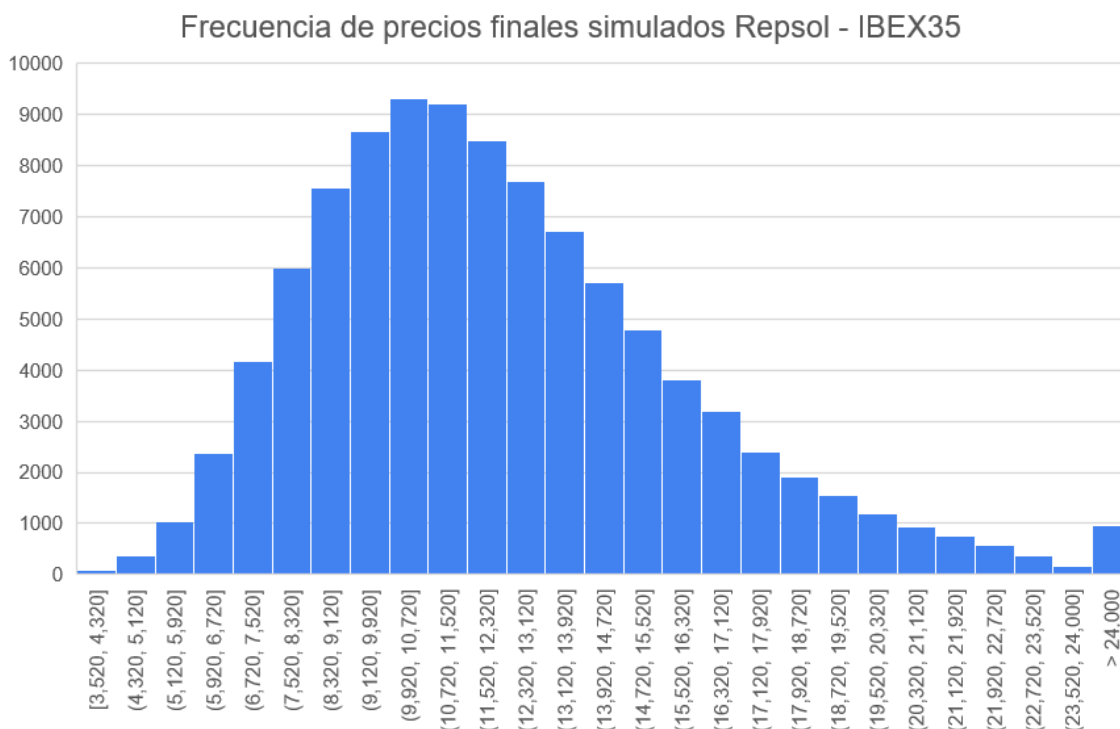
**Gráfico 9:** Relación de precios entre Repsol e IBEX 35



Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

Siguiendo con el histograma, el intervalo modal es (9,920;10,720), el centro de la distribución en (11,520;12,320), que es donde se sitúa la mediana con valor 11,632.

**Gráfico 10:** Frecuencia de los precios finales de la simulación Repsol e IBEX 35 en 2025



Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

A continuación, los percentiles, la desviación típica, la media y la mediana tienen valores muy similares a los de Repsol y Brent. Esto se debe a que, a pesar de tener una beta mayor comparado con el Brent, el valor de la mediana puede ser similar e incluso superior ya que depende principalmente de  $(\alpha + \beta\mu)$ , que es el rendimiento esperado de un activo, por lo que no depende únicamente de la beta sino también de alpha y mu, donde, por ejemplo, la alpha del Brent es significativamente superior que la del IBEX 35.

También, la distribución sigue presentando asimetría positiva ya que la diferencia de P95 y P5 sobre la mediana, respectivamente, es 7,857 y 4,651.

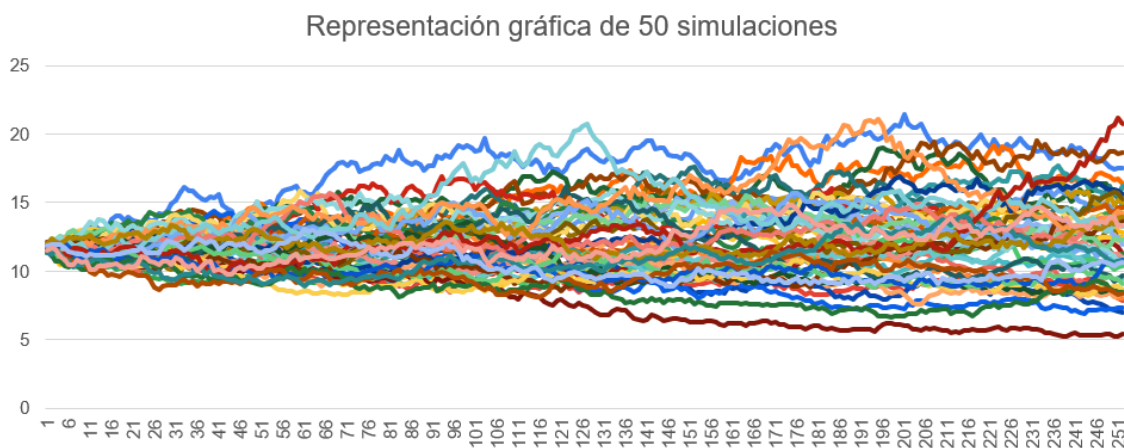
**Tabla 21:** Valores estadísticos para la simulación Repsol e IBEX 35 para 2025

<b>Desviación típica</b>	3,898
<b>Media</b>	12,223
<b>Mediana</b>	11,632
<b>Percentil 5</b>	6,981
<b>Percentil 25</b>	9,442
<b>Percentil 50</b>	11,632
<b>Percentil 75</b>	14,377
<b>Percentil 95</b>	19,489

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

Por último, con el gráfico spaghetti, se puede comprobar de manera visual la progresión de los precios simulados diariamente hasta llegar a su valor final y que la simulación esté hecha de manera coherente, donde los precios finales caigan dentro de los valores esperados (establecidos por los percentiles), que todas las trayectorias partan del mismo precio inicial y que el aumento de la dispersión sea progresiva y realista.

**Gráfico 11:** Gráfico spaghetti de la simulación de Repsol e IBEX 35 para 2025



Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

## 15. Predicción de Repsol para 2026

Ya hecha la simulación de Monte Carlo para predecir el precio futuro de Repsol teniendo en consideración efectos macroeconómicos relacionados con el petróleo

crudo y con el mercado Español para el día 31/12/2025 para poder compararlo con su valor real de cotización bursátil en esa misma fecha y, posteriormente, haber hecho un análisis cuantitativo y gráfico sobre los resultados obtenidos para determinar la precisión y realismo de dicha simulación, se procede ahora a realizar nuevamente la simulación pero con la información más reciente a fecha de hoy, 17/04/2026, para simular su precio a fecha del 31/12/2026.

### 15.1. Repsol - Brent para 2026

Para predecir el precio de Repsol teniendo en consideración los movimientos del Brent para la fecha 31/12/2026, habrá que hacer unos pequeños ajustes a la simulación.

Comenzando por duplicar las hojas de Excel, como con el caso de la hoja Data donde se le cambia el nombre a Data 2026 para realizar la simulación en paralelo ya que tienen fechas diferentes y diferentes resultados, se le añaden las fechas como valores restantes de los precios de cierre diarios tanto de Repsol como del Brent hasta fecha del 17/04/2026 en la nueva hoja.

Posteriormente, se alinean ambos activos para que sus fechas coincidan con sus respectivos precios de cierre mediante el procedimiento ya explicado en el apartado 8.1. Preparación de los datos.

Una vez hecho esto, se calculan sus retornos logarítmicos y se actualizan las fórmulas de los parámetros los cuales son principalmente los que aparecen en la tabla 22, para así tener en cuenta estos nuevos valores. También, se cambian los precios finales del precio por acción tanto de Repsol como del Brent con el valor de la última fecha disponible para que la simulación se actualice automáticamente con los valores correctos.

**Tabla 22:** Actualización parámetros principales de la simulación

Beta ( $\beta$ )	Alpha	$\sigma$ Residual	Promedio Brent	$\sigma$ Brent	% diario Brent	Volatilidad Brent
0,391084259	0,000140	0,01751273	0,000029444	0,022872862	0,00294%	0,022872862

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

Seguidamente, con todo lo anterior hecho, la simulación ya está actualizada y se procede a repetir su valor final 100.000 veces para calcular sus percentiles, desviación

típica, media, mediana y los gráficos histograma, spaghetti y relación de ambos activos.

No obstante, como el período del 17/04/2026 al 31/12/2026 no es un año completo, se calculan los días bursátiles transcurridos, los cuales son 74 días (días bursátiles transcurridos =  $252 \cdot (\text{días naturales transcurridos} / 365)$ ).

Por lo que, si ya han pasado 74 días bursátiles, quedan hasta final de año 178 días bursátiles. Esto significa que se repetirá la simulación 178 veces partiendo del precio final de Repsol más reciente (17/04/2026), que son 19,72€.

### 15.1.1. Análisis de los resultados para 2026

Comenzando por la desviación típica, su valor ha aumentado de 3,974 (simulación de 2025) a 5,599. En términos absolutos, su valor ha aumentado un 41%, pero en términos relativos, si se divide la desviación típica entre la media del mismo año, se obtiene, en 2025, 0,323 y en 2026, 0,267, por tanto, el valor relativo ha disminuido, hecho que significa que la distribución está menos dispersa.

**Tabla 23:** Valores estadísticos de la simulación Repsol y Brent para 2026

<b>Desviación típica</b>	5,599
<b>Media</b>	20,978
<b>Mediana</b>	20,252
<b>Percentil 5</b>	13,157
<b>Percentil 25</b>	16,971
<b>Percentil 50</b>	20,252
<b>Percentil 75</b>	24,209
<b>Percentil 95</b>	31,213

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

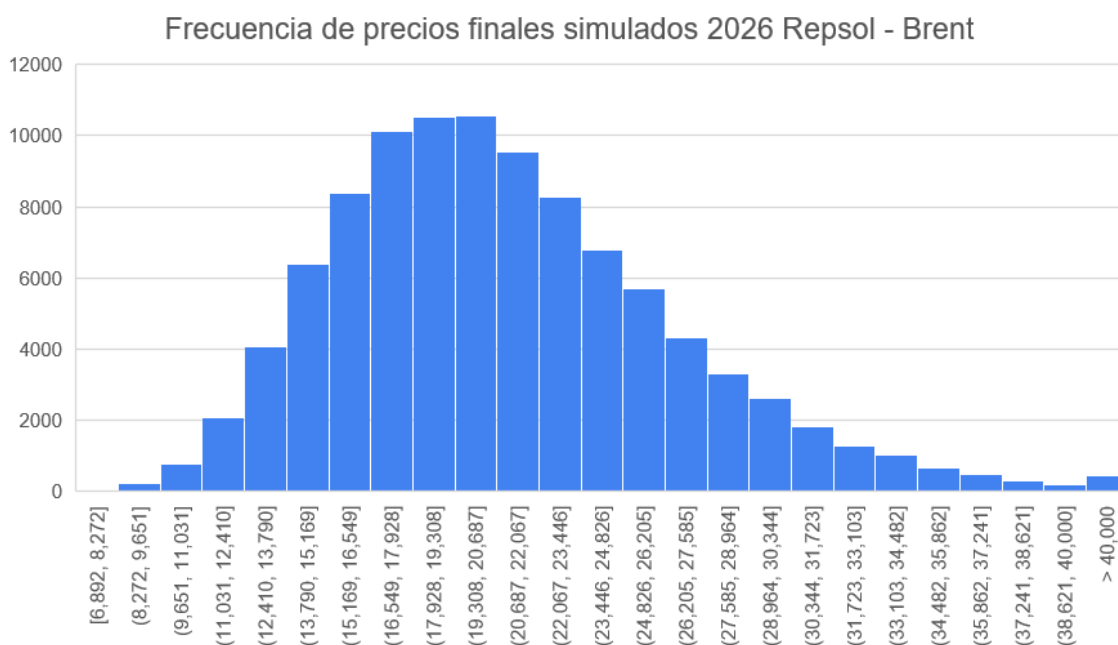
Seguidamente, tanto la media como la mediana han aumentado, de 12,353 y 11,764 a 20,978 y 20,252, consecutivamente. Esto es debido a que la cotización bursátil de Repsol ha aumentado mucho los últimos meses, los motivos, entre otros, son nuevas inversiones por un valor de 10 mil millones de euros a través de 2028 y un programa de compra de acciones que resultará en un incremento del dividendo por acción del 6% hasta 2028, (Repsol, S.A., 2026).

Sin embargo, uno de los factores que más han influido en su precio por acción es la escasez del petróleo crudo debido a los conflictos bélicos entre Estados Unidos e Irán, los cuales han aumentado significativamente los precios del barril de petróleo crudo.

Estos factores, entre otros, han resultado en un incremento del precio por acción de 15,925€ en el 31/12/2025 a 19,72€ en el 17/04/2026, un incremento aproximado del 24% en tan solo cuatro meses y medio.

Continuando con los percentiles, el rango de P5 a P95 ha pasado de 7,016 - 19,694 a 13,157 - 31,213 resultando en una diferencia de precios mayor y en cuanto a la simetría de la distribución, sigue teniendo asimetría positiva.

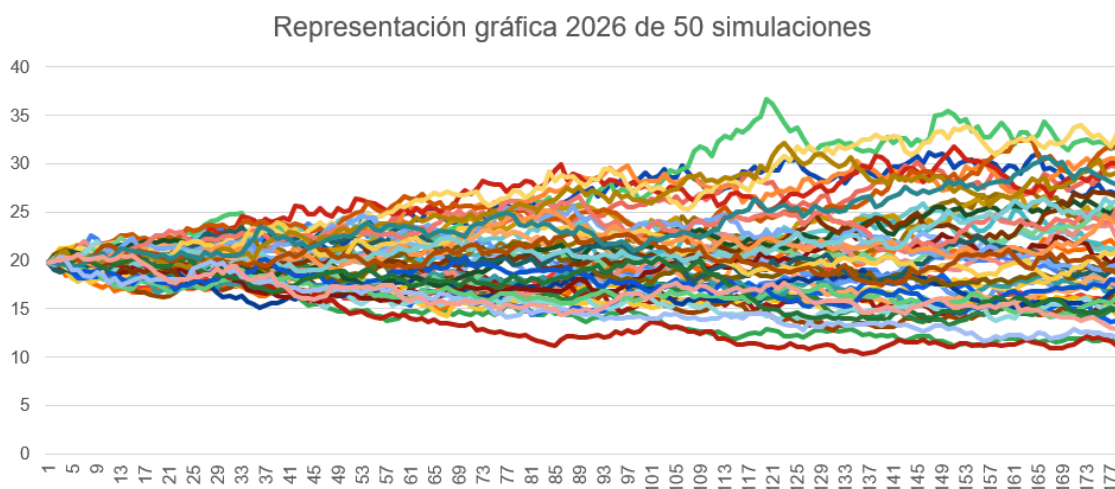
**Gráfico 12:** Frecuencia de los precios finales de la simulación Repsol y Brent para 2026



Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

Como se puede contemplar en el histograma, el valor mediano se sitúa en el rango (19,308 ; 20,687) y también se puede ver como la distribución muestra más amplitud hacia la derecha que a la izquierda (sigue teniendo sesgo al alza).

### Gráfico 13: Gráfico spaghetti de la simulación de Repsol y Brent para 2026



Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

Por último, mediante el gráfico 13 se aprecia cómo los valores finales están concentrados entre 30€ y 15€ aproximadamente, de acuerdo con los percentiles, valores los cuales han aumentado mucho comparado con el mismo gráfico para los mismos activos pero para 2025 (gráfico 8).

#### 15.2. Repsol - IBEX 35 para 2026

Siguiendo con la misma metodología previa, los resultados para Repsol teniendo en consideración los movimientos del IBEX 35 también han variado mucho con respecto a la simulación anterior. Esta gran variación en los precios futuros también se debe a que ha aumentado la cotización de ambos activos. En el caso del IBEX 35, ha aumentado de 11.595€ (31/12/2024) hasta 18.484€ (17/04/2026), un aumento del 57%, aproximadamente.

A continuación, se adjuntan las tablas y gráficos para Repsol e IBEX en 2026.

**Tabla 24:** Valores estadísticos de la simulación Repsol e IBEX 35 para 2026

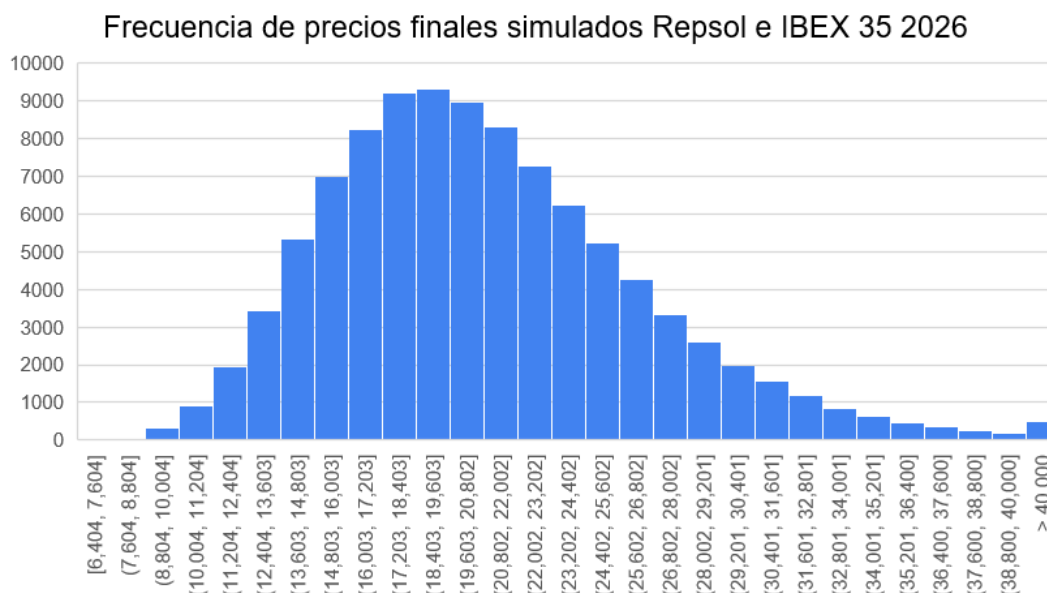
<b>Desviación típica</b>	5,590
<b>Media</b>	20,870
<b>Mediana</b>	20,155
<b>Percentil 5</b>	13,082
<b>Percentil 25</b>	16,894
<b>Percentil 50</b>	20,155
<b>Percentil 75</b>	24,071
<b>Percentil 95</b>	31,132

Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

Igual que con la simulación Repsol y Brent para 2026, los precios futuros han aumentado mucho. La media y mediana para 2025 y 2026, han aumentado de 12,223 y 11,632 a 20,870 y 20,155, respectivamente.

Esto es debido a que, con el actual período de incerteza, la volatilidad aumenta considerablemente resultando en valores futuros del precio por acción mucho más elevados.

**Gráfico 14:** Frecuencia de los precios finales de la simulación Repsol e IBEX 35 para 2026

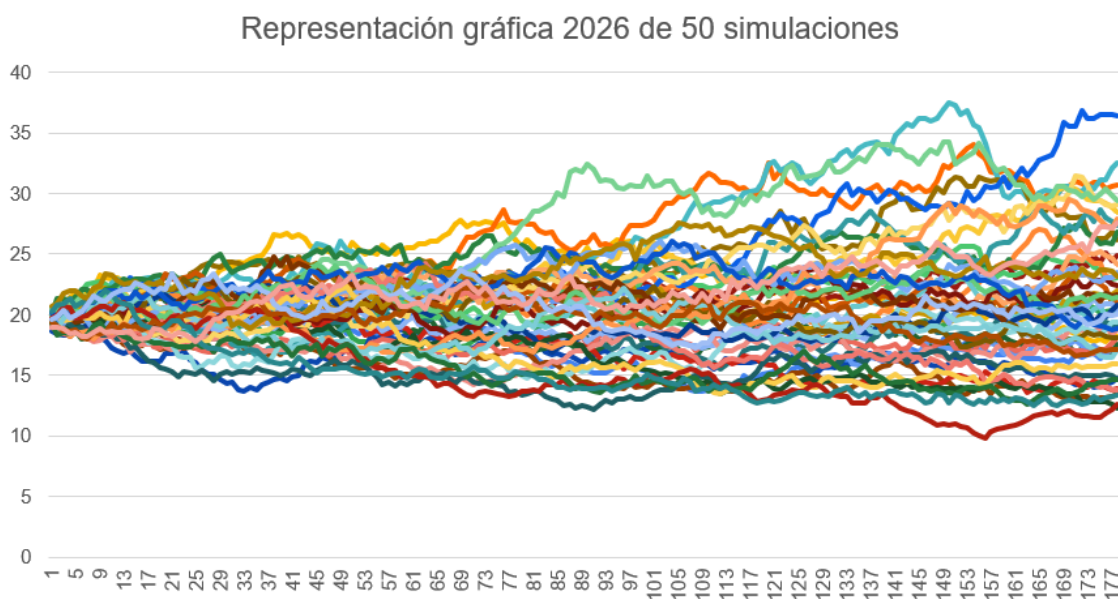


Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

Mediante el histograma, el rango más repetido es el de (18,403 ; 19,603), cuando para 2025 era (9,920 ; 10,720).

Por último, este aumento de volatilidad se puede apreciar mediante el gráfico spaghetti (gráfico 15), donde las 50 simulaciones presentan una elevada dispersión hecho que resulta del aumento de volatilidad para este período.

**Gráfico 15:** Gráfico spaghetti de la simulación de Repsol e IBEX 35 para 2026



Fuente: Elaboración propia realizada en Excel

Para concluir las predicciones de 2026, tanto para Repsol y Brent y Repsol e IBEX 35, los valores tan altos que han dado las simulaciones se deben principalmente al alto período de volatilidad dado por la guerra de Estados Unidos e Irán, ya que una de las consecuencias ha sido la apreciación masiva del precio del petróleo crudo debido a que se ha convertido en un bien escaso, resultando en un aumento de la cotización bursátil tanto del Brent como de Repsol, puesto que el Brent está influenciado por los precios del crudo a nivel mundial y Repsol dado que se beneficia de este aumento del precio en la actividad upstream, basado en la exploración y extracción del crudo.

No obstante, en base al marco teórico descrito, también le afecta negativamente en el downstream, apoyado mayoritariamente en el refino, ya que los márgenes de beneficio son menores. Por lo tanto, se entiende que el mercado interpreta que los beneficios como resultado de dicho evento macroeconómico son mayores que el efecto negativo sobre los costes y demanda de combustible.

En cuanto al IBEX 35, un aumento del crudo puede resultar en una mayor presión económica, ya que puede afectar negativamente al crecimiento económico del país.

Algunos factores que pueden explicar el aumento de este índice son noticias positivas sobre la economía española, la cual creció en 2025 un 2,8%, superando las expectativas (Cámara de España, 2026) y las fuertes expectativas de crecimiento económico para el año actual según el Banco de España, en el que se espera un mayor aumento de la economía española y un robusto gasto económico por parte del consumidor (Agence France-Presse, 2025).

Para concluir, estos resultados son coherentes con la limitada capacidad del modelo para capturar shocks exógenos, ya que está basado en datos históricos, por lo que cualquier evento fuera de estos datos no pueden ser predichos y como consecuencia, el modelo podría resultar en una simplificación del comportamiento real de los mercados financieros, por lo que los resultados de la simulación deben interpretarse como una aproximación sustentada en los datos históricos y no como un valor final definitivo.

## **16. Implicaciones para un inversor en Repsol**

Los resultados obtenidos mediante el marco práctico presentan información muy valiosa para un inversor de Repsol. En primer lugar, se ha llegado a la conclusión de que éste no depende principalmente del valor del índice Brent, ya que se ha calculado que explica aproximadamente un 21% sobre las variaciones en la cotización bursátil de Repsol y de que, el porcentaje restante está repartido entre la integración vertical, la diversificación de actividades, la estructura de costes, dónde extraen y compran el petróleo crudo, cómo gestionan el riesgo mediante actividades de cobertura y el sentimiento del mercado, mayoritariamente.

Debido a esto, la toma de decisión del inversor no debe tener únicamente en consideración la evolución de los precios del crudo sino también en los aspectos internos de la empresa, como la gestión del riesgo para minimizar los efectos de las adversidades macroeconómicas o la integración vertical que resulta en mejores márgenes económicos y reducción del riesgo ya que tiene un mayor control.

En segundo y último lugar, Repsol tiene una mayor sensibilidad al IBEX 35 que al Brent, por lo que no basta con que el inversor siga los precios del crudo sino también tiene que entender el entorno macroeconómico español y la evolución del mercado bursátil nacional.

## 17. Conclusiones

De acuerdo con las hipótesis que fueron planteadas al inicio del trabajo, en donde:

**Hipótesis 1:** Se plantea como hipótesis cómo las variaciones en el precio del Brent influyen en la cotización bursátil de Repsol.

**Hipótesis 2:** Se plantea como hipótesis que el método de Monte Carlo estime de forma razonable la distribución futura sobre la cotización bursátil de Repsol.

En relación con la primera hipótesis, se confirma que las variaciones en el precio del Brent influyen en la cotización bursátil de Repsol, dando como resultado una relación menos intensa de la esperada, hecho que se debe a que el valor beta es 0,39, implicando que la relación entre ambas variables es moderada – baja, donde un aumento del 1% en el Brent resulta en un aumento del 0,39% en Repsol y que, según el coeficiente de determinación, el 20,25% de la variación de los retornos de Repsol están explicados por los retornos del Brent.

Esta baja intensidad se debe a que este activo está más influenciado por otros aspectos tanto internos de la empresa como externos, no relacionados con el petróleo crudo. Uno de estos es el IBEX 35, que entre otros, representa el sentimiento del mercado Español y su economía, y mediante los cálculos de los parámetros estadísticos, se ha descubierto que tiene una sensibilidad y un coeficiente de determinación mayor que en comparación con el Brent, 1,03 y 50,77%, respectivamente. Esto resulta en que los movimientos de Repsol están considerablemente más explicados por el IBEX 35 que por el Brent.

En relación a la segunda hipótesis, también se confirma que el método de Monte Carlo estime de forma razonable la distribución futura sobre la cotización bursátil de Repsol, ya que a la hora de comparar los valores de la simulación con los valores reales, el

modelo los ha tenido en consideración a pesar de situarlos en los escenarios optimistas, debido a que los ubica en los percentiles altos, hecho que indica que el modelo fue conservador, resultando en una infravaloración de los escenarios alcistas. Esto se debe a que este depende demasiado de los datos históricos utilizados como inputs, por lo que, si hay cambios estructurales o situaciones excepcionales en el mercado, el modelo no se va a anticipar a ellos ya que está limitado por estos datos.

Por último, mediante la realización del trabajo, se han detectado futuras áreas de exploración las cuales pueden mejorarlo o ampliarlo:

- Elaborar un gráfico sobre la volatilidad beta para detectar los períodos en el que aumenta o disminuye, entender la causa de dicha actividad y con ello predecir cómo futuros eventos pueden afectar a la volatilidad.
- Predecir el precio futuro de Repsol añadiendo más variables en lugar de un activo individual como el Brent o el IBEX 35. Esto se podría hacer añadiendo en la misma ecuación el Brent, el IBEX 35, el tipo de cambio de euro a dólar y el PIB de España, y analizar si el resultado es más próximo al valor real que con un solo activo.
- Realizar un chow test para determinar si la relación entre la rentabilidad de Repsol y la del Brent ha presentado una ruptura estructural debido a eventos macroeconómicos durante los años analizados, para comprobar si la beta es estable ya que en el caso de que no, utilizar un único valor de beta para todo el período podría resultar en una simplificación del mercado financiero.

## 18. Bibliografía

Agence France-Presse (2025, 23 de diciembre). *Bank Of Spain Raises Growth Outlook Buoyed By Strong Exports.* Barron's.  
<https://www.barrons.com/news/bank-of-spain-raises-growth-outlook-buoyed-by-strong-exports-21ffd536>

Aranda, P. (2026, 13 de marzo). *Análisis Repsol: Los resultados del segundo trimestre 2025 resiliente.* Bankinter.  
<https://www.bankinter.com/blog/empresas/informe-acciones-repsol>

Banco Santander, S.A. (2024, 11 de enero). *Cómo calcular la rentabilidad de una inversión.*

- <https://www.bancosantander.es/particulares/ahorro-inversion/bolsa-inversion/guia-invertir-bolsa/rentabilidad-inversiones>
- Banco Santander, S.A. (s.f.). *¿Qué son los mercados financieros?* <https://www.bancosantander.es/glosario/mercados-financieros>
- Beers, B. (2026, 26 de febrero). *Regression: Definition, Analysis, Calculation, and Example*. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/r/regression.asp>
- Betancourt, D. F. (2016, 24 de febrero). *La regresión lineal para pronosticar la demanda*. Recuperado el 14 de mayo de 2026, de Ingenio Empresa: <https://www.ingenioempresa.com/regresion-lineal/>
- Cámara de España. (2026, 30 de enero). *La economía española cierra 2025 con un crecimiento muy robusto del 2,8%*. <https://www.camara.es/la-economia-espanola-cierra-2025-con-un-crecimiento-muy-robusto-del-28>
- Chen, J. (2025, 1 de julio). *Systematic Risk: Definition and Examples*. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/s/systematicrisk.asp>
- Direcció Financera: Finançament*. (s.f.). *Tema 2: El cost de finançament o de capital*: [https://campusvirtual.urv.cat/pluginfile.php/5404642/mod\\_resource/content/0/DF\\_F%20Tema%202%20diapositives.pdf](https://campusvirtual.urv.cat/pluginfile.php/5404642/mod_resource/content/0/DF_F%20Tema%202%20diapositives.pdf)
- Estela, C. (2025, 9 de diciembre). *¿Qué es la rentabilidad y cómo se calcula?* Raisin. <https://www.raisin.com/es-es/educacion-financiera/rentabilidad-que-es-tipos-y-como-se-calcula/>
- Ganti, A. (2026, 8 de mayo). *Capital Market Line (CML): Definition, Formula, and Calculation*. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/c/cml.asp>
- Grande Lamela, L. (s.f.). *Método Monte Carlo: generación de números aleatorios (I)*. PMI Capítulo de Madrid. <https://pmi-mad.org/socios/articulos/metodo-monte-carlo-generacion-de-numeros-aleatorios-i>
- Harper, D. R. (2025, 14 de octubre). *Monte Carlo Simulation With Geometric Brownian Motion Explained*. Investopedia. <https://www.investopedia.com/articles/07/montecarlo.asp>
- Investing.com (s.f.-a). *Datos históricos Petróleo Brent*. Investing. <https://es.investing.com/commodities/brent-oil-historical-data>
- Investing.com (s.f.-b). *Datos históricos de Repsol (REP)*. Investing. <https://es.investing.com/equities/repsol-ypf-historical-data>
- Kenton, W. (2025, 1 de julio). *Security Market Line (SML) Definition and Characteristics*. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/s/sml.asp>

- Kenton, W. (2026a, 22 de febrero). *Understanding the CAPM: Key Formula, Assumptions, and Applications*. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/c/capm.asp>
- Kenton, W. (2026b, 24 de marzo). *Monte Carlo Simulation: What It Is, How It Works, History, 4 Key Steps*. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/m/montecarlosimulation.asp>
- Macarty, M. (2013, 2 de enero). *How to Simulate Stock Price Changes with Excel (Monte Carlo)*. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=1ot7HOI3wQE>
- Macarty, M. (2026, 23 de abril). *Monte Carlo Stock Price Simulation Methods in Excel: Predict Market Volatility*. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=ucif5KPwFVQ&t=448s>
- Monte Carlo methods in finance. (2026, 25 de marzo). En Wikipedia [https://en.wikipedia.org/wiki/Monte\\_Carlo\\_methods\\_in\\_finance](https://en.wikipedia.org/wiki/Monte_Carlo_methods_in_finance)
- Peiro Ucha, A. (2024, 22 de mayo). *Riesgo específico: Qué es y cómo reducirlo*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/riesgo-especifico.html>
- Repsol, S.A. (2026). *Capital Markets Day 2026-2028*. The Hague: Repsol International Finance B.V.
- Repsol, S.A. (2025). *Consolidated Management Report 2025*.
- Repsol, S.A. (s.f.). *Nuestras inversiones en el complejo industrial*. Repsol. <https://tarragona.repsol.es/es/sobre-complejo/inversiones/index.cshtml>
- Repsol. (2026, 15 de abril). En Wikipedia. <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Repsol&oldid=172989917>
- Verschuuren, D. G. (2016, 18 de febrero). *Monte Carlo Simulation of Stock Volatility*. Youtube. [https://www.youtube.com/watch?v=TtO8z0\\_xbVA](https://www.youtube.com/watch?v=TtO8z0_xbVA)

