

# Valor en Riesgo y ES para portafolio del S&P 500

## Proyecto de Análisis de Riesgo Financiero

Fernanda Hernández, Leonardo Rosas, José Cortes, Lizeth Pastrana

Profesor: Jorge Luis Reyes García

## Contents

Abstract . . . . .	1
<b>Selección de Activos</b>	<b>1</b>
Descripción de Activos . . . . .	1
visualización de datos . . . . .	4
<b>Valor en Riesgo no paramétrico</b>	<b>6</b>
Simulación Histórica . . . . .	6
Simulación de Monte Carlo . . . . .	8
Simulación de Monte Carlo Laplace . . . . .	10
Simulación Bootstrapping . . . . .	12
<b>Alisamiento exponencial</b>	<b>13</b>
<b>Comparación de modelos</b>	<b>16</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>18</b>
<b>Aprendizajes</b>	<b>19</b>

## Abstract

An investment portfolio was constructed consisting of 20 stocks from companies belonging to the S&P 500 index, selected according to criteria of sector diversification and economic relevance, for the period from January 2022 to March 2025. Historical price data were obtained from the financial platform Yahoo Finance. For each selected issuer, a description of its economic sector, its main operating activities, and a justification for its inclusion in the portfolio are provided, considering its market representativeness and relevance within the risk analysis.

## Selección de Activos

### Descripción de Activos

Se construyó un portafolio de inversión compuesto por 20 acciones de compañías pertenecientes al índice S&P 500, seleccionadas de acuerdo con criterios de diversificación sectorial y relevancia económica, para el período comprendido entre enero de 2022 y marzo de 2025. Los datos históricos de precios fueron obtenidos de la plataforma financiera Yahoo Finance. Para cada emisora seleccionada, se proporciona una descripción del sector económico al que pertenece, sus principales actividades operativas, y una justificación del por qué

se decidió incluirla en el portafolio, considerando su representatividad en el mercado y su relevancia dentro del análisis de riesgo.

**Apple Inc. (AAPL)** Sector: Tecnología Principales actividades: diseña, fabrica y comercializa smartphones, ordenadores personales, tabletas, wearables y accesorios en todo el mundo. Racional: Apple es una de las compañías más valiosas y reconocidas globalmente, líder en innovación tecnológica. Su inclusión aporta solidez y exposición a tendencias de consumo premium, innovación y transformación digital. Justificación: Apple es una de las compañías más valiosas y reconocidas globalmente, líder en innovación tecnológica. Su inclusión aporta solidez y exposición a tendencias de consumo premium, innovación y transformación digital.

**Microsoft Corp. (MSFT)** Sector: Tecnología Principales actividades: desarrolla y da soporte a software, servicios, dispositivos y soluciones en todo el mundo. Racional: Microsoft ofrece estabilidad y crecimiento en sectores clave como software empresarial, computación en la nube e inteligencia artificial, siendo una de las empresas tecnológicas más diversificadas y rentables del mundo. Justificación: Microsoft ofrece estabilidad y crecimiento en sectores clave como software empresarial, computación en la nube e inteligencia artificial, siendo una de las empresas tecnológicas más diversificadas y rentables del mundo.

**NVIDIA Corp. (NVDA)** Sector: Tecnología Principales actividades: NVIDIA Corporation, empresa de infraestructura informática, ofrece soluciones gráficas, de computación y de redes en Estados Unidos, Singapur, Taiwán, China, Hong Kong y a nivel internacional. El segmento de Computación y Redes comprende plataformas informáticas para centros de datos y plataformas de redes de extremo a extremo. Racional: NVIDIA lidera sectores estratégicos como inteligencia artificial, centros de datos y gráficos, posicionándola como un actor fundamental en el futuro de la computación, lo que diversifica riesgos tecnológicos y de crecimiento. Justificación: NVIDIA lidera sectores estratégicos como inteligencia artificial, centros de datos y gráficos, posicionándola como un actor fundamental en el futuro de la computación, lo que diversifica riesgos tecnológicos y de crecimiento.

**Amazon.com, Inc. (AMZN)** Sector: Consumo discrecional Principales actividades: se dedica a la venta minorista de productos de consumo, publicidad y servicios de suscripción a través de tiendas físicas y en línea en Norteamérica e internacionalmente. Racional: Amazon domina el comercio electrónico y los servicios en la nube (AWS), sectores en constante expansión, lo que aporta exposición a innovación digital y consumo global al portafolio. Justificación: Amazon domina el comercio electrónico y los servicios en la nube (AWS), sectores en constante expansión, lo que aporta exposición a innovación digital y consumo global al portafolio.

**Meta Platforms, Inc. (META)** Sector: Servicios de comunicación Principales actividades: se dedica al desarrollo de productos que permiten a las personas conectarse y compartir con amigos y familiares a través de dispositivos móviles, computadoras personales, gafas de realidad virtual y mixta, realidad aumentada y wearables en todo el mundo. Racional: Meta es un referente en redes sociales y está invirtiendo fuertemente en tecnologías emergentes como realidad aumentada y metaverso, ofreciendo una mezcla de innovación y liderazgo en comunicación digital. Justificación: Meta es un referente en redes sociales y está invirtiendo fuertemente en tecnologías emergentes como realidad aumentada y metaverso, ofreciendo una mezcla de innovación y liderazgo en comunicación digital.

**Alphabet Inc. A (GOOGL)** Sector: Servicios de comunicación Principales actividades: Ofrece diversos productos y plataformas en Estados Unidos, Europa, Oriente Medio, África, Asia-Pacífico, Canadá y Latinoamérica. Opera a través de los segmentos de Servicios de Google, Google Cloud y Otras Apuestas. Racional: Alphabet, a través de Google y sus filiales, controla gran parte del mercado de búsquedas y publicidad digital, además de innovar en sectores como la nube, inteligencia artificial y automóviles autónomos, lo que garantiza diversificación tecnológica. Justificación: Alphabet, a través de Google y sus filiales, controla gran parte del mercado de búsquedas y publicidad digital, además de innovar en sectores como la nube, inteligencia artificial y automóviles autónomos, lo que garantiza diversificación tecnológica.

**Broadcom Inc. (AVGO)** Sector: Tecnología Principales actividades: diseña, desarrolla y suministra diversos dispositivos semiconductores, centrándose en dispositivos complejos basados en semiconductores de óxido metálico complementario (MEC) de señal digital y mixta, así como en productos analógicos III-V a nivel mundial. Racional: Broadcom es clave en la industria de semiconductores y comunicaciones, abasteciendo sectores esenciales como 5G, infraestructura de redes y servidores, brindando exposición a tecnología avanzada y

crecimiento estructural. Justificación: Broadcom es clave en la industria de semiconductores y comunicaciones, abasteciendo sectores esenciales como 5G, infraestructura de redes y servidores, brindando exposición a tecnología avanzada y crecimiento estructural.

**Alphabet Inc. C (GOOG)** Sector: Servicios de comunicación Principales actividades: ofrece diversos productos y plataformas en Estados Unidos, Europa, Oriente Medio, África, Asia-Pacífico, Canadá y Latinoamérica. Opera a través de los segmentos de Servicios de Google, Google Cloud y Otras Apuestas. Racional: La acción clase C de Alphabet proporciona la misma exposición a innovación, publicidad y tecnología global que GOOGL, pero sin derechos de voto, lo que permite diversificar dentro de una misma estructura corporativa. Justificación: La acción clase C de Alphabet proporciona la misma exposición a innovación, publicidad y tecnología global que GOOGL, pero sin derechos de voto, lo que permite diversificar dentro de una misma estructura corporativa.

**Tesla, Inc. (TSLA)** Sector: Consumo discrecional Principales actividades: Tesla, Inc. diseña, desarrolla, fabrica, alquila y vende vehículos eléctricos y sistemas de generación y almacenamiento de energía en Estados Unidos, China y a nivel internacional. Racional: Tesla es líder mundial en movilidad eléctrica y energías renovables, sectores en expansión, aportando innovación y crecimiento disruptivo a largo plazo al portafolio. Justificación: Tesla es líder mundial en movilidad eléctrica y energías renovables, sectores en expansión, aportando innovación y crecimiento disruptivo a largo plazo al portafolio.

**WALMART INC.(WMT)** Sector: Distribución y venta minorista de alimentos Principales actividades: opera tiendas y clubes minoristas y mayoristas, sitios web de comercio electrónico y aplicaciones móviles en todo el mundo. Racional: Walmart es el minorista más grande del mundo, con una sólida red logística y crecimiento en comercio electrónico, ofreciendo estabilidad y defensa ante ciclos económicos adversos. Justificación: Walmart es el minorista más grande del mundo, con una sólida red logística y crecimiento en comercio electrónico, ofreciendo estabilidad y defensa ante ciclos económicos adversos.

**Intel Corporation (INTC)** Sector: Tecnología Principales actividades: Intel Corporation diseña, desarrolla, fabrica, comercializa y vende productos y servicios informáticos y relacionados en todo el mundo. Racional: Intel es una referencia en la fabricación de semiconductores y procesadores a nivel mundial. Su reestructuración reciente y apuesta por la manufactura avanzada ofrecen oportunidades de crecimiento estratégico. Justificación: Intel es una referencia en la fabricación de semiconductores y procesadores a nivel mundial. Su reestructuración reciente y apuesta por la manufactura avanzada ofrecen oportunidades de crecimiento estratégico.

**JPMorgan Chase & Co. (JPM)** Sector: Servicios financieros Principales actividades: opera como una compañía de servicios financieros a nivel mundial. Opera a través de tres segmentos: Banca de Consumo y Banca Comunitaria, Banca Comercial y de Inversión, y Gestión de Activos y Patrimonio. La compañía ofrece productos de depósito, inversión y préstamo, gestión de efectivo, pagos y servicios. Racional: JPMorgan, el banco más grande de EE.UU., combina solidez financiera, diversificación de ingresos y liderazgo en banca de inversión y gestión de activos, aportando estabilidad al portafolio. Justificación: JPMorgan, el banco más grande de EE.UU., combina solidez financiera, diversificación de ingresos y liderazgo en banca de inversión y gestión de activos, aportando estabilidad al portafolio.

**Ford Motor Company (F)** Sector: Consumo discrecional Principales actividades: desarrolla, entrega y presta servicio a camionetas, vehículos utilitarios deportivos (SUV), furgonetas y automóviles comerciales Ford, y vehículos de lujo Lincoln en todo el mundo.

Racional: Ford representa la transición de la industria automotriz hacia vehículos eléctricos y tecnologías inteligentes, ofreciendo exposición a movilidad sostenible y recuperación cíclica. Justificación: Ford representa la transición de la industria automotriz hacia vehículos eléctricos y tecnologías inteligentes, ofreciendo exposición a movilidad sostenible y recuperación cíclica.

**NIKE, Inc. (NKE)** Sector: Consumo discrecional Principales actividades: junto con sus subsidiarias, se dedica al diseño, desarrollo, comercialización y venta de calzado, ropa, equipos, accesorios y servicios deportivos en todo el mundo.

Racional: Nike es líder mundial en ropa y calzado deportivo, con fuerte reconocimiento de marca e innovación continua, lo que brinda exposición al consumo global y a tendencias de vida saludable. Justificación: Nike es líder mundial en ropa y calzado deportivo, con fuerte reconocimiento de marca e innovación continua, lo que

brinda exposición al consumo global y a tendencias de vida saludable.

**The Goldman Sachs Group, Inc. (GS)** Sector: Servicios financieros Principales actividades: ofrece una gama de servicios financieros a empresas, instituciones financieras, gobiernos y particulares en América, Europa, Oriente Medio, África y Asia. Opera a través de los segmentos de Banca y Mercados Globales, Gestión de Activos y Patrimonios, y Soluciones de Plataforma. Racional: Goldman Sachs es uno de los bancos de inversión más importantes del mundo, con alto nivel de diversificación y generación de ingresos en servicios financieros, ideal para capturar oportunidades en mercados de capitales. Justificación: Goldman Sachs es uno de los bancos de inversión más importantes del mundo, con alto nivel de diversificación y generación de ingresos en servicios financieros, ideal para capturar oportunidades en mercados de capitales.

**Netflix, Inc. (NFLX)** Sector: Servicios de Comunicación Principales actividades: ofrece servicios de entretenimiento. La compañía ofrece series de televisión, documentales, largometrajes y juegos en diversos géneros e idiomas. También ofrece a sus miembros la posibilidad de recibir contenido en streaming a través de una amplia gama de dispositivos conectados a internet, como televisores, reproductores de vídeo digitales, decodificadores y dispositivos móviles. Racional: Netflix es pionero en el streaming de contenido digital, con expansión global y fuerte creación de contenido original, ofreciendo exposición a cambios en el consumo de entretenimiento. Justificación: Netflix es pionero en el streaming de contenido digital, con expansión global y fuerte creación de contenido original, ofreciendo exposición a cambios en el consumo de entretenimiento.

**Chevron Corporation (CVX)** Sector: Energético Principales actividades: a través de sus filiales, participa en operaciones integradas de energía y productos químicos en Estados Unidos e internacionalmente. Racional: Chevron proporciona diversificación energética con operaciones integradas en petróleo, gas y químicos, y además ofrece estabilidad de dividendos, ideal en entornos de inflación o volatilidad energética. Justificación: Chevron proporciona diversificación energética con operaciones integradas en petróleo, gas y químicos, y además ofrece estabilidad de dividendos, ideal en entornos de inflación o volatilidad energética.

**Adobe Inc. (ADBE)** Sector: Tecnología Principales actividades: junto con sus filiales, opera como una empresa tecnológica a nivel mundial. Opera a través de tres segmentos: Medios Digitales, Experiencia Digital y Publicidad y Publicidad. Racional: Adobe es líder mundial en software creativo y marketing digital, posicionada en sectores en crecimiento como creación de contenido digital, analítica y experiencia de usuario. Justificación: Adobe es líder mundial en software creativo y marketing digital, posicionada en sectores en crecimiento como creación de contenido digital, analítica y experiencia de usuario.

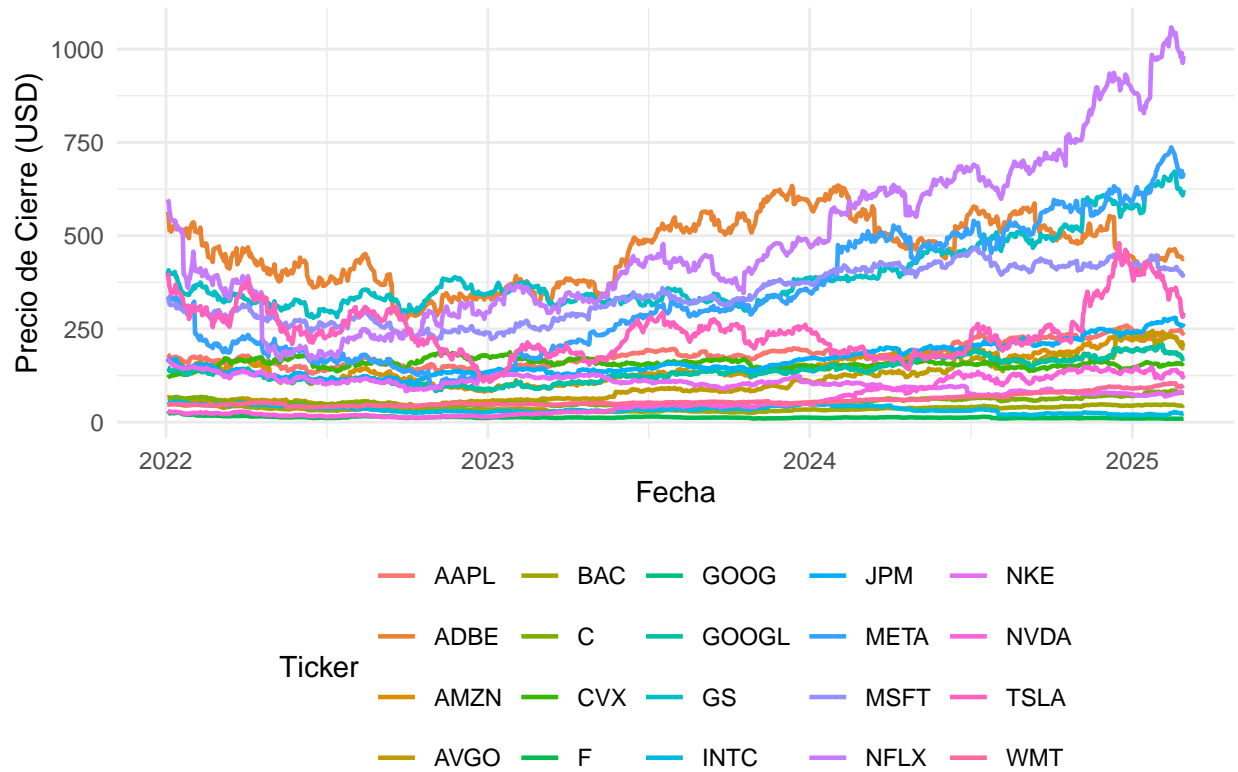
**Bank of America Corporation (BAC)** Sector: Servicios financieros Principales actividades: a través de sus subsidiarias, ofrece diversos productos y servicios financieros a particulares, pymes, inversores institucionales, grandes corporaciones y gobiernos de todo el mundo. Racional: Bank of America es una de las principales instituciones financieras globales, con diversificación en banca minorista, inversión y servicios financieros, ofreciendo solidez ante cambios económicos. Justificación: Bank of America es una de las principales instituciones financieras globales, con diversificación en banca minorista, inversión y servicios financieros, ofreciendo solidez ante cambios económicos.

**Citigroup Inc. (C)** Sector: Servicios financieros Principales actividades: ofrece diversos productos y servicios financieros a consumidores, empresas, gobiernos e instituciones. Racional: Citigroup tiene una amplia presencia internacional, especialmente en mercados emergentes, lo que aporta diversificación geográfica y exposición a crecimiento fuera de EE.UU. Justificación: Citigroup tiene una amplia presencia internacional, especialmente en mercados emergentes, lo que aporta diversificación geográfica y exposición a crecimiento fuera de EE.UU.

## visualización de datos

Con el objetivo de visualizar el comportamiento histórico de las emisoras seleccionadas, se elaboró un gráfico de líneas que muestra las series de tiempo de los precios de cierre de cada acción considerada en el análisis. Esta visualización permite identificar tendencias generales, episodios de volatilidad y comportamientos particulares que podrían influir en el cálculo del riesgo.

## Serie de Tiempo de Precios de Cierre



Dado que el enfoque del análisis está centrado en la medición del riesgo, trabajar directamente con los precios de las acciones no es recomendable, ya que estos no suelen ser series estacionarias. La no estacionariedad implica que los precios presentan una tendencia (creciente o aleatoria), y no poseen una media ni varianza constantes en el tiempo. Esto representa un problema al aplicar modelos de Valor en Riesgo (VaR), los cuales requieren supuestos de estacionariedad para obtener resultados confiables.

Por esta razón, en nuestro análisis utilizamos los *rendimientos simples*, definidos como:

$$R_t = \frac{P_{t+1} - P_t}{P_t}$$

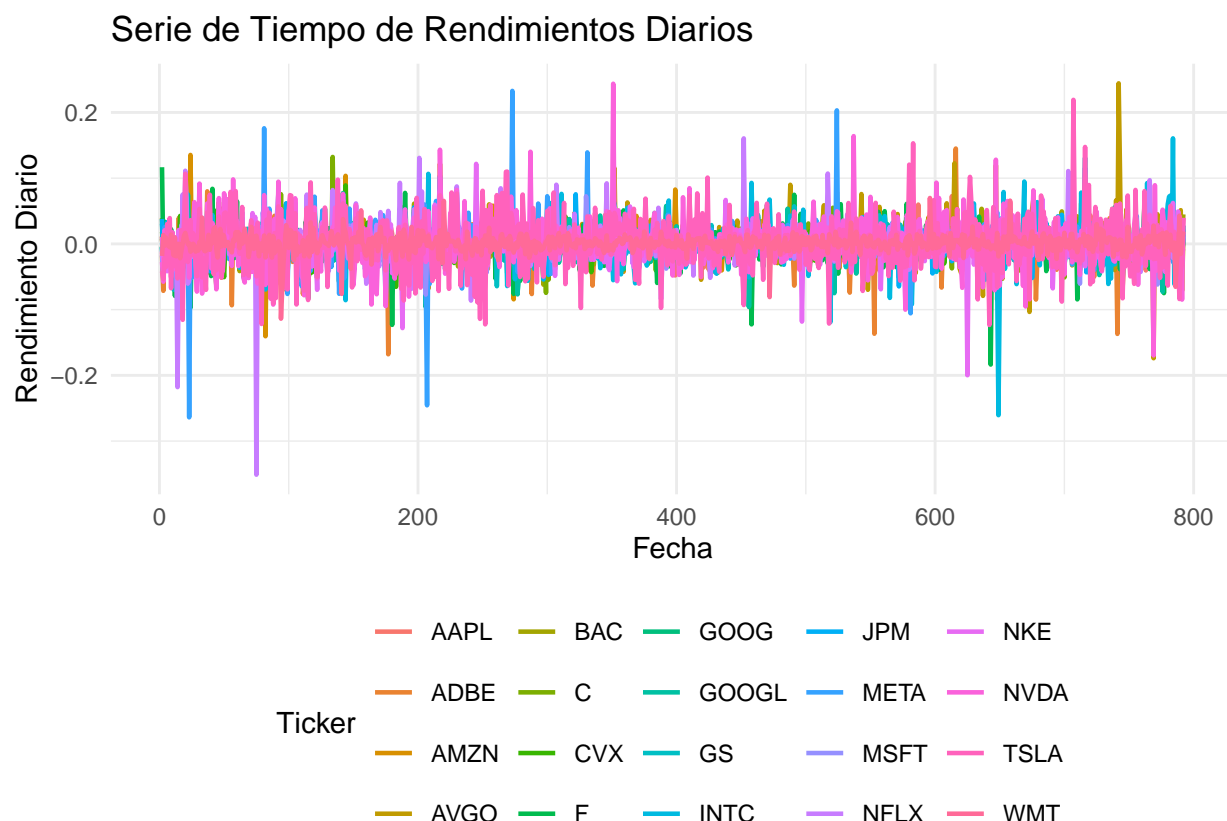
$R_t$ : Rendimiento del activo en el período t

$P_t$ : Precio del activo en el tiempo t

$P_{t+1}$ : Precio del activo en el tiempo t+1 (siguiente periodo)

Y los graficamos para observar la diferencia con nuestras series de tiempo, nuevamente graficamos todas nuestras acciones, y aunque no se alcanza a observar claro que línea es de cada empresa, podemos ver que la serie ya es estacionaria.

A continuación, se presenta el gráfico de los rendimientos simples para cada una de las acciones en el portafolio. Si bien debido a la densidad de la información no es posible identificar fácilmente cada serie individual, se puede observar visualmente que las series son estacionarias, con fluctuaciones alrededor de una media constante y sin tendencia aparente.



## Valor en Riesgo no paramétrico

En esta sección se calcula el Valor en Riesgo (VaR) individual y para el portafolio, utilizando varios métodos no paramétricos. Estos métodos permiten estimar el riesgo de pérdida sin hacer suposiciones sobre la distribución específica de los rendimientos, lo cual es útil para la estimación del riesgo en situaciones donde los datos no siguen distribuciones conocidas o estándar.

### Simulación Histórica

En esta sección se presenta el cálculo del Valor en Riesgo (VaR) y la Pérdida Esperada (ES) utilizando el método de Simulación Histórica, que estima el riesgo de pérdida futura basándose en los rendimientos históricos observados. Este enfoque no hace suposiciones sobre la distribución de los rendimientos y, por lo tanto, refleja directamente el comportamiento pasado del activo.

El\*VaR se calcula como el percentil inferior de los rendimientos históricos, lo que representa la pérdida máxima esperada en un nivel de confianza dado. El VaR para un nivel de confianza  $\alpha$  es el valor tal que el área bajo la distribución de los rendimientos hasta este punto es igual a  $\alpha$ .

El cálculo se realiza para cada emisora y para diferentes horizontes de tiempo: 1, 7, 15, 30, 60, 90 y 180 días. Además, se consideran tres niveles de confianza: 95%, 97% y 99%, lo que permite evaluar el riesgo bajo diversas condiciones.

El VaR para cada emisora  $i$  y horizonte de tiempo  $t$  se define como:

$$VaR_{\alpha} = \text{percentil}_{\alpha}(\text{rendimientos históricos})$$

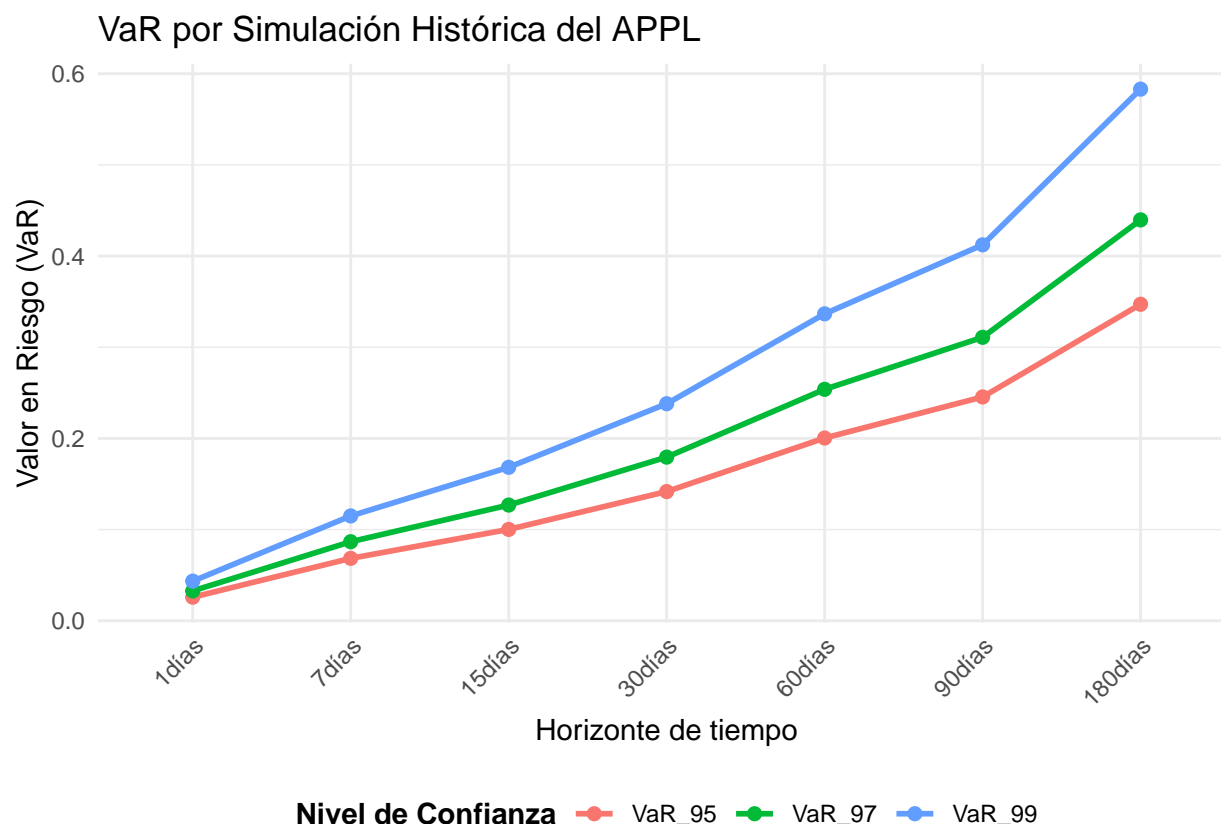
Por otro lado, la Pérdida Esperada (ES) se calcula como el valor promedio de las pérdidas que exceden el VaR. Esto proporciona una medida más completa del riesgo en situaciones extremas. La ES para un nivel de confianza  $\alpha$  se calcula como el promedio de los rendimientos inferiores al VaR:

$$ES_{\alpha} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Pérdida}_i \quad \text{si} \quad \text{Pérdida}_i \leq VaR_{\alpha}$$

A continuación, se presentan algunos de los resultados obtenidos para cada emisora del S&P 500, considerando los diferentes horizontes de tiempo y niveles de confianza. La tabla muestra el VaR y la ES para cada emisora aleatoriamente con cada nivel de confianza (95%, 97%, 99%).

Table 1: VaR Historico

Emisora	Horizonte	VaR_95	VaR_97	VaR_99	ES_95	ES_97	ES_99
P5	15días	0.1555700	0.1976441	0.2562735	0.2605147	0.3210026	0.5214091
P5	1días	0.0401680	0.0510315	0.0661695	0.0672646	0.0828825	0.1346273
P1	60días	0.2004223	0.2538385	0.3366349	0.3039818	0.3555577	0.4913329
PT	180días	13.0987890	15.3733849	19.5967547	17.3961165	19.6365361	24.0161601
P10	1días	0.0184920	0.0228076	0.0323362	0.0285337	0.0342777	0.0507154
PT	60días	7.5625894	8.8758279	11.3141916	10.0436526	11.3371594	13.8657365
PT	15días	3.7812947	4.4379140	5.6570958	5.0218263	5.6685797	6.9328682
P8	7días	0.0825480	0.1057784	0.1447572	0.1250084	0.1448545	0.1908047
P7	15días	0.1684986	0.2040248	0.2821206	0.2609655	0.3117921	0.4641263
P3	60días	0.4223912	0.5306912	0.7122448	0.6439249	0.7531034	1.0702335
P8	180días	0.4185946	0.5363942	0.7340528	0.6339082	0.7345462	0.9675565
P2	15días	0.1058489	0.1236873	0.1642365	0.1488052	0.1723182	0.2300181
P19	180días	0.3897452	0.4714226	0.7192998	0.5775102	0.6722883	0.8612132
P13	7días	0.0974021	0.1182711	0.1627354	0.1402841	0.1632651	0.2085460
P10	15días	0.0716193	0.0883336	0.1252374	0.1105106	0.1327570	0.1964199



Este gráfico muestra cómo varía el Valor en Riesgo (VaR) de la emisora P1 en distintos horizontes de tiempo (1, 7, 15, 30, 60, 90 y 180 días) y para tres niveles de confianza (95%, 97%, 99%).

-A mayor horizonte de tiempo, el VaR aumenta. Esto tiene sentido porque al extender el plazo, hay más exposición al riesgo y, por tanto, mayor posibilidad de una pérdida acumulada.

-A mayor nivel de confianza, el VaR también aumenta. Esto refleja que si se quiere tener más certeza de no perder más que una cantidad determinada, se debe asumir un peor escenario (una mayor pérdida).

-La forma ascendente del gráfico confirma que el riesgo crece en escenarios más extremos y en plazos más largos.

## Simulación de Monte Carlo

En esta sección se presenta el cálculo del Valor en Riesgo (VaR) y la Pérdida Esperada (ES) utilizando el método de Simulación Monte Carlo con supuestos normales, que estima el riesgo de pérdida futura generando un gran número de trayectorias posibles del precio del activo, basadas en la media y volatilidad histórica de los rendimientos diarios, bajo el supuesto de que estos siguen una distribución normal.

Este enfoque permite modelar escenarios futuros aleatorios mediante la generación de números pseudoaleatorios, lo que proporciona una visión probabilística del comportamiento potencial del activo. A diferencia de la simulación histórica, esta técnica asume explícitamente una forma paramétrica (normal) para la distribución de los rendimientos, lo que puede facilitar el análisis pero también implica limitaciones si los rendimientos reales presentan asimetría o colas gruesas.

Sea  $X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n+1})$  el vector de precios del activo durante  $n + 1$  días.

A partir de estos precios, se calcula el vector de **rendimientos porcentuales** como:



$$y_i = \frac{x_{i+1}}{x_i} - 1, \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, n$$

Suponiendo que los rendimientos siguen una distribución Normal, se estiman los parámetros estadísticos:

- Media muestral:  $\hat{\mu}$
- Desviación estándar:  $\hat{\sigma}$

Se simulan  $N$  rendimientos futuros a partir de una función de distribución acumulada inversa, generando:

$$w_i = F^{-1}(u_i; \mu, \sigma^2), \quad u_i \sim \mathcal{U}(0, 1)$$

El **Valor en Riesgo (VaR)** se calcula como el percentil inferior de la muestra  $W = (w_1, w_2, \dots, w_N)$ .

La **Pérdida Esperada (ES)** se obtiene como el promedio de los valores que exceden ese percentil.

El VaR se calcula como el percentil inferior de la muestra  $W = (w_1, w_2, \dots, w_N)$ , y la Pérdida Esperada como el promedio de los valores que exceden ese percentil.

El cálculo se realiza para cada emisora y considera diferentes horizontes de tiempo: 1, 7, 15, 30, 60, 90 y 180 días. Asimismo, se evalúan tres niveles de confianza: 95%, 97% y 99%, permitiendo comparar el riesgo bajo distintos supuestos de severidad.

A continuación, se presentan algunos de los resultados obtenidos para cada emisora del S&P 500, considerando los diferentes horizontes de tiempo y niveles de confianza. La tabla muestra el VaR y la ES para cada emisora aleatoriamente con cada nivel de confianza (95%, 97%, 99%).

Table 2: VaR MCN

NumSim	Emisora	Horizonte	VaR_95	VaR_97	VaR_99	ES_95	ES_97	ES_99
10000	P11	30	-	-	-	-	-	-
			0.2732085	0.3068898	0.3771719	0.3339016	0.3639400	0.4233365
10000	P14	90	-	-	-	-	-	-
			0.3940421	0.4427186	0.5247737	0.4743144	0.5136905	0.5834756
5000	P5	7	-	-	-	-	-	-
			0.1179146	0.1339736	0.1727815	0.1506736	0.1671324	0.2020289
5000	P8	30	-	-	-	-	-	-
			0.1738120	0.1993516	0.2497019	0.2203932	0.2426256	0.2860387
10000	P1	7	-	-	-	-	-	-
			0.0698613	0.0802155	0.0996427	0.0881176	0.0968667	0.1147471
10000	P13	90	-	-	-	-	-	-
			0.4610928	0.5222652	0.6372407	0.5678080	0.6210256	0.7188539
5000	P3	30	-	-	-	-	-	-
			0.2441328	0.2923389	0.3849478	0.3326862	0.3751292	0.4609256
20000	P4	1	-	-	-	-	-	-
			0.0388430	0.0447422	0.0551436	0.0489766	0.0538347	0.0629457
10000	P8	180	-	-	-	-	-	-
			0.3816497	0.4487081	0.5691674	0.4982407	0.5539439	0.6514296
20000	P10	180	-	-	-	-	-	-
			0.1136876	0.1532288	0.2366068	0.1878446	0.2250795	0.2980493
5000	P16	60	-	-	-	-	-	-
			0.3273890	0.3889239	0.4935663	0.4300786	0.4783486	0.5726602
10000	P3	1	-	-	-	-	-	-
			0.0560838	0.0638949	0.0807937	0.0712361	0.0787712	0.0944037
20000	P15	1	-	-	-	-	-	-
			0.0272325	0.0310062	0.0384566	0.0340115	0.0373484	0.0438969

NumSim	Emisora	Horizonte	VaR_95	VaR_97	VaR_99	ES_95	ES_97	ES_99
10000	P3	7	-	-	-	-	-	-
			0.1364435	0.1579789	0.2022260	0.1751229	0.1938821	0.2292493
10000	P15	7	-	-	-	-	-	-
			0.0692293	0.0785543	0.0993716	0.0873090	0.0965004	0.1156555

Table 3: Top 10 VaR al 99%

NumSim	Emisora	Horizonte	VaR_95	VaR_97	VaR_99	ES_95	ES_97	ES_99
10000	PT	180	1224.7697411	1490.4287386	1959.8533599	1665.9666750	1880.0452369	2266.9585534
5000	P10	1	-0.0206849	-0.0238804	-0.0286722	-0.0260512	-0.0285940	-0.0336777
5000	P12	1	-0.0238761	-0.0277432	-0.0344197	-0.0304130	-0.0336043	-0.0397621
5000	P17	1	-0.0252669	-0.0292502	-0.0359495	-0.0317672	-0.0348585	-0.0408464
5000	P15	1	-0.0269189	-0.0300835	-0.0376428	-0.0333092	-0.0367528	-0.0435886
10000	P1	1	-0.0276046	-0.0313960	-0.0381062	-0.0342366	-0.0374511	-0.0441135
10000	P19	1	-0.0285609	-0.0326007	-0.0390757	-0.0353341	-0.0386849	-0.0453813
5000	P2	1	-0.0290468	-0.0326378	-0.0391843	-0.0355941	-0.0387945	-0.0451224
5000	P20	1	-0.0284926	-0.0338020	-0.0410324	-0.0366206	-0.0404186	-0.0476578
5000	P6	1	-0.0334552	-0.0389796	-0.0465866	-0.0420497	-0.0460092	-0.0531354

Los resultados de la simulación Monte Carlo normal indican que el portafolio total (PT) sigue presentando el mayor Valor en Riesgo (VaR), lo que confirma su exposición a pérdidas extremas en escenarios adversos. Emisoras como WMT (P10), JPM (P12) y CVX (P17) también muestran un VaR elevado, lo que sugiere que, incluso bajo una distribución normal de rendimientos, estas acciones mantienen una alta sensibilidad a fluctuaciones del mercado.

Las emisoras WMT, JPM, CVX tienen un alto VaR individual, asociado a su naturaleza cíclica (WMT en retail, JPM en banca, CVX en energía) y su reactividad a shocks económicos.

En comparación con el VaR histórico, la simulación normal confirma tendencias similares a las observadas en el análisis histórico, aunque con posibles variaciones en la magnitud del riesgo debido a los supuestos de normalidad.

## Simulación de Monte Carlo Laplace

En esta sección se presenta el cálculo del Valor en Riesgo (VaR) y la Pérdida Esperada (ES) utilizando el método de Simulación Monte Carlo con distribución Laplace. A diferencia de la simulación histórica, este enfoque genera escenarios sintéticos basados en una distribución de probabilidad específica (en este caso, Laplace), que es adecuada para modelar rendimientos financieros con colas más pesadas que la distribución normal, capturando así mejor el riesgo de eventos extremos.

La distribución Laplace (o doble exponencial) se caracteriza por su mayor densidad en las colas, lo que la hace útil para activos con alta curtosis y volatilidad. Su función de densidad de probabilidad está dada por:

$$f(x | \mu, b) = \frac{1}{2b} \exp\left(-\frac{|x - \mu|}{b}\right)$$

donde: -  $\mu$  es la localización -  $b > 0$  es el parámetro de escala

El cálculo se realiza para cada emisora y considera diferentes horizontes de tiempo: 1, 7, 15, 30, 60, 90 y 180 días. Asimismo, se evalúan tres niveles de confianza: 95%, 97% y 99%, permitiendo comparar el riesgo bajo distintos supuestos de severidad.

A continuación, se presentan algunos de los resultados obtenidos para cada emisora del S&P 500, considerando los diferentes horizontes de tiempo y niveles de confianza. La tabla muestra el VaR y la ES para cada emisora aleatoriamente con cada nivel de confianza (95%, 97%, 99%).

Table 4: VaR MCL

NumSim	Emisora	Horizonte	VaR_95	VaR_97	VaR_99	ES_95	ES_97	ES_99
5000	P17	30	-	-	-	-	-	-
			20.9639932	30.0395897	30.0475661	30.0414647	30.0465255	30.0528505
20000	P3	90	-	-	-	-	-	-
			205.9392021	295.2597451	295.2733051	295.2628595	295.2710254	295.2806505
10000	P20	60	-9.9385598	-	-	-	-	-
				14.2198946	14.2303887	14.2223303	14.2290587	14.2367981
20000	P14	30	0.1274437	0.0531323	0.0530453	0.0531119	0.0530623	0.0530029
10000	P4	60	-	-	-	-	-	-
			12.8673097	18.4230237	18.4347388	18.4255874	18.4324179	18.4399117
20000	P3	60	-	-	-	-	-	-
			137.2904865	196.8391124	196.8514276	196.8422838	196.8491334	196.8573690
10000	P4	7	-1.5062944	-2.1487546	-2.1523461	-2.1495128	-2.1519062	-2.1546989
10000	P11	30	0.1946776	0.0809649	0.0808771	0.0809427	0.0808950	0.0808370
5000	P7	180	-	-	-	-	-	-
			56.7349876	81.3084521	81.3340918	81.3147129	81.3283583	81.3443321
20000	P9	90	-	-	-	-	-	-
			26.2586622	37.6185918	37.6322971	37.6219141	37.6304013	37.6402887
5000	PT	30	0.0000000	0.0000000	0.0000000	129.1935835	129.1935835	129.1935835
20000	P5	7	-6.1234376	-8.7681687	-8.7721361	-8.7691598	-8.7715331	-8.7745347
10000	P8	180	-	-	-	-	-	-
			161.0444894	230.8793887	230.9003939	230.8845840	230.8966853	230.9115517
20000	P11	180	1.1693581	0.4857038	0.4854984	0.4856531	0.4855374	0.4853982
5000	P18	1	0.0058341	0.0024679	0.0024558	0.0024646	0.0024574	0.0024463

Table 5: Top 10 VaR al 99%

NumSim	Emisora	Horizonte	VaR_95	VaR_97	VaR_99	ES_95	ES_97	ES_99
5000	P19	180	3.6956410	1.5336378	1.5334388	1.5335893	1.5334789	1.5333335
10000	P11	180	1.1695066	0.4856880	0.4855049	0.4856459	0.4855301	0.4853984
20000	P18	180	1.0687607	0.4439880	0.4437883	0.4439398	0.4438259	0.4436894
5000	P14	180	0.7671023	0.3186608	0.3184894	0.3186269	0.3185134	0.3183788
5000	PT	1	0.0000000	0.0000000	0.0000000	27.4678855	27.4678855	27.4678855
20000	P16	1	-	-	-	-	-	-
			0.1660028	0.2325464	0.2336874	0.2328025	0.2336035	0.2347719
5000	P20	1	-	-	-	-	-	-
			0.1689650	0.2369980	0.2379323	0.2371453	0.2379737	0.2391747
20000	P4	1	-	-	-	-	-	-
			0.2185491	0.3068924	0.3079701	0.3071012	0.3078926	0.3089745
5000	P15	1	-	-	-	-	-	-
			0.2538192	0.3562755	0.3573546	0.3564509	0.3572402	0.3581670
20000	P9	1	-	-	-	-	-	-
			0.2963978	0.4177951	0.4187954	0.4179837	0.4187470	0.4197736

Los resultados de la simulación Monte Carlo bajo el supuesto de distribución Laplace revelan patrones

de riesgo significativos en el portafolio analizado. Este enfoque, que considera colas más pesadas que la distribución normal, proporciona una estimación más conservadora del riesgo extremo.

Las emisoras con mayor riesgo fueron BAC (P19), INTC (P11) y ADBE (P18), la esta sensibilidad de BAC (P19) refleja la naturaleza cíclica del sector bancario (Bank of America) a cambios en tasas de interés y condiciones macroeconómicas, en INTC (P11) la volatilidad en semiconductores y competencia global impactan su perfil de riesgo y en ADBE (P18) muestra sensibilidad a cambios en gasto corporativo.

En comparacion con los otros modelos la simulación Laplace muestra valores de riesgo más extremos que la normal para las mismas condiciones, tiene mayor dispersión en los resultados entre emisoras y ES significativamente más alto que en simulaciones normales

## Simulación Bootstrapping

En esta sección se presenta el cálculo del Valor en Riesgo (VaR) y la Pérdida Esperada (ES) utilizando el método de simulación Bootstrap. A diferencia de los enfoques paramétricos tradicionales, esta técnica no asume una distribución específica para los rendimientos financieros, sino que se basa en el remuestreo aleatorio de los datos históricos para generar escenarios sintéticos. Esto permite capturar de manera más fiel las características empíricas de los datos, incluyendo asimetrías, curtosis y dependencia temporal, proporcionando así estimaciones de riesgo más robustas, especialmente en mercados con comportamiento no normal.

Para el remuestreo con reemplazo, dada una serie histórica de rendimientos  $r_1, r_2, \dots, r_n$ , generamos  $B$  muestras bootstrap:

$$r_1, r_2, \dots, r_n \quad (\text{donde cada } r_i \text{ se selecciona aleatoriamente})$$

Para cada muestra bootstrap, calculamos el percentil  $\alpha$ :

$$\text{VaR}_\alpha = \frac{1}{B} \sum b = 1^B \text{percentil}_\alpha(r_b^*)$$

Table 6: VaR Bootstrapping

NumSim	Emisora	Horizonte	VaR_95	VaR_97	VaR_99	ES_95	ES_97	ES_99
10000	P15	7	-	-	-	-	-	-
			0.0688881	0.0872483	0.1266532	0.0006543	0.0023662	0.0042490
20000	P15	15	-	-	-	-	-	-
			0.1581187	0.1857800	0.2289029	0.0009169	0.0043873	0.0092583
20000	P8	90	-	-	-	-	-	-
			0.3579416	0.4127899	0.4445275	0.0186472	0.0268077	0.0352245
20000	P12	90	-	-	-	-	-	-
			0.3523500	0.4270319	0.4606036	0.0484883	0.0558497	0.0640155
10000	P10	180	-	-	-	-	-	-
			0.3728322	0.3939562	0.4172134	0.1680649	0.1721434	0.1768286
5000	P12	30	-	-	-	-	-	-
			0.1563318	0.1860057	0.2162849	0.0135280	0.0168743	0.0204265
5000	P14	90	-	-	-	0.0818366	0.0719252	0.0635229
			0.3456589	0.3648967	0.4078860			
5000	P12	7	-	-	-	0.0001611	-	-
			0.0906058	0.1000339	0.1150011		0.0017224	0.0039485
20000	P6	15	-	-	-	0.0023682	-	-
			0.1278054	0.1379021	0.1701789		0.0004815	0.0035930
20000	P1	1	-	-	-	0.0016767	0.0010360	0.0002379
			0.0254226	0.0327607	0.0432709			

NumSim	Emisora	Horizonte	VaR_95	VaR_97	VaR_99	ES_95	ES_97	ES_99
5000	P1	7	-	-	-	0.0008948	-	-
			0.0708769	0.0831109	0.1030099		0.0008426	0.0027877
5000	P20	180	-	-	-	-	-	-
			0.5076973	0.5415685	0.6192976	0.0518829	0.0620493	0.0723017
20000	PT	180	-	-	-	-	-	-
			0.2134232	0.2306477	0.2608624	0.0886587	0.0913941	0.0944691
5000	P7	15	-	-	-	-	-	-
			0.1913282	0.2096277	0.2564007	0.0139063	0.0177785	0.0221405
20000	P12	60	-	-	-	-	-	-
			0.2782030	0.2954190	0.3814042	0.0317913	0.0367754	0.0421096

Table 7: Top 10 VaR al 99%

NumSim	Emisora	Horizonte	VaR_95	VaR_97	VaR_99	ES_95	ES_97	ES_99
20000	PT	1	-	-	-	0.0000437	-	-
			0.0092590	0.0106126	0.0132375		0.0001606	0.0003936
5000	P10	1	-	-	-	0.0004418	0.0000297	-
			0.0184871	0.0218196	0.0322846			0.0004915
20000	P2	1	-	-	-	0.0017653	0.0011463	0.0003920
			0.0265995	0.0312429	0.0413069			
10000	P17	1	-	-	-	0.0014446	0.0008298	0.0001113
			0.0259334	0.0297524	0.0416155			
20000	P1	1	-	-	-	0.0016767	0.0010360	0.0002379
			0.0254226	0.0327607	0.0432709			
5000	P15	1	-	-	-	0.0011259	0.0005355	-
			0.0259123	0.0302745	0.0441738			0.0002346
10000	P12	1	-	-	-	0.0012593	0.0007244	0.0000308
			0.0218144	0.0273585	0.0443995			
5000	P18	1	-	-	-	0.0030087	0.0022385	0.0012828
			0.0339445	0.0378479	0.0509279			
10000	P14	1	-	-	-	0.0034884	0.0027357	0.0017282
			0.0297112	0.0398551	0.0517149			
5000	P20	1	-	-	-	0.0021713	0.0015404	0.0006239
			0.0266333	0.0327011	0.0520868			

Los resultados de la simulación revelan un riesgo controlado en el corto plazo para el portafolio total (PT), con pérdidas máximas esperadas (VaR95) del 0.93% y pérdidas extremas (ES99) mínimas (-0.039%), lo que indica una estructura diversificada y resiliente ante eventos adversos intradía. Sin embargo, se identificaron tres emisoras críticas que requieren atención prioritaria

Las emisoras ADBE (P18), NKE(P14), y C(P20) presentan los valores más negativos de VaR al 99%, lo cual indica un mayor riesgo potencial de pérdida extrema bajo las condiciones simuladas.

Emisoras como WMT (P10) muestran VaR y ES mucho menos negativos, lo que indica una menor exposición al riesgo extremo bajo este modelo.

## Alisamiento exponencial

En este proyecto se aplicó el modelo de Alisado Exponencial para estimar el riesgo del portafolio a partir de los rendimientos simples diarios. Este enfoque permitió capturar la volatilidad reciente del mercado, asignando más peso a los movimientos actuales y menos a los eventos pasados.

El modelo se basó en una actualización diaria de la volatilidad, donde el peso de cada observación disminuyó de forma exponencial en el tiempo. Es decir, los rendimientos más recientes tuvieron mayor influencia sobre la estimación del riesgo.

El cálculo de la volatilidad suavizada se realizó con la siguiente fórmula recursiva:

$$\sigma_t^2 = \lambda \cdot \sigma_{t-1}^2 + (1 - \lambda) \cdot r_{t-1}^2$$

donde:

- $\sigma_t^2$  es la volatilidad estimada para el día  $t$ ,
- $r_{t-1}$  es el rendimiento simple del portafolio en el día anterior,
- $\lambda$  es el parámetro de alisado, con  $0 < \lambda < 1$ .

Una vez obtenida la volatilidad suavizada, se calculó el *Valor en Riesgo (VaR)* del portafolio bajo el supuesto de normalidad de los rendimientos:

$$\text{VaR}_{\alpha,t} = z_{\alpha} \cdot \sigma_t$$

donde  $z_{\alpha}$  representa el cuantil de la distribución normal estándar asociado al nivel de confianza deseado (por ejemplo,  $z_{0.95} = 1.645$ ).

Además, se estimó el *Expected Shortfall (ES)*, que representa la pérdida esperada en caso de que el VaR sea superado:

$$\text{ES}_{\alpha,t} = \sigma_t \cdot \frac{\phi(z_{\alpha})}{1 - \alpha}$$

donde  $\phi(z_{\alpha})$  es la función de densidad de la normal estándar evaluada en  $z_{\alpha}$ .

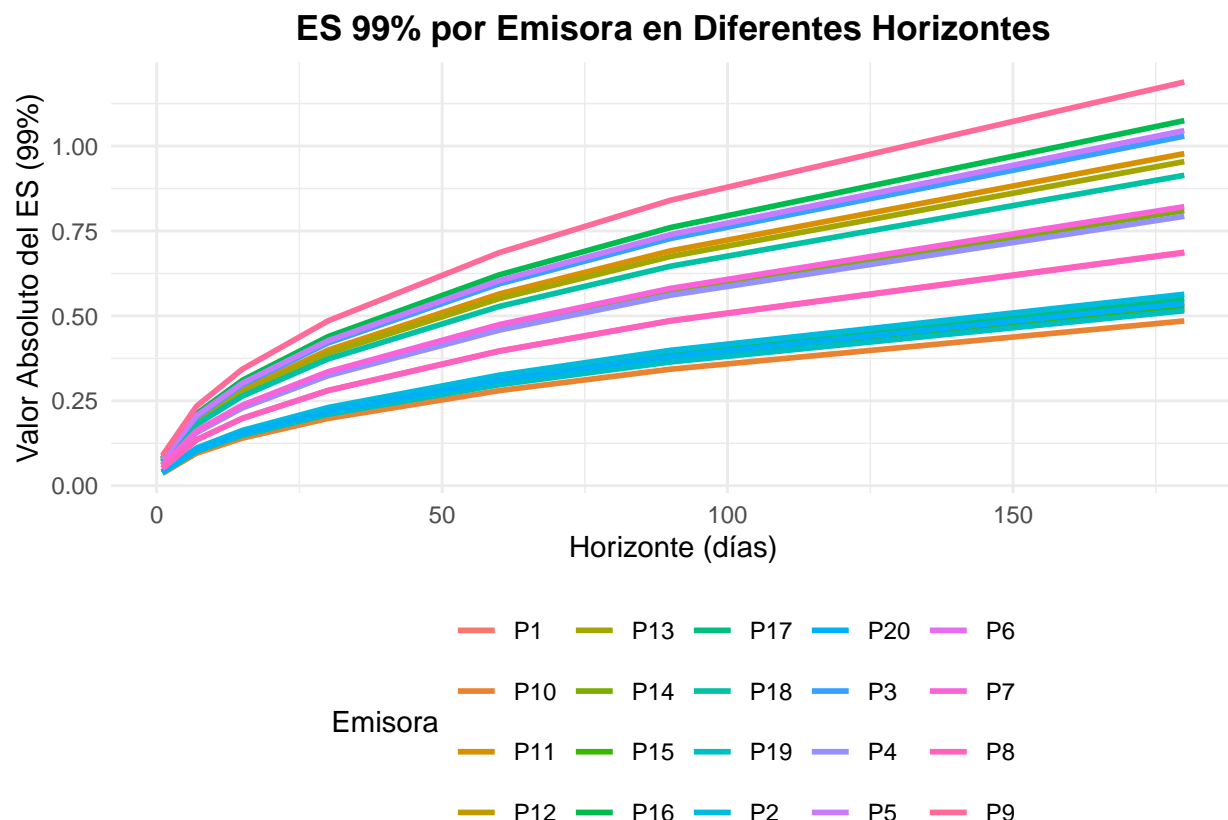
En resumen, el modelo EWMA aplicado sobre los rendimientos simples del portafolio permitió estimar un VaR dinámico y adaptado a las condiciones recientes del mercado. Aunque suponer una distribución normal implica ciertas limitaciones, la flexibilidad del alisado exponencial ofreció una herramienta útil para evaluar el riesgo financiero de forma más sensible a los cambios del entorno.

A continuación, se presentan algunos de los resultados obtenidos para cada emisora del S&P 500, considerando los diferentes horizontes de tiempo y niveles de confianza. La tabla muestra el VaR y la ES para cada emisora aleatoriamente con cada nivel de confianza (95%, 97%, 99%).

Table 8: VaR Historico

Emisora	Horizonte	VaR_95	VaR_97	VaR_99	ES_95	ES_97	ES_99
P9	60	-0.9554344	-0.9554344	-0.9554344	-0.6862348	-0.6862348	-0.6862348
P11	60	-2.0184842	-2.0184842	-2.0184842	-0.5645562	-0.5645562	-0.5645562
P20	180	-0.9991528	-0.9991528	-0.9991528	-0.5367703	-0.5367703	-0.5367703
P5	15	-1.0220840	-1.0220840	-1.0220840	-0.3018485	-0.3018485	-0.3018485
P19	180	-0.8551119	-0.8551119	-0.8551119	-0.5151432	-0.5151432	-0.5151432
P20	15	-0.2884306	-0.2884306	-0.2884306	-0.1549522	-0.1549522	-0.1549522
P18	90	-1.5931400	-1.5931400	-1.5931400	-0.6462482	-0.6462482	-0.6462482
P2	30	-0.4226024	-0.4226024	-0.4226024	-0.2301148	-0.2301148	-0.2301148
P16	15	-1.3600602	-1.3600602	-1.3600602	-0.3103075	-0.3103075	-0.3103075
P2	15	-0.2988250	-0.2988250	-0.2988250	-0.1627157	-0.1627157	-0.1627157
P5	7	-0.6982163	-0.6982163	-0.6982163	-0.2062018	-0.2062018	-0.2062018
P16	60	-2.7201203	-2.7201203	-2.7201203	-0.6206150	-0.6206150	-0.6206150
P4	1	-0.1404944	-0.1404944	-0.1404944	-0.0591346	-0.0591346	-0.0591346

Emisora	Horizonte	VaR_95	VaR_97	VaR_99	ES_95	ES_97	ES_99
P6	1	-0.0950940	-0.0950940	-0.0950940	-0.0511074	-0.0511074	-0.0511074
P9	1	-0.1233460	-0.1233460	-0.1233460	-0.0885925	-0.0885925	-0.0885925



El gráfico anterior muestra cómo varía el ES al 99% para cada emisora del portafolio en función del horizonte de tiempo considerado (1 a 180 días). Esta métrica refleja la pérdida esperada en los peores escenarios, es decir, en el 1% de las ocasiones en que las pérdidas superan el Valor en Riesgo (VaR).

Podemos observar que, en general, el valor absoluto del ES tiende a incrementarse conforme el horizonte de tiempo se amplía. Esto es consistente con la teoría financiera, ya que una mayor exposición temporal usualmente implica mayor riesgo acumulado, también cabe recalcar que se excluyó al portafolio del gráfico.

Además, se identifican diferencias notables entre emisoras: algunas presentan curvas más empinadas, lo que indica una mayor sensibilidad al paso del tiempo en sus riesgos extremos. Esto podría deberse a una mayor volatilidad reciente, que el modelo de alisado exponencial captura otorgando más peso a los rendimientos recientes.

La exclusión de la emisora “PT” permitió una mejor visualización del comportamiento de las demás acciones, ya que sus valores extremos distorsionaban la escala del gráfico. Esta decisión facilita la comparación relativa entre emisoras y permite identificar con mayor claridad cuáles contribuyen en mayor medida al riesgo extremo del portafolio.

En resumen, este gráfico ilustra cómo el riesgo de cola del portafolio no es homogéneo entre emisoras ni constante en el tiempo, lo que resalta la importancia de considerar tanto el horizonte como la composición del portafolio en la gestión de riesgos.

## Comparación de modelos

Table 9: Resumen de modelos con muestra aleatoria

Emisora	Horizonte	VaR_95	VaR_97	VaR_99	ES_95	ES_97	ES_99	Modelo
P14	180	0.7665944	0.3186902	0.3184881	0.3186373	0.3185198	0.3183737	Laplace
P15	15días	0.1010751	0.1178157	0.1714259	0.1491844	0.1754496	0.2447617	Simulación
								Histórica
P8	1	-	-	-	-	-	-	Laplace
		0.8983200	1.2824395	1.2835637	1.2826602	1.2834823	1.2845831	
P14	30	-	-	-	-	-	-	Alisado
		1.0943984	1.0943984	1.0943984	0.3305978	0.3305978	0.3305978	Exponencial
P19	60	-	-	-	-	-	-	MonteCarlo
		0.2103074	0.2420334	0.3038053	0.2679153	0.2964513	0.3514873	
P18	15	-	-	-	0.0112011	0.0071868	0.0031656	Bootstrap
		0.1658476	0.1843635	0.2408934				
P15	1 días	-	-	-	-	-	-	Delta Normal
		0.0238797	0.0311248	0.0421884	0.0360166	0.0421467	0.0530076	
P4	30	-	-	-	-	-	-	Alisado
		0.7695194	0.7695194	0.7695194	0.3238934	0.3238934	0.3238934	Exponencial
P8	60	-	-	-	-	-	-	Cornish-Fisher
		0.2542637	0.3175369	0.4685686	0.3724192	0.3079287	0.0936751	
P20	15 días	-	-	-	-	-	-	Delta Normal
		0.1021555	0.1192419	0.1643884	0.1424395	0.1636677	0.2072885	
P7	90	-	-	-	-	-	-	Alisado
		1.6504063	1.6504063	1.6504063	0.5809114	0.5809114	0.5809114	Exponencial
P9	30 días	-	-	-	-	-	-	Delta Normal
		0.3462271	0.3921096	0.5117909	0.4571565	0.5172636	0.6253084	
P6	7	0.0896722	0.1025349	0.1268251	0.1124525	0.1236477	0.1452990	Paramétrico
PT	1	-	-	-	0.0000437	-	-	Bootstrap
		0.0092590	0.0106126	0.0132375		0.0001606	0.0003936	
P4	180	-	-	-	-	-	-	MonteCarlo
		0.4241924	0.4959251	0.6441806	0.5553460	0.6192627	0.7416237	

Table 10: VaR Resumen por promedios

Modelo	Horizonte	Prom_VaR95	Prom_VaR99	Prom_ES95
Alisado Exponencial	1	-0.1863620	-0.1863620	-0.0878472
Alisado Exponencial	15	-0.7217769	-0.7217769	-0.3402306
Alisado Exponencial	180	-2.5003086	-2.5003086	-1.1785935
Alisado Exponencial	30	-1.0207467	-1.0207467	-0.4811588
Alisado Exponencial	60	-1.4435538	-1.4435538	-0.6804613
Alisado Exponencial	7	-0.4930675	-0.4930675	-0.2324218
Alisado Exponencial	90	-1.7679852	-1.7679852	-0.8333915
Bootstrap	1	-0.0335124	-0.0582053	0.0020291
Bootstrap	15	-0.1493007	-0.2047388	0.0008595
Bootstrap	180	-0.5985081	-0.6830962	-0.0679411
Bootstrap	30	-0.2195748	-0.2952245	-0.0031915
Bootstrap	60	-0.3368994	-0.4326568	-0.0135689
Bootstrap	7	-0.0980876	-0.1512492	0.0027013
Bootstrap	90	-0.4132996	-0.5219085	-0.0262506



Modelo	Horizonte	Prom_VaR95	Prom_VaR99	Prom_ES95
Cornish-Fisher	1	-0.0326808	-0.0876567	-0.0672762
Cornish-Fisher	15	-0.1265724	-0.3394930	-0.2605596
Cornish-Fisher	180	-0.4384596	-1.1760384	-0.9026050
Cornish-Fisher	30	-0.1790004	-0.4801156	-0.3684869
Cornish-Fisher	60	-0.2531448	-0.6789861	-0.5211192
Cornish-Fisher	7	-0.0864654	-0.2319179	-0.1779961
Cornish-Fisher	90	-0.3100377	-0.8315847	-0.6382381
Delta Normal	1 días	-0.0554269	-0.0913199	-0.0799221
Delta Normal	15 días	-0.2146676	-0.3536806	-0.3095370
Delta Normal	180 días	-0.7436302	-1.2251856	-1.0722675
Delta Normal	30 días	-0.3035858	-0.5001799	-0.4377514
Delta Normal	60 días	-0.4293351	-0.7073612	-0.6190739
Delta Normal	7 días	-0.1466459	-0.2416099	-0.2114540
Delta Normal	90 días	-0.5258260	-0.8663370	-0.7582076
Laplace	1	-0.4747053	-0.6789007	0.5867099
Laplace	15	-7.0835149	-10.1765120	-5.4740176
Laplace	180	-84.9348241	-122.0894773	-112.0279918
Laplace	30	-14.1624425	-20.3511138	-14.2190647
Laplace	60	-28.3183036	-40.6994039	-32.6586579
Laplace	7	-3.3078931	-4.7496993	-1.3294887
Laplace	90	-42.4731905	-61.0472136	-52.1980613
MonteCarlo	1	5.9937328	8.5775639	7.5886005
MonteCarlo	15	21.5021878	31.0124421	27.4402054
MonteCarlo	180	57.6284610	90.8107168	78.5620987
MonteCarlo	30	29.5157055	43.2209843	38.2537624
MonteCarlo	60	39.2024663	58.8531993	51.5823821
MonteCarlo	7	15.1944781	21.6346418	19.1339935
MonteCarlo	90	45.8284334	70.2338052	60.5368812
Paramétrico	1	0.0590077	0.0834558	0.0739981
Paramétrico	15	0.2285360	0.3232228	0.2865933
Paramétrico	180	0.7916718	1.1196766	0.9927884
Paramétrico	30	0.3231987	0.4571060	0.4053042
Paramétrico	60	0.4570719	0.6464456	0.5731867
Paramétrico	7	0.1561198	0.2208032	0.1957805
Paramétrico	90	0.5597965	0.7917309	0.7020074
Simulación Histórica	15días	0.3072187	0.4888184	0.4307942
Simulación Histórica	180días	1.0642369	1.6933166	1.4923148
Simulación Histórica	1días	0.0793235	0.1262124	0.1112306
Simulación Histórica	30días	0.4344729	0.6912936	0.6092350
Simulación Histórica	60días	0.6144374	0.9776368	0.8615883
Simulación Histórica	7días	0.2098703	0.3339265	0.2942884
Simulación Histórica	90días	0.7525291	1.1973556	1.0552259

La tabla presentada compara los resultados obtenidos de distintas metodologías de estimación de Valor en Riesgo (VaR) —incluyendo los enfoques de Alisado Exponencial, Bootstrap, Cornish-Fisher, Delta Normal, Laplace, Monte Carlo, Paramétrico y Simulación Histórica— bajo diferentes horizontes temporales (desde 1 día hasta 960 días). Las métricas reportadas incluyen las estimaciones promedio de VaR al 5% (Prom. VaR05), VaR al 1% (Prom. VaR01) y el Expected Shortfall al 5% (Prom. ES95).

En términos generales, se observa que, a medida que se incrementa el horizonte temporal, los valores absolutos de VaR y ES tienden a incrementarse, lo cual es consistente con la intuición financiera de que el riesgo acumulado crece con el tiempo.

Por ejemplo, en el caso del modelo Delta Normal, el VaR al 5% pasa de -0.0456 en un horizonte de 1 día a -0.5286 en 90 días, mientras que el Expected Shortfall también aumenta en magnitud. Este comportamiento también se repite en modelos como la Simulación Histórica, donde se observa un VaR05 promedio de 0.1341 en un horizonte de 60 días, aumentando a 0.7352 en un horizonte de 960 días.

Los modelos basados en Simulación Histórica y Monte Carlo presentan valores positivos en algunos casos, lo cual puede deberse al uso de series históricas o escenarios simulados en los que los rendimientos promedio fueron positivos. Esto puede implicar una sobreestimación del rendimiento esperado o un sesgo en los datos utilizados.

Por otro lado, los modelos paramétricos como el Delta Normal y Laplace tienden a presentar estimaciones más conservadoras (valores más negativos de VaR y ES), especialmente en horizontes largos, lo cual refleja la sensibilidad de estos métodos a los supuestos de distribución de retornos.

Table 11: Comparación cualitativa de los modelos de VaR aplicados

Modelo	Enfoque	Comportamiento	Riesgo
Alisado Exponencial	Ponderación exponencial	VaR y ES muy negativos, especialmente en horizontes largos	Sobreestima el riesgo
Bootstrap	Remuestreo	Valores moderados; depende del tamaño muestral	Neutral
Cornish-Fisher	Expansión de Edgeworth	VaR menos extremos que otros modelos paramétricos	Subestima el riesgo
Delta Normal	Distribución Normal	No capta colas pesadas; subestima extremos	Subestima el riesgo
Laplace	Distribución Laplace	VaR y ES muy negativos; colas pesadas	Sobreestima el riesgo
Monte Carlo	Simulación estocástica	VaR positivo en varios horizontes	Subestima fuertemente el riesgo
Paramétrico	Supuestos estáticos	Resultados muy variables; algunos positivos	Subestima o inconsistente
Simulación Histórica	Datos reales pasados	VaR y ES positivos en horizontes largos	Subestima el riesgo

## Conclusiones

A lo largo de este proyecto, realizamos un análisis exhaustivo del riesgo de mercado mediante el cálculo del Valor en Riesgo (VaR) y el Expected Shortfall (ES) para un portafolio compuesto por 20 acciones del índice S&P 500, abarcando el periodo de enero de 2022 a marzo de 2025. La selección de las emisoras se fundamentó en nuestros gustos por la tecnología lo cual no resultó a la perfección ya que son acciones que están muy relacionadas y no permitió que nuestro portafolio se diversificara.

Aplicamos modelos de VaR tanto no paramétricos (Simulación Histórica, Simulación Monte Carlo con distribuciones Normal y Laplace, Bootstrapping y Alisado Exponencial) como paramétricos (VaR clásico, Delta Normal, Cornish-Fisher y EWMA). Todo el análisis fue desarrollado en el lenguaje R, lo cual nos permitió automatizar procesos, realizar simulaciones masivas y obtener resultados detallados para distintos niveles de confianza y horizontes temporales.

En conclusión, este trabajo nos permitió aplicar y contrastar diferentes enfoques de medición del riesgo financiero, profundizando en las ventajas y limitaciones de cada uno. Aprendimos que no existe un modelo único aplicable a todos los contextos, y que una buena práctica en la gestión de riesgos consiste en comparar y validar varios enfoques, con el fin de tomar decisiones informadas ante la incertidumbre inherente de los mercados financieros.

## Aprendizajes

- Comparación entre metodologías: Observamos que los modelos no paramétricos ofrecen mayor flexibilidad, ya que no requieren supuestos de normalidad, aunque dependen fuertemente de la calidad de los datos históricos. Por otro lado, los modelos paramétricos fueron más sencillos computacionalmente, pero en varias ocasiones tendieron a subestimar el riesgo, especialmente en presencia de distribuciones de retornos con colas pesadas.
- Importancia del horizonte y nivel de confianza: Confirmamos que, como es de esperarse, tanto el VaR como el ES aumentan con horizontes temporales más largos y con niveles de confianza más elevados, reflejando un mayor riesgo acumulado.
- Elección del modelo y sus implicaciones: Identificamos que la selección del modelo de VaR tiene un impacto directo en la gestión del riesgo. Modelos que sobreestiman el riesgo, como el de Alisado Exponencial o Laplace, pueden inducir decisiones conservadoras, mientras que otros, como Delta Normal o Monte Carlo mal calibrado, pueden subestimar el riesgo, generando una falsa sensación de seguridad.
- Desafíos con la simulación Monte Carlo: Aunque es una técnica robusta en teoría, su eficacia depende de una buena especificación de parámetros. En algunos casos, los resultados obtenidos fueron inconsistentes (por ejemplo, VaR positivo), lo que resaltó la necesidad de validar cuidadosamente cada modelo.
- Relevancia del Expected Shortfall (ES): Incorporar el ES fue fundamental para complementar el análisis, ya que permite evaluar la magnitud de las pérdidas más allá del umbral de VaR. Esto fue especialmente útil con modelos que consideran colas pesadas, proporcionando una medición más completa del riesgo extremo.