

Aleix Guardia Escoté

**INVESTIGACIÓ SOBRE LA HIPÒTESI DE L'AUGMENT DE LA CORRELACIÓ
ENTRE EL MERCAT DE LES CRIPTOMONEDES I L'ÍNDEX S&P 500 DURANT EL
PERÍODE 2020-2025.**

TREBALL DE FI DE GRAU

MERCATS I ACTIUS FINANCERS

Grau de Finances i Comptabilitat



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

Reus, Juny 2026

Curs 2025-26

ÍNDEX

1	Resum executiu	5
2	Presentació del treball	8
3	Introducció	10
3.1	Context econòmic global (2020-2025)	12
3.2	Motiu de la comparativa del mercat de les criptomonedes i l'S&P 500	16
3.3	Objectius generals i específics	17
3.4	Hipòtesis de la investigació	18
3.5	Temporalitat de l'estudi i la justificació de l'elecció	19
4	Marc Teòric	20
4.1	Importància de la tecnologia blockchain i les criptomonedes en el sector financer.	20
4.2	Importància dels coneixements financers per a l'avaluació del risc dels actius.....	21
4.3	Mercats Financers Tradicionals	22
4.3.1	Definició i funcionament dels mercats financers	22
4.3.2	Índex S&P 500: característiques i rellevància	22
4.3.3	Índex Dow Jones	25
4.3.4	Índex NASDAQ	26
4.4	Mercat de les Criptomonedes	27
4.4.1	Origen i desenvolupament	27
4.4.2	Característiques i funcionament dels mercats	28
4.4.3	Bitcoin (BTC).....	28
4.4.4	Ethereum (ETH)	31
4.4.5	Ripple (XRP)	32
4.4.6	Correlació financera i diversificació de les carteres.....	33
5	Marc Pràctic	34
5.1	Metodologia per a l'estudi.....	34
5.1.1	Obtenció i tractament de les dades	34
5.1.2	Ajustament en els dies de cotització.....	35
5.1.3	Eines estadístiques utilitzades	35

5.2	Anàlisi estadística	35
5.2.1	Càlcul de les rendibilitats diàries	36
5.2.2	Càlcul de la volatilitat	37
5.2.3	Variàncies i covariàncies.....	40
5.2.4	Coeficients de correlació.....	42
5.2.5	Value at Risk	46
5.3	Anàlisi de la creació d'una cartera	48
5.3.1	Creació de la cartera òptima a través del Solver.....	48
6	Conclusions	51
6.1	Conclusions generals de l'estudi	51
7	Bibliografia	54
8	Annexos.....	57
	Annexe 1	57
	Annexe 2	58
	Annexe 3	59

ÍNDIX DE FIGURES

Figura 1 Evolució del Bitcoin i de l'índex S&P 500 davant dels principals esdeveniments econòmics i financers (2020-2025).	12
Figura 2 Evolució dels tipus d'interès (FED) i de l'IPC als Estats Units (2020-2025).....	14
Figura 3 Evolució de la cotització de l'índex S&P 500 (2020-2025).....	23
Figura 4 Distribució sectorial de l'índex S&P 500 al desembre de l'any 2025.....	24
Figura 5 Evolució de la cotització de l'índex Dow Jones (2020-2025).	25
Figura 6 Evolució de la cotització de l'índex NASDAQ (2020-2025).....	26
Figura 7 Evolució de la cotització de Bitcoin (BTC) en USD (2020-2025)	30
Figura 8 Evolució de la cotització de Ethereum (ETH) en USD (2020-2025).....	31
Figura 9 Evolució de la cotització de Ripple (XRP) en USD (2020-2025).....	32
Figura 10 Gràfic comparatiu del Bitcoin i de l'índex S&P 500 en volatilitat anual.	38
Figura 11 Gràfic de la volatilitat del S&P 500.	39
Figura 12 Gràfic de la volatilitat del Bitcoin.	39
Figura 13 Variància anual de Bitcoin i de l'índex S&P 500 (2020-2025).....	41
Figura 14 Correlació rodant a 180 dies entre Bitcoin i l'índex S&P 500 (2020-2025).....	43
Figura 15 Rendibilitat i volatilitat diària de la cartera entre Bitcoin i S&P 500	49

ÍNDIX DE TAULES

Taula 1 Rendibilitat efectiva anual del Bitcoin i l'índex S&P 500.....	36
Taula 2 Volatilitat diària i anual del Bitcoin i l'índex S&P 500.....	37
Taula 3 Variància del Bitcoin i l'índex S&P 500 i covariància d'ambdós actius.	40
Taula 4 Càlcul del coeficient de correlació entre Bitcoin i l'índex S&P 500.	42
Taula 5 Matriu de correlacions dels índexs americans.	45
Taula 6 Matriu de correlacions de les criptomonedes.....	45
Taula 7 Càlcul del Value at Risk (VaR), VaR en termes monetaris i l' <i>Expected Shortfall</i>	47
Taula 8 Càlcul de la volatilitat i rendibilitat diària en funció de les proporcions dels actius....	49

1 Resum executiu

Resum en català

En el context actual, les criptomonedes tenen una gran presència en la societat, on la possible integració total de les seves tecnologies als mercats tradicionals i la creixent adopció institucional posen en debat el seu ús com a un actiu de refugi de valor.

Aquest Treball de Fi de Grau té com a objectiu investigar l'hipotètic augment de la correlació entre el mercat de les criptomonedes, representat pel Bitcoin (BTC), en comparació amb el mercat financer tradicional mitjançant l'Índex Americà S&P 500. El període d'estudi és el comprès entre els anys 2020 i 2025, i es contemplaran les possibles conseqüències per als inversors que s'hagi produït aquest fet.

En l'estudi s'han tingut en compte els esdeveniments econòmics, financers i polítics més rellevants, així com els seus impactes en les correlacions dels actius i els riscos associats d'inversió. Entre els esdeveniments més rellevants destaquen l'efecte de la pandèmia de la COVID-19, les eleccions als Estats Units, el *halving* de Bitcoin, la caiguda de FTX i Terra/Luna i finalment la guerra entre Ucraïna i Rússia que en conseqüència va contribuir a la pujada de tipus d'interès.

La metodologia utilitzada es basa en l'anàlisi estadística de les cotitzacions dels dos actius ajustades i en el seu tractament adequat. A partir de les rendibilitats diàries s'han aplicat mesures estadístiques de risc, com la volatilitat, la variància i covariància, els coeficients de correlació, el *Value at Risk (VaR)* i altres indicadors i ratis relacionats.

Adicionalment, s'han realitzat altres estudis relacionats com la construcció d'una cartera òptima segons la teoria de Markowitz i una comparació complementària dels actius principals de l'estudi amb altres semblants.

Els resultats obtinguts permeten concloure que el Bitcoin i l'índex S&P 500 han evolucionat en certs moments de forma més interrelacionada durant el període comprès entre els anys 2020 i el 2025. A més, en l'anàlisi del risc, el Bitcoin presenta un nivell de volatilitat major que l'S&P 500, fet que confirma la naturalesa més especulativa i inestable de l'actiu.

Paraules clau: Criptomonedes, Bitcoin, S&P 500, *Value at Risk (VaR)*, Cartera Òptima, Correlació, Volatilitat, Risc d'inversió.

Resum en castellà

En el contexto actual, las criptomonedas tienen una presencia significativa en la sociedad, donde la posible integración plena de sus tecnologías en los mercados tradicionales y la creciente adopción institucional ponen en debate su uso como activo refugio.

Este proyecto de fin de grado tiene como objetivo investigar el hipotético aumento de la correlación entre el mercado de las criptomonedas, representado por el Bitcoin (BTC), y el mercado financiero tradicional, representado por el índice estadounidense S&P 500. El periodo de estudio abarca los años 2020 a 2025, y se analizarán las posibles consecuencias de este fenómeno para los inversores.

El estudio ha tenido en cuenta los acontecimientos económicos, financieros y políticos más relevantes, así como su impacto en las correlaciones entre activos y los riesgos de inversión asociados. Entre los acontecimientos más significativos se encuentran el impacto de la pandemia de COVID-19, las elecciones en Estados Unidos, el *halving* de Bitcoin, el colapso de FTX y Terra/Luna y, por último, la guerra entre Ucrania y Rusia, que contribuyó a su vez al aumento de los tipos de interés.

La metodología utilizada se basa en el análisis estadístico de las cotizaciones ajustadas de los dos activos y su tratamiento adecuado. A partir de las rentabilidades diarias, se han aplicado medidas estadísticas de riesgo, tales como la volatilidad, la varianza y la covarianza, los coeficientes de correlación, el Value at Risk (VaR) y otros indicadores y ratios relacionados.

Adicionalmente, se han realizado otros estudios relacionados como la construcción de una cartera óptima según la teoría de Markowitz y una comparación complementaria de los principales activos del estudio con otros similares.

Los resultados obtenidos permiten concluir que el Bitcoin y el índice S&P 500 han evolucionado de manera más interrelacionada en determinados momentos durante el periodo comprendido entre 2020 y 2025. Además, en el análisis de riesgo, el Bitcoin presenta un mayor nivel de volatilidad que el S&P 500, lo que confirma la naturaleza más especulativa e inestable del activo.

Palabras clave: Criptomonedas, Bitcoin, S&P 500, *Value at Risk (VaR)*, Cartera óptima, Correlación, Volatilidad, Riesgo de inversión.

ABSTRACT

In the current context, cryptocurrencies have a significant presence in society, where the potential full integration of their technologies into traditional markets and the growing institutional adoption call into question their use as a safe-haven asset.

This Final Year Project aims to investigate the hypothetical increase in correlation between the cryptocurrency market, represented by Bitcoin (BTC), and the traditional financial market, represented by the S&P 500 American Index. The study period covers the years 2020 to 2025, and the possible consequences for investors of this phenomenon will be considered.

The study has considered the most relevant economic, financial and political events, as well as their impacts on asset correlations and associated investment risks. Among the most significant events are the impact of the COVID-19 pandemic, the United States elections, the Bitcoin *halving*, the collapse of FTX and Terra/Luna, and finally the war between Ukraine and Russia, which consequently contributed to the rise in interest rates.

The methodology used is based on the statistical analysis of the adjusted quotations of the two assets and their proper treatment. From the daily returns, statistical risk measures have been applied, such as volatility, variance and covariance, correlation coefficients, Value at Risk (VaR) and other related indicators and ratios.

Additionally, other related studies have been carried out, such as the construction of an optimal portfolio according to Markowitz theory and a complementary comparison of the main assets in the study with other similar ones.

The results obtained allow us to conclude that Bitcoin and the S&P 500 index have evolved in a more interrelated manner at certain times during the period between 2020 and 2025. Furthermore, in risk analysis, Bitcoin exhibits a higher level of volatility than the S&P 500, confirming the asset's more speculative and unstable nature.

Keywords: Cryptocurrencies, Bitcoin, S&P 500, Value at Risk (VaR), Optimal Portfolio, Correlation, Volatility, Investment Risk.

2 Presentació del treball

En el context d'inestabilitat econòmica i transformació del sector financer dels últims anys, és de gran interès analitzar com interactuen els nous actius financers digitals amb els mercats tradicionals. El conjunt d'economies mundials han presentat alguns períodes d'elevada inflació, en els que la població ha vist afectat el seu poder adquisitiu. Els valors en alguns moments han estat més elevats dels llindars acceptats pels bancs centrals i les seves conseqüències han estat visibles en l'economia. Aquesta situació ha incrementat la preocupació dels inversors i ha reforçat la necessitat de tenir coneixements financers bàsics, i en conseqüència s'ha produït un creixement de la cultura de la inversió entre la població.

De forma tradicional, els mercats han ofert instruments financers com les accions, els bons, els metalls i instruments derivats, tot i que a vegades no eren accessibles per a tothom. En canvi, actualment l'accés als actius és més fàcil a causa de la creació de les plataformes bancàries digitals (neobancs) i altres plataformes d'inversió, que eliminen les grans barreres d'entrada que es trobaven els inversors en els bancs tradicionals i faciliten l'operativa en l'entorn digital.

Al llarg de la història han aparegut contínuament nous actius i productes financers innovadors mitjançant els quals els inversors han buscat mantenir el seu poder adquisitiu i contrarestar la inflació. Les criptomonedes són un exemple d'actiu que ha aparegut recentment. En els seus inicis van ser un actiu desconegut, tot i que els últims anys, sobretot a partir del 2020, han guanyat molta popularitat.

La motivació de l'elecció d'aquesta temàtica és deguda a la importància creixent de les criptomonedes durant els últims anys, a la tecnologia que porten associada i a les perspectives futures que presenten. Des d'un punt de vista d'estudiant de Finances i Comptabilitat, resulta important l'anàlisi constant dels nous actius financers que apareixen i la comprensió dels riscos associats en la inversió per a poder fer una correcta gestió del risc.

Durant el treball es tenen en compte els coneixements assolits en les assignatures del pla d'estudis de Finances i Comptabilitat següents:

- Anàlisi de Dades Financeres
- Mercats i Actius Financers II

Els continguts de l'assignatura Anàlisi de Dades Financeres es troben inclosos en la part del marc pràctic, dins del tractament estadístic de les dades.

De l'assignatura Mercats i Actius Financers II es reflecteixen indirectament en el Marc Teòric i en l'assentament de les bases per a la definició i catalogació dels actius amb els que es treballen.

Durant la realització del treball s'han adquirit i millorat un seguit de competències que es classifiquen en aquests tipus:

- Competències transversals: B3 (Aplicar el pensament crític, lògic i creatiu, demostrant capacitat d'innovació); B4 (Treballar de forma autònoma amb responsabilitat i iniciativa); B6 (Comunicar informació, idees, problemes i solucions de manera clara i efectiva en públic o en àmbits tècnics concrets).
- Competències nuclears: C2 (Utilitzar de manera avançada les tecnologies de la informació i la comunicació); C3 (Gestionar la informació i el coneixement); C4 (Expressar-se correctament de manera oral i escrita en una de les llengües oficials de la URV).
- Competències específiques: A1 (Comprendre el sistema financer: conèixer les institucions, els productes i els mercats que el formen, així com les relacions entre elles i amb el seu entorn econòmic); A5 (Ser capaç de cercar, analitzar i interpretar informació quantitativa i qualitativa de caràcter econòmic, social i legal, rellevant per a la presa de decisions en el context financer); A8 (Utilitzar les eines matemàtiques i estadístiques adequades per a l'anàlisi de les principals variables del sistema econòmic-financer).

3 Introducció

En els últims anys, les criptomonedes i la tecnologia blockchain associada han passat de ser un fenomen desconegut en la societat a guanyar un protagonisme creixent, fins al punt de la possible implementació futura en el sistema financer tradicional de forma generalitzada.

El Bitcoin (BTC) s'ha consolidat com la principal criptomoneda de l'ecosistema criptogràfic, tant en capitalització de mercat com en el reconeixement internacional. Existeixen actualment moltes altres criptomonedes amb projectes innovadors que han aparegut posteriorment al Bitcoin. Algunes de les més rellevants i capitalitzades són Ethereum, Binance Coin, XRP, Cardano, Solana, etc. (Binance, 2026).

Aquest actiu ha despertat l'interès econòmic de diferents actors del mercat com poden ser: els inversors privats, les institucions financeres i els organismes reguladors. S'ha generat un constant debat sobre el seu ús i el seu paper futur com a refugi de valor en l'economia. En el cas dels inversors privats, que van ser els primers a comprar-les, es coneixen alguns casos històrics i anecdòtics de les primeres transaccions. L'adopció institucional ha estat més recent, amb les aprovacions dels *Exchange Traded Fund* (ETF) i l'oferiment dels productes d'inversió en serveis bancaris tradicionals. Finalment, les regulacions per part dels organismes reguladors han estat creades amb rapidesa per falta d'una legislació prèvia i en visió de la gran adopció continuada per part de la societat.

La comparació s'ha fet amb l'índex estatunidenc S&P 500 que conté les 500 majors empreses dels Estats Units i és un dels índexs més grans del país. Es calcula amb la ponderació de capitalització i ajustada per *free-float*, és a dir, es té en compte només les accions en circulació i es premien les que tenen major volum en negociació i menys capital captiu. Actualment, el pes majoritari el representen empreses tecnològiques, una és NVIDIA, que es disputa el rànquing amb Apple i Microsoft (S&P Dow Jones Indices, 2026).

L'objectiu d'aquest estudi és la investigació sobre la hipòtesi de l'augment de la correlació entre el Bitcoin i l'S&P 500 durant el període comprès entre els anys 2020 i 2025, a conseqüència de la integració més gran de les criptomonedes i la seva tecnologia associada en el sistema financer. Durant el període s'han tingut en compte el seguit de situacions econòmiques rellevants que han succeït i que han pogut alterar els mercats financers.

A més, també es pretén contribuir al debat acadèmic sobre el paper dels criptoactius i la seva possible evolució futura, en la que puguin presentar un comportament semblant als dels actius dels mercats tradicionals.

L'estudi és de caràcter quantitatiu i s'utilitzen les dades de les cotitzacions diàries al tancament de Bitcoin i l'índex S&P 500. Aquestes dades, de naturalesa numèrica es tracten a través de tècniques estadístiques com el càlcul de les rendibilitats efectives, la volatilitat, el coeficient de correlació, i el *Value at Risk* (VaR), entre d'altres.

Les principals fonts d'informació utilitzades s'han extret de pàgines web d'organismes oficials, així com altres bases de dades acadèmiques com el Google Scholar i el cercador del CRAI de la Universitat Rovira i Virgili.

El treball segueix una estructura ordenada: en primer lloc, el marc teòric en el qual trobem les definicions i la contextualització dels actius que es comparen en l'estudi. En segon lloc, s'exposa el marc pràctic format per l'anàlisi estadístic. Finalment, es recullen les conclusions principals de tot l'estudi.

3.1 Context econòmic global (2020-2025)

En el període d'estudi d'aquest treball, que està comprès entre el 2020 i 2025, s'ha observat una elevada inestabilitat econòmica a escala mundial. Durant aquests anys han succeït un seguit d'esdeveniments de caràcter econòmic, polític i tecnològic que han canviat l'ordre mundial i han tingut un gran impacte en els mercats financers, fent que hi hagués períodes més volàtils i alterant els comportaments esperats dels actius financers.

Figura 1 Evolució del Bitcoin i de l'índex S&P 500 davant dels principals esdeveniments econòmics i financers (2020-2025).



Elaboració pròpia a partir de dades extretes de la font: (TradingView, 2026)

Nota: les fletxes en color negre indiquen els esdeveniments macroeconòmics globals que es considera que han pogut afectar els dos actius a la vegada, mentre que les que són de color blau representen esdeveniments específics del mercat de les criptomonedes.

En la Figura 1 es pot observar l'evolució del Bitcoin i de l'índex S&P 500 durant el període del 2020-2025 i els corresponents esdeveniments més rellevants que han tingut lloc i han pogut influir en el comportament dels dos actius.

Es poden situar en la Figura 1 els següents esdeveniments numerats:

1. Inici de la pandèmia de la COVID-19 (2020)
2. Inici del conflicte entre Ucraïna i Rússia i de les progressives pujades dels tipus d'interès (2022).
3. Primer *halving* del Bitcoin en el període d'estudi (2020).
4. Segon *halving* del Bitcoin en el període d'estudi (2024).
5. Crisi causada per la caiguda de Terra/Luna (2022).
6. Crisi causada per la gestió fraudulenta de la plataforma FTX (2022).
7. Primeres eleccions presidencials Estats Units en el període d'estudi (2020).
8. Segones eleccions presidencials Estats Units en el període d'estudi (2024).

Després d'unes bones perspectives econòmiques en l'any 2019, en el que l'escenari mundial era menys volàtil i més ordenat, va succeir el primer gran esdeveniment, que va ser la pandèmia de la COVID-19. Els efectes van tenir un impacte econòmic molt significatiu. A principis de 2020, el virus es va expandir de forma mundial i va causar una caiguda de l'activitat econòmica general. Tal com assenyala García Ruiz (2021) els efectes als Estats Units es van arribar a comparar amb l'última recessió del període del 2008-2009. En les economies emergents els efectes van ser de grans depreciacions de les divises davant del dòlar a causa del tancament del comerç exterior.

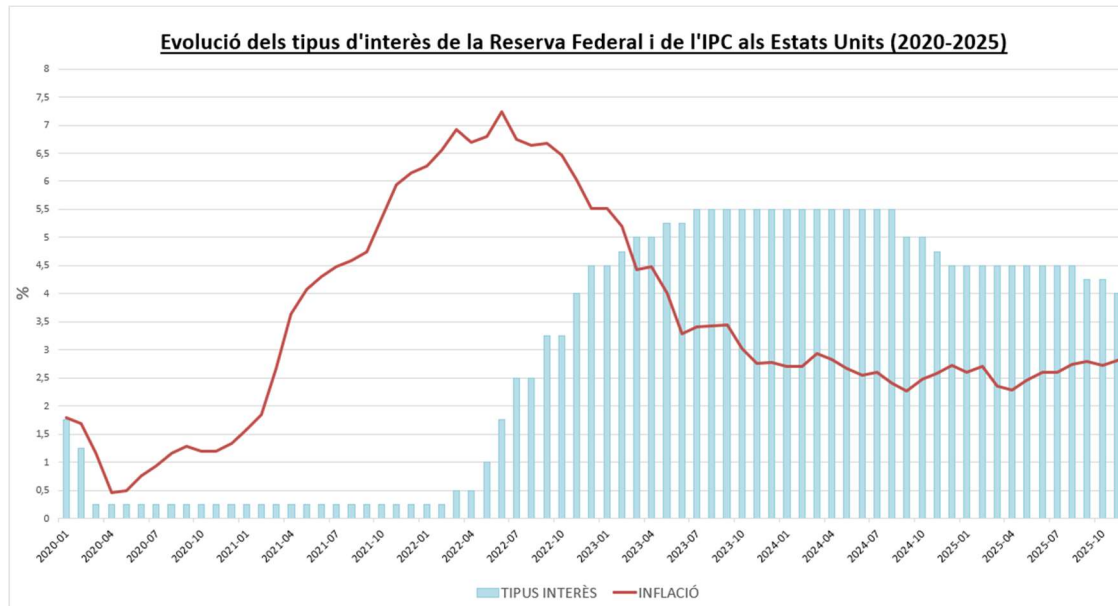
Davant la situació, tant als Estats Units com a Europa es van aprovar importants paquets de mesures fiscals que proporcionaven ajudes a les empreses i a la població per a mitigar els impactes econòmics. Els mercats financers internacionals van reaccionar en el moment de l'expansió del virus, però posteriorment van tendir a calmar-se i això va portar a una primera reducció de la volatilitat, tot i que la sensació d'incertesa a llarg termini va persistir. El desembre de 2020, els mercats van repuntar a causa de l'efecte de les mesures fiscals i a l'inici de les vacunacions massives en la població, i en conseqüència es van anar relaxant les mesures de confinament que afectaven l'economia (García Ruiz, 2021).

Les criptomonedes, durant el període de la pandèmia, es van popularitzar i la volatilitat elevada va generar oportunitats per a aconseguir rendibilitats altes en determinats períodes. La volatilitat va ser causada en part per moments de presa de decisions

polítiques dràstiques que causaven oscil·lacions importants. Tot i així, des del 2019 fins a finals de 2021, els preus van experimentar un creixement significatiu, i un inversor amb una estratègia a llarg termini podia aconseguir unes rendibilitats altes que no serien les esperades en mercats financers tradicionals. Es va posar en dubte la consideració d'actiu refugi, ja que en alguns moments complien les condicions en anar de forma contrària als mercats financers, però en altres situacions actuaven de forma dèbil (Fajardo Monroy & Guzmán Salazar, 2022).

Encara amb els efectes de la COVID-19 presents, el febrer del 2022 va començar la guerra entre Ucraïna i Rússia, esdeveniment molt important amb gran efecte a l'economia d'aquest període. Aquest conflicte geopolític va causar una gran pujada dels preus del combustible, gas i altres béns energètics. Aquestes pujades es van traduir en un augment de la inflació que ja era elevada en aquell moment a causa de la pandèmia. A l'incrementar els costos de fabricació, els preus finals de les empreses van ser més elevats. En aquest context econòmic, la Reserva Federal dels Estats Units (FED) va anar augmentant progressivament els tipus d'interès, adoptant una política monetària contractiva.

Figura 2 Evolució dels tipus d'interès (FED) i de l'IPC als Estats Units (2020-2025)



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Federal Reserve Bank of St. Louis, 2026)

La Figura 2 correspon als tipus d'interès superiors fixats per la FED en comparació amb el creixement de l'IPC als Estats Units dins del període del 2020-2025. Les dades són mensuals i, en color blau, trobem els tipus d'interès i en color vermell la inflació mesurada per l'IPC.

Es pot observar que a partir de març de 2020 i durant tot l'any 2021 els tipus no van patir cap modificació i presentaven uns valors de 0,25% marcant el mínim, en canvi, durant aquest mateix període la inflació creixia amb força a causa de la pandèmia. Al començament del 2022 és quan arriba la pujada de tipus, que va escalant fins a arribar al màxim de 5,5% el juliol del 2023, a la vegada s'observa que va fent efecte la mesura i la inflació va disminuint. Els tipus d'interès es mantenen elevats amb poques modificacions i amb tendència de baixada fins al 2026, fet que fa que la inflació es mantingui en uns valors propers al 2,5%.

Dins del període estudiat s'ha produït dues vegades el *halving* del Bitcoin. És una situació que passa aproximadament cada quatre anys, en concret cada 210.000 blocs minats. Quan té lloc, les següents recompenses obtingudes pels miners de les criptomonedes per minar un bloc es redueixen a la meitat. És a dir, es redueix l'emissió de noves unitats de Bitcoin a la meitat (l'oferta) i contribueix a la seva escassetat. És un mecanisme programat del Bitcoin que al llarg de la història quan s'ha donat ha tingut diversos efectes posteriors. Dins del període estudiat, la primera vegada va tenir lloc durant el maig del 2020 i la segona durant l'abril del 2024.

En l'estudi de *Semilleros de Investigación*, arriben a la conclusió que l'afectació no és immediata en el moment del *halving* sinó que els efectes apareixen progressivament. Es detalla que els preus tendeixen a créixer després del *halving* i que existeixi aquest mecanisme deflacionista fa que la criptomoneda es consolidi com un actiu de reserva de valor (Semilleros De Investigación et al., 2024).

L'any 2022 van tenir lloc dos grans esdeveniments en l'ecosistema criptogràfic, que van causar les primeres grans caigudes després de les pujades del 2020-2021. El primer va ser la caiguda de la criptomoneda Terra/Luna i el segon gran moviment va ser causat per la caiguda de la plataforma d'intercanvi de criptomonedes FTX.

La criptomoneda Luna era un *token* de la xarxa blockchain Terra. Durant el maig de 2022 presentava una cotització de 117\$ i en un mes de diferència el seu preu era d'aproximadament 0\$. Quasi tota la capitalització va desaparèixer i els seus efectes van fer ressò en el mercat de les criptomonedes. A causa d'un atac econòmic, els fundadors van fer moviments entre la *stablecoin* pròpia UST que replicava el valor del dòlar i el *token* Luna, que va causar una situació d'hiperinflació a Luna. Els fundadors van augmentar el subministrament total de *tokens* Luna quasi 10 vegades, fet que va fer que els preus caiguessin amb força fins a valors propers a 0\$ (Rumitti & Collacciani, 2022).

El segon esdeveniment rellevant es va produir el novembre del 2022, causat per la caiguda d'una de les majors plataformes d'intercanvi de criptomonedes, FTX. La dinàmica va presentar similituds amb el cas de Terra/Luna, ja que un seguit de caigudes en el seu *token* (FTT), combinat amb una gestió fraudulenta, i problemes de liquiditat, va provocar la prohibició de retirades de capital i tot seguit es van declarar en fallida. Aquest fet va fer que milers d'inversors tinguessin pèrdues significatives i va causar una gran crisi al mercat de les criptomonedes. El moment d'aquest esdeveniment coincideix el mínim absolut de la cotització després de marcar els primers màxims històrics durant el 2021.

Dins del període estudiat, trobem les eleccions celebrades als Estats Units el 3 de novembre de 2020 amb la victòria del candidat demòcrata Joseph Biden i les eleccions del 5 de novembre de 2024, amb la victòria del candidat republicà Donald Trump.

Segons l'estudi fet per Aaron J. Amburgey (2025), els esdeveniments vinculats a les eleccions dels Estats Units causen xocs electorals, és a dir, variacions inesperades de les probabilitats de victòria dels candidats, que afecten de forma immediata els preus de determinats actius financers. En concret, l'autor destaca que els xocs tenen un impacte sectorial diferenciat, en el cas de perspectives de victòria dels republicans i amb previsions anteriors dels demòcrates, les conseqüències són que els actius del sector energètic i de defensa tenen pujades de valor i els relacionats amb energies renovables baixades. I el patró s'inverteix quan el xoc electoral beneficia els demòcrates (Amburgey, 2025).

3.2 Motiu de la comparativa del mercat de les criptomonedes i l'S&P 500

El motiu principal de l'estudi comparatiu entre el mercat de les criptomonedes (BTC) i l'índex borsari S&P 500, és analitzar si durant el període del 2020 al 2025 s'ha produït un augment de la correlació entre els dos actius a conseqüència de la gran adopció institucional de les criptomonedes dins del sistema financer tradicional.

Històricament, el Bitcoin ha estat percebut com un actiu bastant independent dels mercats tradicionals, i el podia convertir en un bon actiu per a la diversificació de carteres. Tot i així, en els últims anys amb les aprovacions dels productes financers relacionats amb les criptomonedes com els ETF (*U.S. Securities and Exchange Commission, 2024*), la regulació més definida i amb la participació més gran de les institucions, les criptomonedes es poden haver comportat de forma més similar als actius de renda variable nord-americans.

El fet de la comparació amb l'S&P 500 és rellevant perquè:

- Representa l'índex de referència del mercat financer nord-americà i ens transmet l'evolució econòmica de les principals 500 empreses dels Estats Units.
- Actualment, tenen un pes significatiu les empreses relacionades amb el sector tecnològic, que poden compartir algunes característiques amb els actius d'alt creixement.
- Actua com un indicador de la situació econòmica dels Estats Units i de la confiança dels inversors davant del mercat.

Per tant, la investigació ens permetrà saber si el Bitcoin continua amb el comportament anterior en el qual estava menys correlacionat amb els mercats financers, veure l'avaluació de l'impacte en les carteres en les quals tinguin presència els dos actius i finalment avaluar l'efecte en el risc d'inversió.

3.3 Objectius generals i específics

A partir de la contextualització i la motivació dels anteriors apartats, es defineixen els següents objectius de l'estudi.

L'objectiu general de l'estudi és analitzar si s'ha produït un augment de la correlació entre el mercat de les criptomonedes (Bitcoin) i l'S&P 500 durant el període comprès entre els anys 2020 i 2025. La possible relació podria ser deguda a diversos factors que han tingut lloc els últims anys, com la recent adopció institucional de les criptomonedes i la integració més gran de la seva tecnologia associada dins del sistema financer.

Els objectius específics són:

- Analitzar l'evolució de les rendibilitats efectives diàries dels dos actius durant el període 2020-2025.
- Mesurar el risc dels dos actius a través dels indicadors estadístics com la volatilitat, la variància, la covariància i el *Value at Risk* (VaR).
- Avaluar l'impacte per a un inversor que té una cartera diversificada amb els dos actius i de forma òptima.
- Analitzar els efectes en el comportament dels actius durant els principals esdeveniments econòmics i financers del període.

3.4 Hipòtesis de la investigació

A partir dels objectius anteriors, es proposen un seguit d'hipòtesis que seran clau en l'enfocament de l'anàlisi estadístic i la correcta interpretació dels resultats en el treball. Les hipòtesis van relacionades amb la idea que les criptomonedes hagin presentat un creixement de la correlació amb l'índex S&P 500.

- H0 principal: No s'ha produït un augment de la correlació entre el mercat de les criptomonedes (Bitcoin) i l'índex S&P 500 durant el període comprès entre el 2020 i el 2025, tot i la contínua adopció institucional i la integració financera.
- H1 principal: S'ha produït un augment de la correlació entre el mercat de les criptomonedes (Bitcoin) i l'índex S&P 500 durant el període comprès entre el 2020 i el 2025, especialment després de la contínua adopció institucional i la integració financera.
- H2: El Bitcoin presenta més risc d'inversió en comparació amb l'índex S&P 500 en termes de volatilitat, tot i que aquests valors presenten una reducció durant els últims anys de l'estudi.
- H3: El Bitcoin presenta un nivell de pèrdues màximes més elevat en comparació amb l'índex S&P 500 segons els càlculs del *Value at Risk* (VaR) i l'*Expected Shortfall* (ES).
- H4: Els principals esdeveniments econòmics i financers poden causar pujades temporals en la correlació dels dos actius.

3.5 Temporalitat de l'estudi i la justificació de l'elecció

L'estudi està centrat en el període comprès entre el 2020 i el 2025. S'ha seleccionat aquest interval pel fet que són els anys més recents en el moment de la creació del treball i és una forma d'estudiar els esdeveniments recents en els quals no hi ha tants estudis acadèmics realitzats.

Tal com s'ha comentat en els apartats anteriors, el període del 2020 al 2025 ha tingut lloc certs esdeveniments econòmics importants com ara la pandèmia de la COVID-19, les eleccions dels Estats Units, la guerra entre Ucraïna i Rússia i altres esdeveniments específics del sector de les criptomonedes.

Durant el període, els ETF de criptomonedes podrien haver contribuït a un canvi de tendència causant una integració més elevada al mercat financer i una gran aportació de capital. L'any 2021 es va llançar l'ETF de futurs de Bitcoin anomenat Pro-Shares BITO i durant el 2024 l'ETF de Bitcoin i Ethereum en el mercat *spot*. Segons l'article científic de Mehdian, després de l'aprovació de l'ETF del 2024 la volatilitat i les fluctuacions grans dels preus s'han reduït (Mehdian et al., 2025).

Des d'un punt de vista genèric el fet que aquests nous vehicles d'inversió apareguin, es pot associar a la tendència a l'alça dels preus durant el període estudiat. Les entrades de capital ja no provenen exclusivament d'inversors particulars sinó que la majoria són inversors institucionals i institucions financeres. Les regulacions en relació amb les monedes estables com USDT i USDC que faciliten la compravenda entre criptomonedes, són cada vegada més presents a Europa amb la llei MiCA. Tot i això, als Estats Units les legislacions no són tan estrictes a causa de les polítiques adoptades a favor de les criptomonedes (Perianes, 2025).

Tots aquests factors són elements clau per al marc pràctic del treball i ajuden a entendre el context econòmic i els possibles canvis de tendències o alteracions en els preus que s'han produït.

4 Marc Teòric

4.1 Importància de la tecnologia blockchain i les criptomonedes en el sector financer.

La tecnologia blockchain és una de les grans innovacions que han aparegut els últims anys i han tingut un impacte en el sistema financer. Es tracta d'una tecnologia que produeix un registre electrònic en el qual es pot guardar la informació de manera segura a través de processos criptogràfics.

Satoshi Nakamoto (2008), en el document fundacional de Bitcoin ens va plantejar els següents problemes que ell podia veure sobre el sistema financer tradicional: les transaccions no eren del tot irreversibles, els comerciants havien de ser més desconfiats i necessitaven demanar més informació dels clients i, finalment, el sistema de pagament depenia dels intermediaris financers en les transaccions digitals i era necessari confiar en tercers per les validacions.

El sistema de pagament electrònic que proposava S. Nakamoto es diferencia dels sistemes tradicionals en el fet que no necessita unes autoritats centrals que verifiquin les transaccions, sinó que les transaccions fetes es validen i verifiquen amb una xarxa descentralitzada de validadors (nodes). Les transaccions es guarden en un registre públic i són resistents a manipulacions o atacs mentre que la major part del control sigui dels validadors (Nakamoto, 2008).

Aquesta proposta finalment es va fer efectiva l'any 2009 amb el llançament de la xarxa de Bitcoin, que ha obert un gran debat durant els últims anys qüestionant el model financer tradicional.

Els avantatges de la *blockchain* són considerables, com les reduccions dels costos de transacció, l'eliminació de la necessitat d'intermediaris bancaris, la rapidesa de les transaccions i l'augment de la seguretat. Aquestes característiques positives i diferenciades, han atret l'interès durant els últims anys dels inversors privats i les institucions financeres, causant una major adopció i integració de la tecnologia.

Tots aquests beneficis comentats també són extrapolables a altres àmbits on utilitzen la tecnologia blockchain, com ara en el camp de la ciberseguretat o en mètodes d'autenticació digital. Tot i així, la tecnologia és molt recent i presenta alguns problemes com ara el consum energètic elevat (Andrés et al., 2023).

A conseqüència de l'adopció continuada, les criptomonedes han continuat evolucionant durant els últims anys fins a la seva consolidació i reconeixement com a un nou actiu.

Tenint en compte les característiques del funcionament del mercat de les criptomonedes, cal destacar el fet que el mercat no presenta mai tancaments com els mercats tradicionals sinó que cotitza les 24 hores del dia, i presenta unes volatilitats més elevades.

L'expansió és contínua, tot i que el debat sobre quin paper prenen en l'economia no s'acaba de definir de forma clara. Es tenen consideracions diferents sobre la naturalesa de l'actiu, s'ha plantejat la possibilitat que sigui un actiu de tipus especulatiu, una reserva de valor o un projecte destinat a ser una bombolla financera.

4.2 Importància dels coneixements financers per a l'avaluació del risc dels actius.

En el context financer actual, en el que el món presenta un alt dinamisme i apareixen contínuament nous actius financers i derivats sobre aquests, convé disposar d'uns certs coneixements financers bàsics abans de considerar qualsevol classe d'inversió. Els coneixements financers són importants, ja que permeten entendre millor el funcionament dels mercats i identificar els riscos que porten associats.

El risc d'inversió es pot definir com qualsevol pertorbació no esperada dins d'un mercat o actiu que pot acabar provocant alteracions en el valor de cotització. Tot i així, el concepte de risc és molt més ampli, ja que existeixen diferents tipus. Alguns dels tipus més rellevants són el risc de mercat, el risc de liquiditat i el risc de país. Tots ells poden afectar el comportament dels actius i són un element bàsic que sol aparèixer en els fullets informatius de la CNMV o en qualsevol altre document oficial sobre un actiu financer regulat.

Per a mesurar els riscos existeixen diferents mesures estadístiques com la variància, la covariància, la desviació estàndard o volatilitat i el coeficient de correlació. Aquestes eines són fonamentals per a estudiar els actius i les relacions que presenten entre ells (Ccaccy Bautista, 2015).

En aquest treball, el conjunt d'eines estadístiques explicades amb anterioritat són utilitzades en l'estudi de la correlació entre el mercat de les criptomonedes i l'índex S&P 500, ja que són elements bàsics i imprescindibles per a l'estudi.

4.3 Mercats Financers Tradicionals

4.3.1 Definició i funcionament dels mercats financers

Els mercats financers es poden entendre com uns mecanismes i institucions, tant presencials com virtuals, en els que es negocien diversos actius financers. Els mercats formen el punt de trobada entre els inversors amb excedent d'estalvi que busquen un rendiment dels seus estalvis, i els emissors dels actius, que busquen finançament (Ismael, 2025).

Els mercats funcionen amb la llei de l'oferta i la demanda, i els preus dels actius es determinen en cada moment concret en funció de les condicions del mercat.

Dins dels mercats es poden trobar diferents instruments financers com ara: accions, bons, divises, instruments derivats, etc. Cadascun d'aquests actius presenta les seves característiques específiques, i tant els inversors com els emissors els escullen en funció d'aquestes i de les seves necessitats financeres.

Aquests mercats han contribuït al creixement econòmic, ja que faciliten l'arribada del capital pel finançament de les empreses. Durant els últims anys, han experimentat una gran expansió a causa de la digitalització i en l'augment de l'eficiència en les transaccions. Tot i això, el fet de la interconnexió internacional dels mercats pot causar que un esdeveniment tant econòmic com polític en una regió concreta, pugui contagiar els efectes en altres mercats financers mundials.

4.3.2 Índex S&P 500: característiques i rellevància

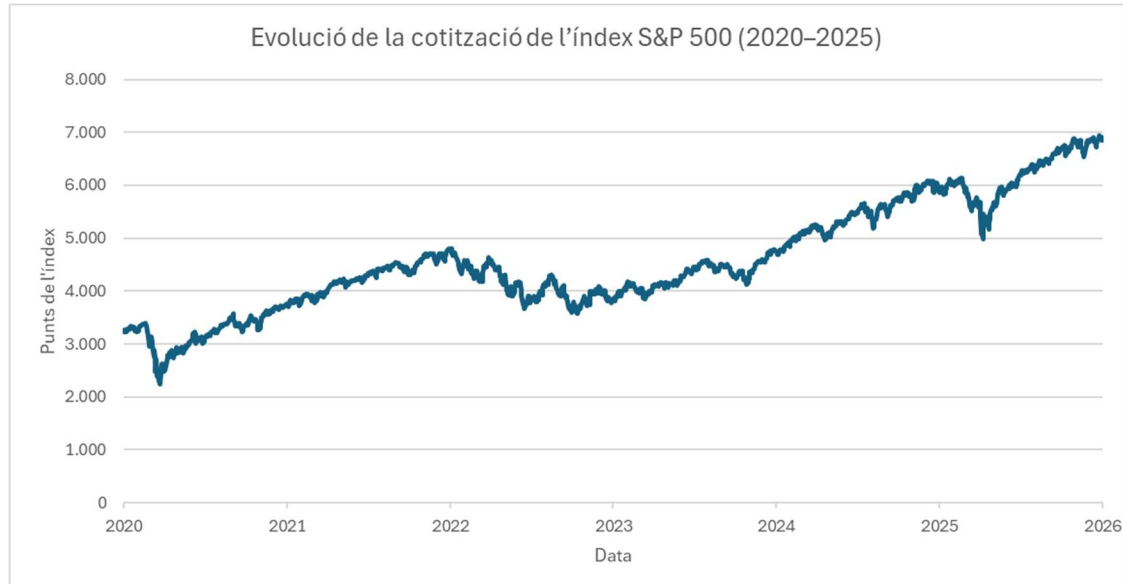
L'índex S&P 500 s'ha consolidat com un dels principals indicadors econòmics referents dels mercats financers dels Estats Units i com a referència clau per l'anàlisi de l'evolució de l'economia.

L'índex va ser creat el 1957 per Standard & Poor's i està format per les 500 majors empreses cotitzades dels Estats Units en termes de capitalització borsària. Es calcula amb la ponderació per capitalització ajustada per *free-float*, és a dir, es premien les accions de les empreses americanes amb més capital lliure circulant i amb més volum de negociació.

Es repeteix el càlcul de l'índex de forma trimestral en els mesos de març, juny, setembre i desembre, amb l'objectiu de fer les modificacions adequades respecte a uns criteris que tenen establerts. Les empreses que en volen formar part només poden ser dels Estats Units, i han de seguir un seguit de normes financeres estrictes, per exemple,

beneficis positius durant els quatre trimestres més recents i una bona liquiditat de l'actiu (S&P Dow Jones Indices, 2026).

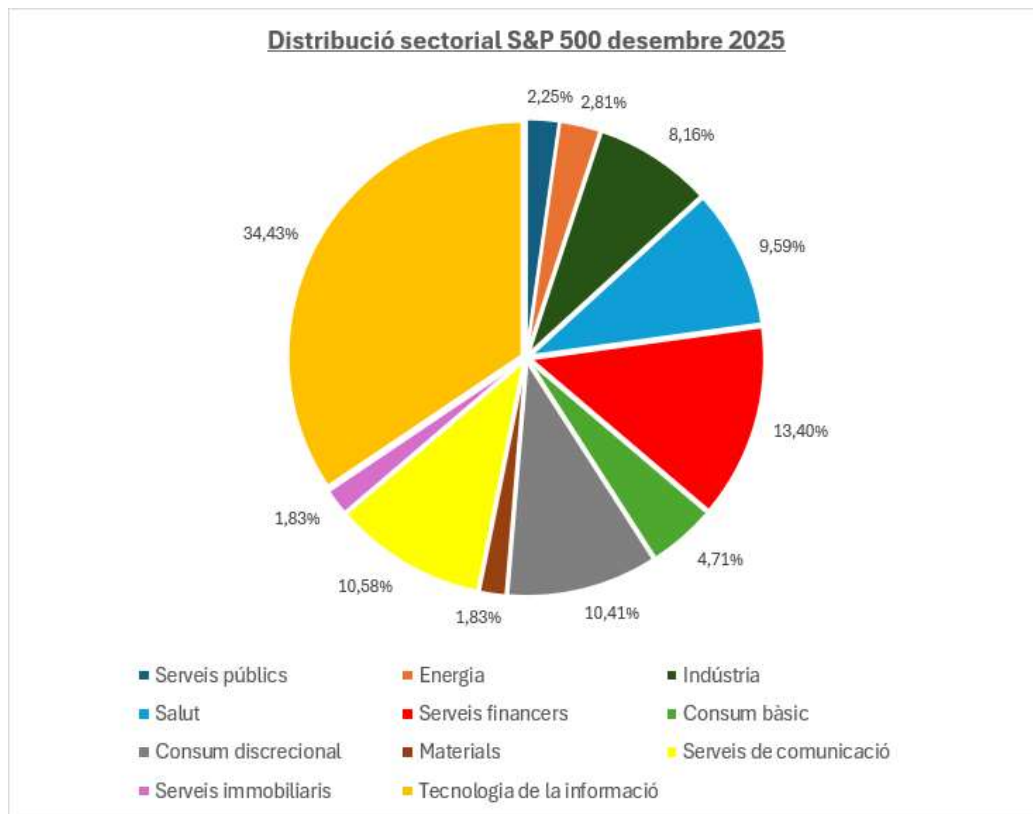
Figura 3 Evolució de la cotització de l'índex S&P 500 (2020-2025).



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

En el desglossament per sectors, els més rellevants són els tecnològics, els financers i els de serveis de comunicació. Actualment, els tecnològics representen quasi un terç del total de l'índex, es pot relacionar amb la gran entrada de capital en el sector a causa del desenvolupament de la intel·ligència artificial i altres tecnologies que ha tingut lloc els darrers anys (S&P Dow Jones Indices, 2026).

Figura 4 Distribució sectorial de l'índex S&P 500 al desembre de l'any 2025.



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (MacroMicro, 2026)

Degut a la rellevància com a indicador del comportament de la borsa dels Estats Units, l'índex S&P 500 s'utilitza en aquest estudi com a referència del mercat financer tradicional, amb l'objectiu de fer una comparació amb el mercat de les criptomonedes.

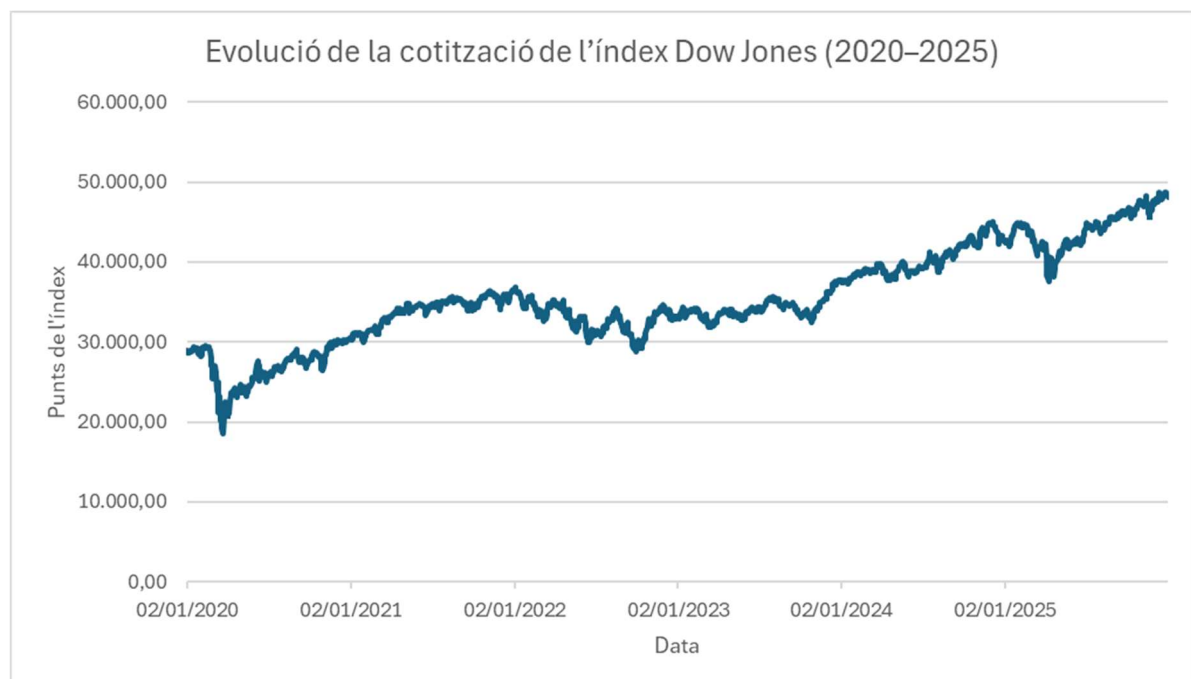
4.3.3 Índex Dow Jones

El Dow Jones Industrial Average és un dels índexs borsaris més antics i rellevants del món, gestionat per S&P Dow Jones Indices. Segons el document metodològic de la pàgina oficial, l'índex està format per les 30 empreses seleccionades entre les més importants dels Estats Units, sense tenir en compte els sectors de transport i serveis públics que ja tenen uns índexs específics. L'índex va ser fundat el 26 de maig de 1896, i també és la data que es registra el seu primer valor.

Actualment, el Dow Jones Industrial Average inclou empreses de diversos sectors de l'economia dels Estats Units, la composició es revisa quan el comitè ho considera necessari i sense cap calendari definit. Segons la informació sectorial de la pàgina oficial, els sectors amb més pes són el financer, l'industrial i els de les tecnologies de la informació.

Per formar part de l'índex, les empreses han de seguir uns criteris com per exemple una reputació positiva, un creixement sostingut i un gran nombre d'inversors que es vegin atrets (S&P Dow Jones Indices, 2026).

Figura 5 Evolució de la cotització de l'índex Dow Jones (2020-2025).



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

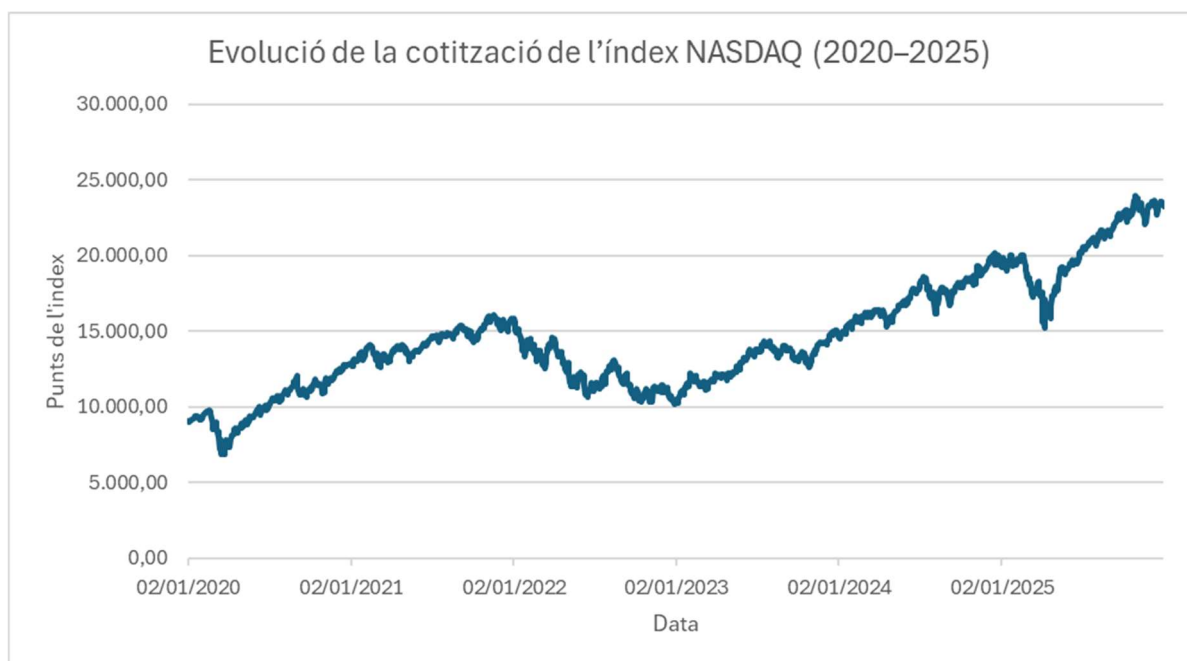
4.3.4 Índex NASDAQ

El NASDAQ Composite és un dels principals índexs borsaris dels Estats Units, està compost per totes les accions que cotitzen al NASDAQ Stock Market, les relacionades amb el sector de la tecnologia hi tenen una gran presència.

L'índex va ser fundat l'any 1971 i inclou milers d'empreses, tan grans corporacions com empreses de dimensions més reduïdes. El NASDAQ Composite és un índex ponderat per capitalització de mercat, això significa que les empreses amb un valor més gran en borsa, tenen un impacte major en l'índex.

Tot i ser un índex dels Estats Units, el componen un 5% aproximadament d'empreses que són internacionals i que no pertanyen als Estats Units. Segons les dades oficials de la pàgina web del NASDAQ, més d'un 56% del pes total de l'índex són empreses tecnològiques (Nasdaq, 2026).

Figura 6 Evolució de la cotització de l'índex NASDAQ (2020-2025).



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

4.4 Mercat de les Criptomonedes

4.4.1 Origen i desenvolupament

El mercat de les criptomonedes s'entén com l'espai virtual on es negocien el conjunt de criptomonedes, que són actius digitals basats en la tecnologia blockchain. Aquesta tecnologia permet que les transaccions que es produeixin siguin més segures i un control més elevat sobre el subministrament total de cada actiu. Durant els darrers anys, han experimentat un creixement exponencial fins a convertir-se en un nou sector de pes dins del conjunt dels mercats financers globals (Joebges et al., 2025).

L'origen del mercat de les criptomonedes es pot situar en la publicació del document fundacional del Bitcoin l'any 2008 per part de Satoshi Nakamoto, en el qual es proposava un sistema innovador per a efectuar pagaments electrònics descentralitzats basats en la criptografia, i eliminant els possibles intermediaris financers tradicionals (Nakamoto, 2008).

Durant els últims anys, el creixement accelerat del sector ha portat a la creació progressiva de molts projectes alternatius al Bitcoin, ampliant el nombre total de criptomonedes en el mercat (Joebges et al., 2025). Tot i així, no tots els projectes s'han consolidat i alguns han desaparegut o presenten un volum de negociació residual. Un exemple rellevant que contempla l'estudi és el de la criptomoneda Terra/Luna, que va patir una pèrdua de valor en un període de temps molt curt, i posteriorment la desaparició total del projecte (Rumitti & Collacciani, 2022).

En les primeres etapes del mercat de les criptomonedes, la majoria dels inversors eren particulars, que es veien atrets pel potencial de creixement i les rendibilitats altes. Posteriorment, els inversors institucionals van veure el potencial de la tecnologia i van desenvolupar instruments financers innovadors, com els ETF de Bitcoin (U.S. Securities and Exchange Commission, 2024).

Tot i així, durant els primers anys del mercat de les criptomonedes, la regulació era molt limitada o quasi inexistente, i generava incertesa i perill pels inversors. Algunes característiques tecnològiques pròpies que presenten aquests actius, van dificultar el rastreig de les transaccions d'estafes i de les activitats il·legals en les quals s'utilitzaven criptomonedes com a mètode de pagament. Davant la situació de falta de regulació, els organismes reguladors es van veure obligats a prendre mesures per al control i la protecció dels inversors. Tot i així, el conjunt de regulacions presenta algunes limitacions i diferències en funció dels països (Blandin et al., 2019).

4.4.2 Característiques i funcionament dels mercats

El mercat de les criptomonedes presenta un conjunt de característiques específiques que el diferencien dels mercats financers tradicionals. Els mercats organitzats presenten una estructura clara i disposen d'organisme de supervisió i cambres de compensació que garanteixen el correcte funcionament del mercat. En canvi, el mercat de les criptomonedes és descentralitzat, ja que no requereix cap autoritat central per a la verificació de les transaccions, les quals es registren a través de la tecnologia blockchain (Nakamoto, 2008).

Una altra característica rellevant que es tracta en el Marc Pràctic, és que el mercat de les criptomonedes presenta una negociació continuada durant les 24 hores del dia i els 7 dies de la setmana (Binance, 2026), a diferència dels mercats borsaris tradicionals, que presenten horaris i calendaris de negociació limitats. El fet que no presentin períodes de tancament pot causar que els preus puguin reaccionar davant dels esdeveniments econòmics, financers o polítics de forma immediata i global.

El mercat de les criptomonedes presenta una volatilitat elevada en comparació amb altres actius financers tradicionals. Un seguit d'estudis realitzats defensen que els preus de les criptomonedes poden variar de forma considerable en períodes curts de temps, fent augmentar la incertesa i el risc per als inversors dels actius (Gupta & Chaudhary, 2022).

4.4.3 Bitcoin (BTC)

El Bitcoin (BTC) és la primera criptomoneda descentralitzada creada amb èxit i actualment la major en capitalització de mercat i influència en el sector dels cryptoactius. L'origen del Bitcoin se situa l'any 2008 amb la publicació del document fundacional *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*, signat amb el pseudònim de Satoshi Nakamoto (Nakamoto, 2008).

El 2009 finalment es va publicar el programari i va entrar en funcionament la xarxa. Entre el 2009 i el 2010, el creador va fer algunes comunicacions en fòrums digitals, fins que finalment va desaparèixer públicament, i la seva identitat continua sent desconeguda en l'actualitat, fet que reforça la idea de la descentralització.

El Bitcoin és completament independent de qualsevol autoritat central, com poden ser els bancs i governs. El seu funcionament és basat en un sistema de *Proof of Work* (PoW) que consisteix a fer que un conjunt de verificadors de transaccions, coneguts com a miners, resolen uns algorismes matemàtics a través de potència computacional i obtenen

Bitcoin o fraccions del mateix com a recompensa. Cada transacció queda registrada en un bloc i el conjunt creen una cadena de blocs, més coneguda com a blockchain. Les transaccions són anònimes i descentralitzades, tot i que poden ser rastrejades analitzant la blockchain (López et al., 2024).

El Bitcoin presenta un conjunt de característiques que el diferencien d'altres actius financers. En primer lloc, es tracta d'un actiu completament digital i sense cap element físic que el representi. En segon lloc, el sistema és transparent, ja que totes les transaccions queden registrades en la blockchain, que actua com un llibre públic.

Una altra característica és la globalització de la tecnologia i l'eliminació de barreres pel seu ús entre diferents països i diferents sistemes de pagament. A més, les transaccions realitzades són irreversibles una vegada fetes, fet que redueix el risc d'alguna manipulació. Finalment, els baixos costos de transacció competeixen directament amb els dels mercats financers tradicionals i els intermediaris bancaris (Barretó et al., 2023).

El preu del Bitcoin es determina per la llei de l'oferta i la demanda en els mercats de criptomonedes. A diferència del sistema monetari fiduciari de l'actualitat, en els que els bancs poden augmentar l'oferta monetària total, el Bitcoin té una oferta limitada a 21 milions d'unitats, fet que genera una sensació d'escassetat digital (López et al., 2024).

El *halving* és un mecanisme programat que té lloc aproximadament cada 4 anys, o cada 210.000 blocs minats. Aquest esdeveniment consisteix en el fet que les recompenses que s'obtenen per cada bloc minat es redueixen a la meitat, fent que les entrades de nou Bitcoin al sistema siguin menors.

Des del punt de vista econòmic, tenint en compte una demanda constant i una reducció en l'oferta, crea les condicions per a una pujada del preu de l'actiu. Tot i així, segons l'estudi de *Semilleros de Investigación*, la pujada no és immediata i es produeix de forma gradual (Semilleros De Investigación et al., 2024). En el treball es consideren els dos esdeveniments de *halving* que s'han produït en el període del 2020 al 2025.

Figura 7 Evolució de la cotització de Bitcoin (BTC) en USD (2020-2025)



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

En el gràfic s'observa una tendència creixent del preu del Bitcoin durant el període del 2020-2025, tot i que amb moviments oscil·lants. Dins de la tendència de creixement a escala global del període, es pot identificar una primera tendència alcista des del 2020 fins a finals del 2021, causada per la gran entrada de capital. Posteriorment, el mercat inicia una fase baixista que s'allarga fins als primers mesos del 2023, causada per l'augment de tipus d'interès, la guerra entre Ucraïna i Rússia i el seguit de crisis en el mercat de les criptomonedes. Finalment, es dona principi a una última tendència alcista sostinguda fins a finals de 2025, tot i presentar correccions i períodes de lateralització dels preus.

4.4.4 Ethereum (ETH)

Ethereum és una plataforma programable i descentralitzada basada en la cadena de blocs, i dissenyada per a la creació de contractes intel·ligents i aplicacions descentralitzades. El sistema funciona de manera similar a Bitcoin, una xarxa extensa d'ordinadors que actuen com a nodes i garanteixen la seguretat a la infraestructura.

Darrere del projecte, es troba la criptomoneda nativa Ether (ETH), utilitzada per pagar les comissions que es creen en les transaccions. La moneda presenta un caràcter deflacionista, ja que es crema una proporció petita de l'actiu en cada transacció.

L'any 2022, la moneda va substituir el mecanisme de *Proof of Work* per *Proof of Stake*, l'actualització va causar una reducció del 99% del consum energètic i una millora en l'eficiència. Aquest canvi ha permès que la infraestructura evolucioni de forma contínua amb actualitzacions centrades a incrementar la velocitat i eficiència (Ethereum, 2026).

Figura 8 Evolució de la cotització de Ethereum (ETH) en USD (2020-2025)



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

En el gràfic s'observa la tendència de creixement que ha presentat Ethereum durant el període d'estudi del 2020-2025. L'actiu presenta algunes diferències evidents en la intensitat dels moviments en comparació amb el Bitcoin.

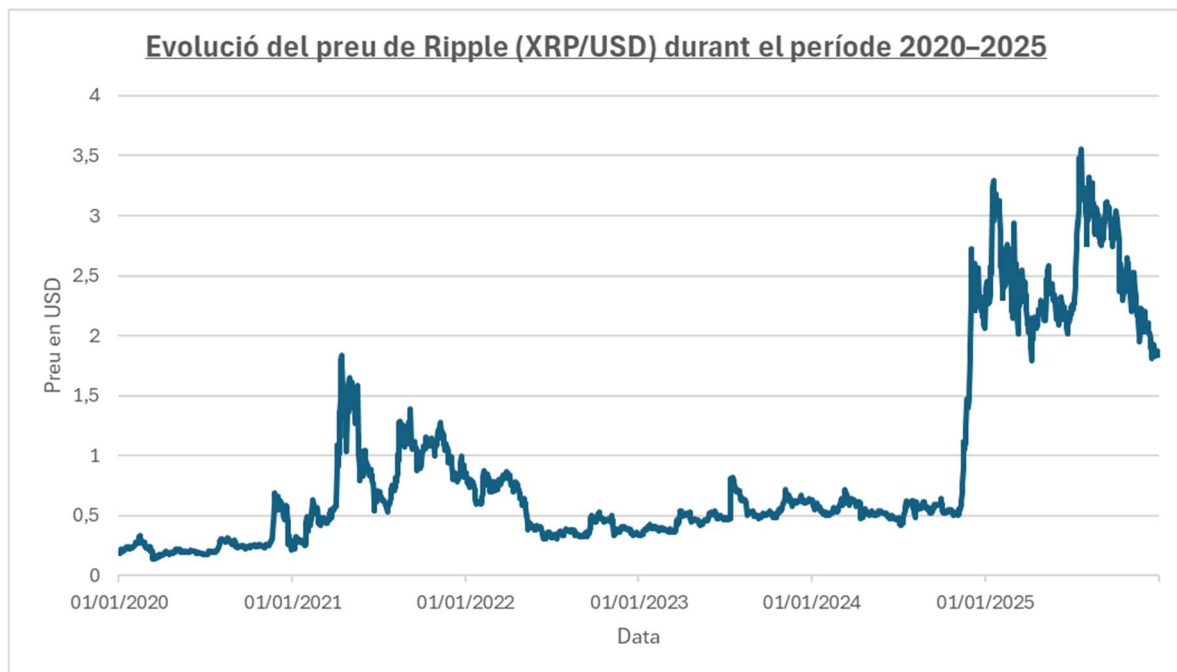
4.4.5 Ripple (XRP)

El projecte Ripple (XRP), és una empresa que ha estat oferint solucions per als pagaments basades en la tecnologia de la cadena de blocs i amb l'objectiu de connectar directament les institucions financeres amb una estructura que presenti una velocitat més elevada en les transaccions.

Segons la seva pàgina oficial, la tecnologia de Ripple permet dur a terme pagaments quasi instantanis i de forma global, amb costos més baixos i amb un alt nivell de seguretat, facilitant el moviment de valor entre les empreses i institucions financeres.

Ripple treballa dins dels sistemes financers tradicionals, tot això és possible fer-ho, ja que col·laboren amb els organismes reguladors i els bancs centrals, que garanteixen la viabilitat i el compliment de les normes (Ripple, 2026).

Figura 9 Evolució de la cotització de Ripple (XRP) en USD (2020-2025)



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

En el gràfic es pot observar que XRP presenta una evolució estable durant els primers anys del període 2020-2025, amb una volatilitat inferior en comparació amb Ethereum o Bitcoin. Tot i així, l'any 2025 presenta un gran augment en la seva cotització, desmarcant-se de la trajectòria de Bitcoin i Ethereum.

4.4.6 Correlació financera i diversificació de les carteres.

La correlació financera és un aspecte important per a la gestió del risc i en la construcció de les carteres òptimes, ja que indica fins a quin punt el fet de combinar actius diferents pot reduir la volatilitat total.

En el cas d'actius amb correlacions baixes o negatives, les pèrdues que tenen lloc en un actiu poden compensar-se parcialment amb els moviments de l'altre. En canvi, si les correlacions són positives i elevades, es perd la capacitat de compensació, és a dir, es perd la diversificació i un moviment en el mercat afecta de forma similar als actius, augmentant el risc global en la cartera.

La teoria de carteres de Markowitz (1952), defineix que la reducció del risc no depèn del nombre total d'actius que la componen, sinó de la covariància que presenten entre ells, i que una covariància més baixa implica una diversificació més efectiva de la cartera (Markowitz, 1952).

En termes de correlacions, si es crea una cartera amb actius del mateix sector, el més segur és que presentin una correlació alta i un mínim moviment en el sector pugui afectar de forma global, en canvi, si es fa una diversificació, un moviment que afecti un sector en concret es pot veure compensat parcialment pel comportament d'un altre sector.

Tot i així, la correlació possiblement no és un valor que sigui constant en el temps i es podria veure afectada per les condicions macroeconòmiques del moment, canvis en polítiques monetàries o en esdeveniments inesperats. Per aquest motiu, en el marc pràctic es calculen les correlacions rodants, que permeten analitzar els efectes dels principals esdeveniments macroeconòmics en els actius de l'estudi.

En el cas del Bitcoin, en presentar una elevada volatilitat i tenir moviments tan extrems i inesperats podria influir en la diversificació de la cartera, a causa de la difícil predicció del seu comportament davant dels principals esdeveniments. Tot i així, en el marc pràctic la clau serà identificar les tendències en termes de correlació i determinar en quins períodes el Bitcoin pot aportar diversificació i en quins no, i com poder-los combinar en una cartera per a diversificar.

5 Marc Pràctic

5.1 Metodologia per a l'estudi

La metodologia utilitzada en aquest estudi es basa en una anàlisi quantitativa de dades financeres històriques, amb l'objectiu d'analitzar si s'ha produït un augment de la correlació entre el mercat de les criptomonedes, representat pel Bitcoin (BTC), i els mercats financers tradicionals, representats per l'índex americà l'S&P 500, durant el període comprès entre els anys 2020 i 2025.

Un dels principals reptes de l'estudi és la diferència entre la quantitat de dades disponibles entre els dos actius. El Bitcoin cotitza de forma contínua, mentre que l'índex S&P 500 només ho fa en dies laborables. Aquest fet genera un desajust en la comparació de les dues sèries de dades. Per a poder comparar-les correctament, en els apartats següents es presenta una solució al problema.

L'estudi utilitza les dades diàries de cotització al tancament de cada actiu, a partir de les quals es calculen les rendibilitats diàries. Aquestes rendibilitats permeten calcular un seguit de mesures de risc i relació, com ara la volatilitat, la variància, la covariància, el coeficient de correlació i el *Value at Risk* (VaR). A través d'aquestes eines estadístiques es facilitarà la comprensió del comportament dels actius en els diferents contextos econòmics i financers, així com la utilitat en la diversificació de carteres. A més, el complement Solver de l'Excel s'utilitza per a la creació de la cartera òptima basada en la teoria de Markowitz.

5.1.1 Obtenció i tractament de les dades

Les dades s'han obtingut de la plataforma d'inversió Investing.com, una eina que és usada tant per inversors com per a analistes de dades, ja que presenta la informació financera en temps real (Investing.com España, 2026). S'ha elegit aquesta plataforma per la fiabilitat i facilitat que presenta en la descàrrega de les dades de cotitzacions tant d'accions, índexs i criptomonedes.

Una vegada s'han obtingut les dades, han sigut netejades i filtrades per a eliminar errors. S'ha modificat el format de les dates i s'han ordenat les dades per a garantir que l'anàlisi sigui correcte.

5.1.2 Ajustament en els dies de cotització

En l'estudi es comparen diferents tipus d'actius que presenten alguns desajustos i diferències en els dies de cotització. En el cas de l'índex S&P 500, segons els horaris oficials de la pàgina NYSE, cotitza de 9:30 a 16:00 (hora de Nova York), de dilluns a divendres i excloent els festius nacionals (NYSE, 2026).

En canvi, amb el Bitcoin les dades són contínues durant les 24 hores del dia, durant els set dies de la setmana i durant tot l'any. El mercat no presenta mai cap tancament (Binance, 2026).

La solució davant del desajust és l'eliminació dels dies en què el Bitcoin cotitza i l'índex S&P 500 no ho fa, aconseguint el mateix nombre de dades. En el cas de no fer cap ajust es compararien 365/366 dades del Bitcoin amb 250-253 aprox. de l'índex S&P 500 i molts dels estadístics serien incorrectes.

5.1.3 Eines estadístiques utilitzades

En l'estudi s'ha usat *Microsoft Excel* i el seu complement *Power Query* pel tractament de les dades estadístiques i un seguit de les eines que venen incorporades, com la funció Anàlisi de dades i el Solver.

5.2 Anàlisi estadística

La informació sobre les eines estadístiques usades en el treball han sigut extretes del manual d'estadística: *Estadística para administración y economía* dels autors Paul Newbold, William L. Carlson, Betty M. Thorne (Newbold et al., 2013), i han sigut complementats amb les notes de classe preses durant les sessions impartides per la Doctora Maria Teresa Sorrosal en l'assignatura d'Anàlisi de les Dades Financeres.

5.2.1 Càlcul de les rendibilitats diàries

S'han calculat les rendibilitats efectives diàries i les rendibilitats logarítmiques diàries per a tot el conjunt de dades. Les rendibilitats efectives diàries són la mesura més utilitzada en comparacions d'actius i en càlculs.

El càlcul de les rendibilitats efectives diàries es calcula a partir de la següent fórmula:

$$r_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}$$

on P_t representa el valor del preu de l'actiu en el dia t , P_{t-1} el preu de l'actiu en el dia anterior.

D'altra banda, la rendibilitat logarítmica diària es calcula com:

$$r_t^{log} = \ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right)$$

on $\ln$ correspon al logaritme natural.

Un cop obtingudes, s'utilitzen per a calcular els estadístics dels apartats següents.

Taula 1 Rendibilitat efectiva anual del Bitcoin i l'índex S&P 500

Any	BTC	S&P 500
2020	302,1%	15,3%
2021	59,7%	26,9%
2022	-64,2%	-19,4%
2023	155,6%	24,2%
2024	121,3%	23,3%
2025	-6,4%	16,4%

Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

En la Taula 1 es mostren les rendibilitats anuals del Bitcoin i de l'índex S&P 500 durant el període 2020-2025. El principal fet a destacar és que Bitcoin presenta anys d'elevades rendibilitats positives (2020, 2023 i el 2024) combinades amb caigudes fortes (2022, 2025), reflectint la naturalesa més volàtil. En canvi, l'índex S&P 500 presenta una evolució més estable i amb una única caiguda significativa l'any 2022. Aquest patró observat marca un precedent a tenir en compte en els següents apartats.

5.2.2 Càlcul de la volatilitat

La desviació típica o estàndard, també coneguda com a volatilitat és l'arrel quadrada de la variància poblacional. És una mesura de risc financer i ens indica la dispersió de les rendibilitats respecte a la seva mitjana. La fórmula és la següent:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - u)^2}{N}}$$

on σ^2 representa la variància, x_i la rendibilitat en el dia i , u la mitjana poblacional i finalment N el nombre d'observacions.

En el cas que sigui per a una mostra, la fórmula de la desviació estàndard mostral és la següent:

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

on s^2 representa la variància, x_i la rendibilitat en el dia i , $\bar{x}$ la mitjana mostral i finalment n el nombre d'observacions.

$$\sigma_{anualitzada} = \sigma_{diària} \cdot \sqrt{N}$$

Taula 2 Volatilitat diària i anual del Bitcoin i l'índex S&P 500.

Any	σ BTC diària	σ BTC anual	σ S&P 500 diària	σ S&P 500 anual
2020	3,93%	75,0%	2,2%	34,6%
2021	4,24%	81,0%	0,8%	13,1%
2022	3,35%	64,0%	1,5%	24,1%
2023	2,30%	44,0%	0,8%	13,0%
2024	2,78%	53,1%	0,8%	12,6%
2025	2,19%	41,8%	1,2%	18,7%

Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com España, 2026).

En la Taula 2 es mostra la volatilitat diària i anual per ambdós actius. El primer fet destacable és la volatilitat elevada en el Bitcoin en comparació amb l'índex S&P 500, fet que confirma el major risc associat i el caràcter especulatiu.

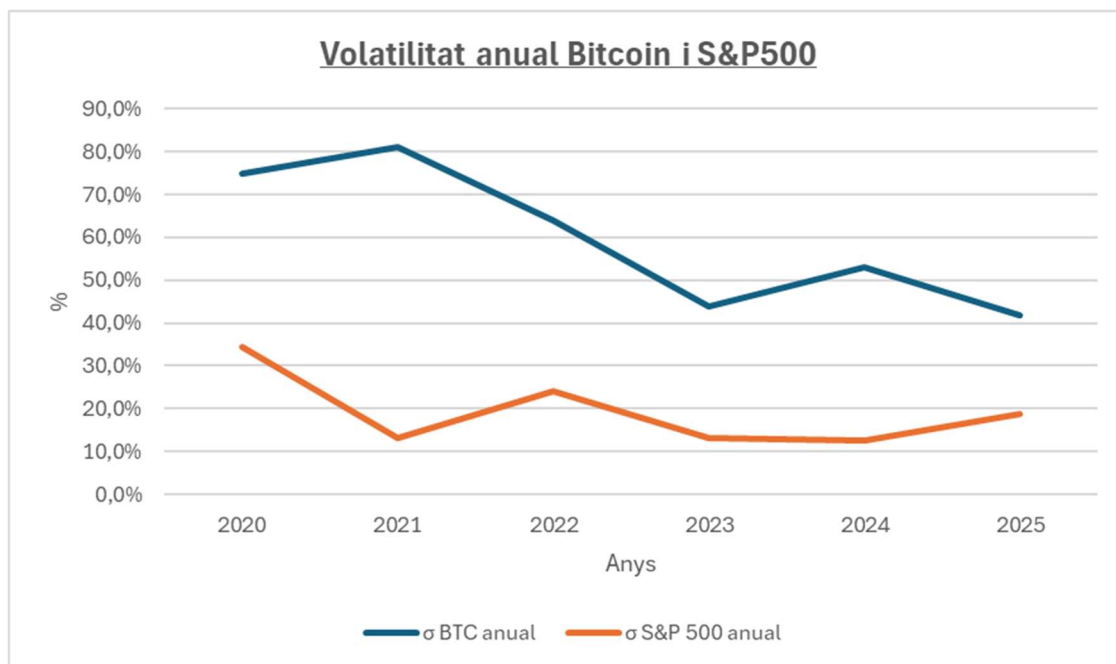
L'any 2020 destaca per uns alts nivells de volatilitat en ambdós actius, en un context d'incertesa causada per la COVID-19. El 2021, la volatilitat del Bitcoin es manté en

valors molt elevats, mentre que l'índex S&P 500 es redueix de forma significativa, reflectint una recuperació dels mercats i de l'estabilitat.

El 2022, amb un entorn d'elevada inflació i de pujades de tipus d'interès, la volatilitat de l'índex S&P 500 augmenta de forma notable, mentre que la de Bitcoin disminueix tot i continuar sent molt elevada.

A partir del 2023, en ambdós actius la tendència és de baixada de la volatilitat. En el cas del Bitcoin, l'estabilització podria estar relacionada amb l'aprovació dels ETF i en la maduresa més gran del mercat. En l'índex S&P 500, la volatilitat es manté en nivells més moderats, tot i que el 2025 presenta un repunt que podria anticipar una incertesa més elevada en el futur.

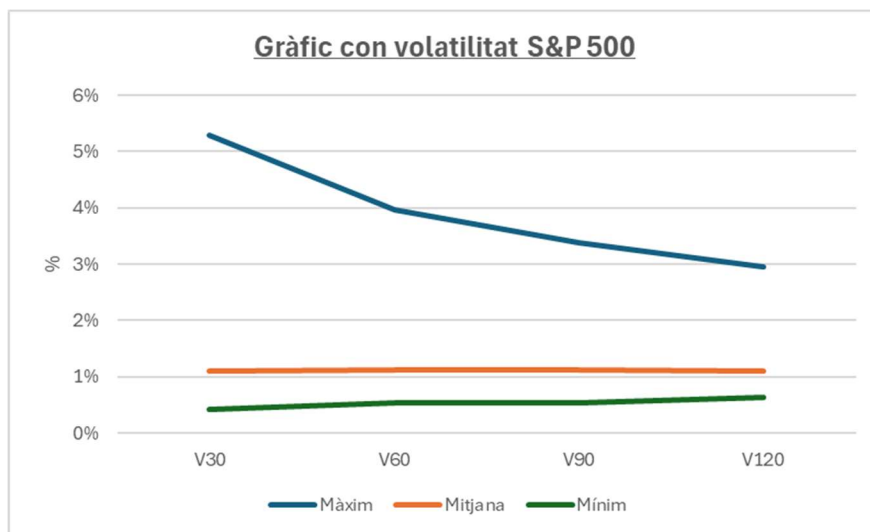
Figura 10 Gràfic comparatiu del Bitcoin i de l'índex S&P 500 en volatilitat anual.



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

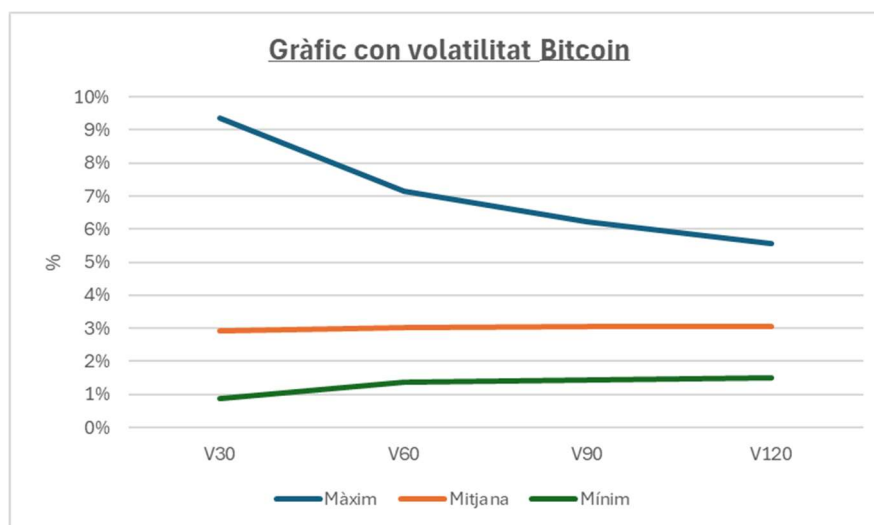
En la Figura 10 es presenta de forma més visual els valors de la volatilitat anual de la Taula 2 reforçant les explicacions anteriors.

Figura 11 Gràfic de la volatilitat del S&P 500.



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

Figura 12 Gràfic de la volatilitat del Bitcoin.



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

Per a complementar l'anàlisi de la volatilitat anual, s'han construït els dos cons de la volatilitat per a períodes de 30, 60, 90, 120 dies, tant per al Bitcoin com per a l'índex S&P 500. Aquest gràfic és útil, ja que permet veure de forma molt visual els rangs de la volatilitat (màxim, mitjana i mínim) en cada període. S'han realitzat els dos cons per separat per a la millor observació.

Dels cons es pot extreure que Bitcoin presenta rangs més amplis i valors màxims més elevats que els de l'índex S&P 500, reforçant una altra vegada el seu comportament volàtil i especulatiu.

5.2.3 Variàncies i covariàncies

La variància i la covariància són mesures estadístiques de dispersió imprescindibles per analitzar el comportament de les rendibilitats del Bitcoin i de l'índex S&P 500. A partir de les rendibilitats efectives diàries calculades anteriorment, s'han obtingut els valors anuals de variància per a cada actiu i la covariància entre els dos.

La variància mesura el grau de dispersió de les rendibilitats d'un actiu en concret respecte de la seva mitjana i és un indicador que ajuda a reconèixer el nivell de risc. Com més elevat, més risc presenta l'actiu. Cal recordar que l'arrel de la variància és la volatilitat calculada en l'apartat anterior.

La fórmula per al càlcul de la variància poblacional és la següent:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - u)^2}{N}$$

I per a la variància mostral:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

En canvi, amb la covariància es pot mesurar la relació lineal entre les rendibilitats dels dos actius. Si el valor és positiu indica que tenen una relació lineal positiva i que tendeixen a moure's en la mateixa direcció, i en el cas d'un valor negatiu indica moviments oposats dels dos actius.

La fórmula per al càlcul de la covariància mostral és la següent:

$$Cov(x, y) = s_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n - 1}$$

Taula 3 Variància del Bitcoin i l'índex S&P 500 i covariància d'ambdós actius.

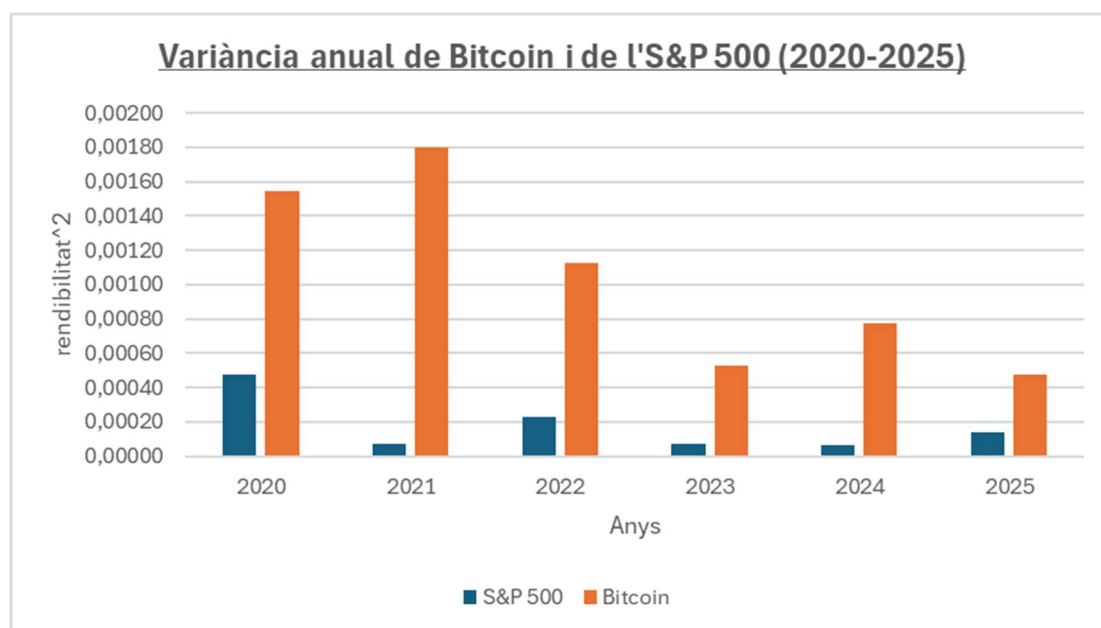
Any	Variància S&P 500	Variància Bitcoin	Covariància Bitcoin/S&P 500
2020	0,00047209	0,00154298	0,00044610
2021	0,00006809	0,00179843	0,00010307
2022	0,00023190	0,00112227	0,00034433
2023	0,00006802	0,00053058	0,00003808
2024	0,00006350	0,00077286	0,00010017
2025	0,00013955	0,00047784	0,00012520

Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

La Taula 3 mostra l'evolució anual de la variància del Bitcoin i de l'índex S&P 500, i la covariància d'ambdós actius durant el període del 2020 al 2025. Els resultats mostren de forma evident les diferències en el nivell de risc associat en cada actiu. En tots els anys que s'han analitzat, el Bitcoin presenta una variància molt superior a la de l'índex S&P 500, fet que ajuda a remarcar la naturalesa volàtil i especulativa del Bitcoin. La diferència és més marcada en els anys 2020, 2021, 2022, en què el Bitcoin va tenir una sensibilitat més elevada davant dels esdeveniments econòmics que van tindre lloc.

Amb la covariància, veiem que durant el període d'estudi els valors són tots positius, fet que remarca que els dos actius tenen una relació lineal positiva. Tot i així, s'haurà de calcular el coeficient de correlació per a veure la intensitat de la relació entre els dos actius.

Figura 13 Variància anual de Bitcoin i de l'índex S&P 500 (2020-2025)



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

La figura 13 representa de forma visual la Taula 3 de les variàncies del Bitcoin i de l'S&P 500 que s'han comentat anteriorment. En el gràfic es pot observar que el Bitcoin manté un nivell del risc molt més elevat que l'S&P 500, tot i que la seva tendència és descendent.

A partir de les variàncies i de les covariàncies anuals, en el següent apartat es calcula el coeficient de correlació entre el Bitcoin i l'S&P 500 que permetrà mesurar la intensitat de la relació que presenten els dos actius.

5.2.4 Coeficients de correlació

El coeficient de correlació és una mesura estadística que en quantifica la intensitat i el sentit d'una relació lineal entre la rendibilitat de dos actius. En aquest estudi, representa la mesura de importància més elevada, s'utilitza per analitzar de quina manera el Bitcoin i l'índex S&P 500 han evolucionat conjuntament durant el període comprès entre l'any 2020 i 2025.

La fórmula del coeficient de correlació està composta pels elements ja calculats als apartats anteriors. A continuació es presenta la fórmula:

$$\rho_{XY} = \frac{Cov(X,Y)}{\sigma_X \cdot \sigma_Y}$$

El valor del coeficient de correlació està comprès entre -1 i 1:

$\rho=1$ Una relació lineal positiva perfecta

$\rho=-1$ Una relació lineal negativa perfecta

$\rho=0$ No hi ha cap relació lineal

És a dir, si el valor és proper a 1, els actius tenen tendència a moure's en la mateixa direcció. En canvi, si els valors són propers a 0 reflecteixen una relació lineal feble. A partir del càlcul de la fórmula s'ha obtingut la següent taula:

Taula 4 Càlcul del coeficient de correlació entre Bitcoin i l'índex S&P 500.

Any	σ S&P 500 (%)	σ Bitcoin (%)	Covariància	Correlació
2020	2,2%	3,93%	0,00044610	0,52269
2021	0,8%	4,24%	0,00010307	0,29454
2022	1,5%	3,35%	0,00034433	0,67495
2023	0,8%	2,30%	0,00003808	0,20045
2024	0,8%	2,78%	0,00010017	0,45219
2025	1,2%	2,19%	0,00012520	0,48484

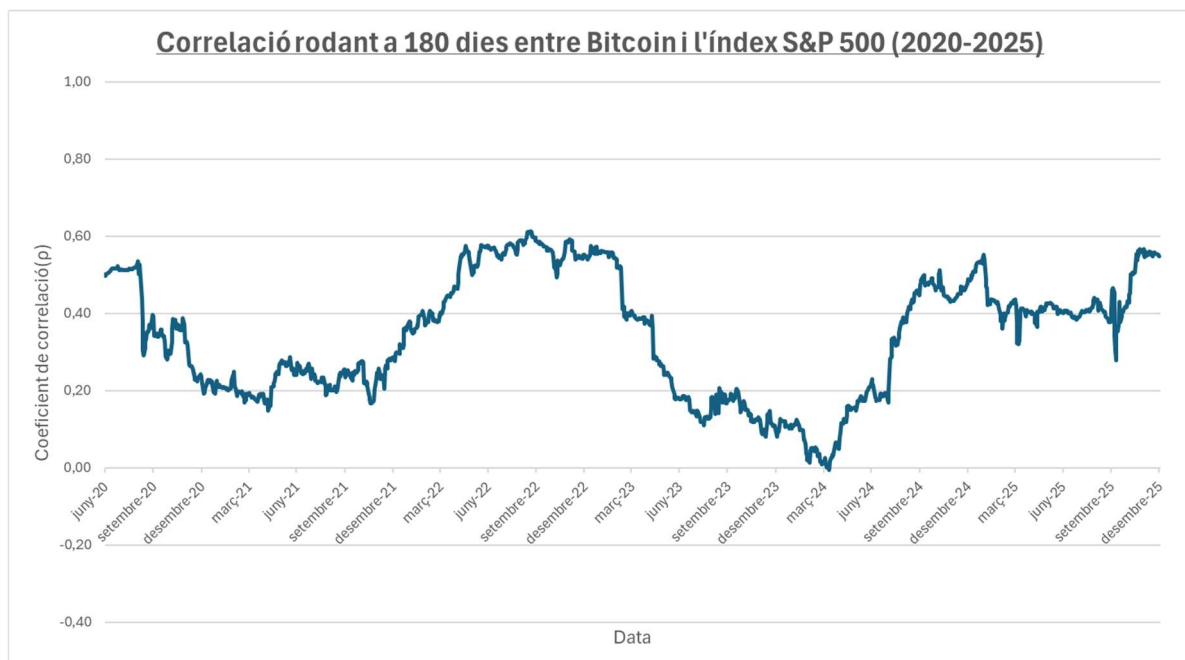
Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

Els resultats del càlcul del coeficient de correlació en la Taula 4 mostren que entre el Bitcoin i l'índex S&P 500 existeix una relació lineal positiva durant els anys compresos entre el 2020 i el 2025, tot i així amb diferents oscil·lacions.

Per a complementar l'anterior anàlisi anual, s'ha calculat la correlació rodant amb un termini de 180 dies, que permet observar l'evolució de la correlació entre el Bitcoin i l'índex S&P 500 de forma més visual. S'ha escollit aquest termini, ja que redueix el soroll de les variacions que se solen produir a curt termini i facilita la interpretació de les tendències que s'han produït entre els dos actius.

Tot i així, per a oferir la visió de diferents horitzons temporals, en els Annexes 1 s'han inclòs les correlacions rodants per als terminis de 30, 60 i 90 dies. Visualment, com més curt és el període, les oscil·lacions són més pronunciades i és més complex identificar les tendències.

Figura 14 Correlació rodant a 180 dies entre Bitcoin i l'índex S&P 500 (2020-2025)



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

En la Figura 14, es pot observar que la correlació rodant a 180 dies entre el Bitcoin i l'índex S&P 500 no és constant, sinó que presenta oscil·lacions marcades durant el període del 2020 al 2025. Tot i així, presenta una tendència a la correlació positiva, fet que indica que han tendit a estar alineats en la major part del període. Cal tenir en compte que cada punt del gràfic representa la correlació dels sis mesos anteriors, per exemple, el primer valor que correspon el juny del 2020 reflecteix el període comprès entre el gener i el juny del 2020.

En primer lloc, durant el principi del 2020 la correlació és positiva i elevada, es pot atribuir a les caigudes conjuntes tant del Bitcoin com de l'índex S&P 500 causades per la pandèmia de la COVID-19. Durant la segona part de l'any, el Bitcoin va presentar un moviment més lateral i l'S&P 500 un moviment de recuperació i pujada amb més força, fet que redueix la correlació entre els dos actius.

Durant el 2021 s'estabilitza la correlació al voltant del valor de 0,2, el valor baix es pot atribuir al fet que el Bitcoin presenta un període de volatilitat i d'expansió amb un creixement accelerat i amb posteriors correccions que evidencien els efectes del *halving* i els de l'augment de la popularitat de la criptomoneda, en canvi, l'índex S&P 500 encara creix de forma estable seguint la tendència i força de la segona part del 2020.

Tot i així, durant el 2022 la tendència canvia i el coeficient de correlació puja fins a valors propers a 0,6, i es manté durant la resta de l'any a causa de les fortes caigudes que presenten els dos actius. Les correccions en les borses es poden relacionar amb l'inici de la guerra entre Ucraïna i Rússia, la inflació elevada latent de la pandèmia de la COVID-19 que es veu reforçada per la guerra i les consegüents pujades dels tipus d'interès per a estabilitzar-la. També cal recordar que en el sector de les criptomonedes hi va haver un seguit de crisis importants com la caiguda de la criptomoneda Terra/Luna i la gestió fraudulenta de la plataforma d'intercanvi FTX, fet que va produir la caiguda dels preus fins a valors que no es veien des de finals de 2020.

Des del març del 2023 fins al març del 2024 es produeix una davallada constant del valor de la correlació, passant de valors propers a 0,6 fins a valors propers a 0, reforçant la idea de la pèrdua de correlació i de l'augment de la independència entre els dos actius. En aquest període el Bitcoin inicia una nova tendència alcista a causa de la recuperació de les crisis anteriors i al possible retorn de la confiança dels inversors, mentre que l'índex S&P 500 es recupera de forma més lenta i amb constants correccions.

Finalment, a partir del març del 2024, la correlació augmenta de manera sostinguda fins al final del període de l'estudi, amb uns valors compresos entre 0,4 i 0,6. Es pot relacionar amb la millora a escala macroeconòmica i amb les aprovacions dels ETF del Bitcoin a inicis de 2024 i possible oferiment d'aquests productes als inversors i els efectes del *halving* del 2024. Els gràfics presenten similituds en forma i tendència, presenten correccions en moments similars i transmeten un inici d'una tendència conjunta.

Per als inversors que als inicis del 2024 van afegir Bitcoin a les seves carteres per a aconseguir diversificar aprofitant la baixa correlació en aquell moment, l'augment

posterior de la correlació implica que el Bitcoin ja no contribueix a la diversificació de la cartera.

Anàlisi complementària per sectors

S'ha fet aquesta anàlisi complementària amb l'objectiu d'observar el comportament de cada sector de l'estudi per separat. El fet de comparar amb més actius en termes de correlació, ajuda a entendre si cada grup d'actius està cohesionat en el seu propi mercat.

Taula 5 Matriu de correlacions dels índexs americans.

	S&P 500	Dow Jones	NASDAQ
S&P 500	1	0,99006199	0,98201292
Dow Jones	0,99006199	1	0,96123762
NASDAQ	0,98201292	0,96123762	1

Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

Taula 6 Matriu de correlacions de les criptomonedes.

	BITCOIN	ETH	XRP
BITCOIN	1	0,76815943	0,89010399
ETH	0,76815943	1	0,60357647
XRP	0,89010399	0,60357647	1

Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

En la Taula 5, s'observen les correlacions entre els principals índexs americans, que presenten uns valors molt elevats, fet que evidencia la forta relació que existeix entre els mercats de borsa dels Estats Units. La relació més forta és entre l'índex S&P 500 i l'índex Dow Jones, amb un coeficient de correlació del 0,99. Això és pel fet que els dos índexs comparteixen moltes empreses i responen a les mateixes variables macroeconòmiques.

Finalment, en la taula 6 es presenten les correlacions entre algunes de les principals criptomonedes. Les correlacions no presenten valors tan elevats com en els índexs borsaris americans. La relació més intensa és entre el Bitcoin i XRP, amb un valor del 0,89, mentre que la relació més feble és entre XRP i ETH amb un valor de 0,60. Aquests coeficients evidencien que, dins del mateix mercat, les criptomonedes no sempre reaccionen amb la mateixa intensitat, a diferència dels índexs americans.

5.2.5 Value at Risk

Els Value at Risk (VaR) és una de les mesures de risc, que permeten mesurar la pèrdua màxima esperada d'un actiu en concret, en un període concret i per a un nivell de confiança determinat. S'ha calculat el Value at Risk (VaR) a través de dos mètodes diferents que són: el mètode paramètric i el mètode històric. Addicionalment, s'ha calculat l'Expected Shortfall, que permet analitzar la mitjana de les pèrdues dels valors que superen la pèrdua del Value at Risk (VaR).

Mètode paramètric

El mètode paramètric assumeix que les rendibilitats es comporten com una distribució normal. Amb les rendibilitats logarítmiques diàries, s'ha calculat la rendibilitat mitjana diària i la desviació estàndard i s'ha calculat el VaR paramètric a través de la següent fórmula:

$$VaR \text{ paramètric} = \mu - z \cdot \sigma$$

on μ representa la mitjana diària de les rendibilitats, σ la desviació estàndard de les rendibilitats i la z és el valor crític de la distribució normal.

Quan $\alpha = 5\% \rightarrow Z_{\alpha} = 1,65$ (al 95%); $\alpha = 1\% \rightarrow Z_{\alpha} = 2,33$ (al 99%)

El mètode pot ser menys precís en actius que no segueixen distribucions normals.

Mètode històric

El mètode històric no assumeix com en el paramètric cap distribució normal. Es calcula ordenant les rendibilitats diàries de menor a major valor i seleccionant el percentil corresponent en funció del nivell de confiança que es vulgui calcular.

Tot i així també presenta inconvenients com la falta d'anticipació a moviments futurs que no hagin passat abans, ja que ens basem completament en dades passades. Llavors si no ha passat anteriorment no se suposa que pugui passar en el futur.

Expected Shortfall

El Value at Risk (VaR) no és una mesura suficient per a poder mesurar en exactitud el risc, ja que no ens diu res més en el moment en què sobrepassa el valor del VaR. En canvi, l'Expected Shortfall ens permet analitzar la mitjana de les pèrdues dels valors que superen la pèrdua del Value at Risk (VaR). És a dir, ens permet quantificar la magnitud de les pèrdues extremes, i en conseqüència la mesura estarà afectada pels valors extrems de l'actiu.

Resultats

Taula 7 Càlcul del Value at Risk (VaR), VaR en termes monetaris i l'Expected Shortfall.

Value at Risk (VaR)	ÍNDEX S&P 500		BITCOIN	
	Nivell confiança 95%	Nivell confiança 99%	Nivell confiança 95%	Nivell confiança 99%
Mètode Paramètric	-2,13%	-3,03%	-5,31%	-7,54%
Mètode Històric	-1,86%	-3,69%	-4,90%	-8,93%
VaR (monetaris)	184,08 €	362,34 €	478,38 €	853,89 €
Expected Shortfall	313,42 €	566,04 €	726,80 €	1.233,76 €

Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

Els resultats obtinguts en la Taula 7 mostren les diferències en termes de risc associat que presenten el Bitcoin i l'índex S&P 500. En primer lloc, tant el Value at Risk (VaR) mesurat amb el mètode paramètric, amb el mètode històric, com en el càlcul del VaR monetari i de l'Expected Shortfall, el valor de pèrdua en el Bitcoin és major en comparació al de l'índex S&P 500 per a cada nivell de confiança analitzat, fet que reforça la idea de la major volatilitat i risc que presenta el Bitcoin.

S'ha considerat una inversió de 10.000€ tant en Bitcoin com en l'índex S&P 500. En el cas del nivell de confiança del 95%, el Value at Risk (VaR) per a l'índex S&P 500 amb el mètode històric és del -1,86%, que implica una pèrdua màxima esperada de 184€. En canvi, amb el Bitcoin, presenta un Value at Risk (VaR) del -3,69% amb una pèrdua màxima de 478€. La diferència es fa més evident en el moment en el qual el nivell de confiança és del 99%, amb unes pèrdues màximes de 566€ per a l'S&P 500 i de 1233€ per al Bitcoin.

En el cas del Bitcoin, les dades extremes són majors en comparació amb l'índex S&P 500, fet que afecta directament l'Expected Shortfall. És a dir, es pot afirmar que, quan les pèrdues superen el Value at Risk (VaR), són majors per al Bitcoin que per a l'índex S&P 500.

5.3 Anàlisi de la creació d'una cartera

5.3.1 Creació de la cartera òptima a través del Solver

En aquest apartat s'han calculat diferents carteres formades per Bitcoin i l'índex S&P 500, amb l'objectiu d'analitzar com varien el risc i la rendibilitat en funció de les proporcions de cada actiu. L'anàlisi es basa en la teoria de les carteres de Markowitz, en les que es poden buscar combinacions que proporcionin els màxims rendiments, o que minimitzin el risc possible (Markowitz, 1952).

Per a realitzar l'estudi, s'han calculat les rendibilitats efectives, sobre el conjunt de dades ajustades en el mateix nombre d'observacions. S'han calculat les rendibilitats mitjanes i la matriu de les variàncies i covariàncies, que en conjunt són necessàries per a determinar el risc i la rendibilitat de les diferents combinacions de pesos.

La rendibilitat esperada de la cartera s'obté a partir de la següent fórmula:

$$R_c = W_1 \cdot R_1 + W_2 \cdot R_2 + \dots + W_n \cdot R_n$$

On W_n representen les proporcions i R_n les rendibilitats.

I la variància de la cartera per a dos actius:

$$\sigma_c = W_1^2 \cdot \sigma_1^2 + W_2^2 \cdot \sigma_2^2 + 2 \cdot \sigma_{1,2} \cdot W_1 \cdot W_2$$

On $\sigma_{1,2}$ representa la covariància entre els dos actius:

$$\sigma_{1,2} = \rho_{1,2} \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2$$

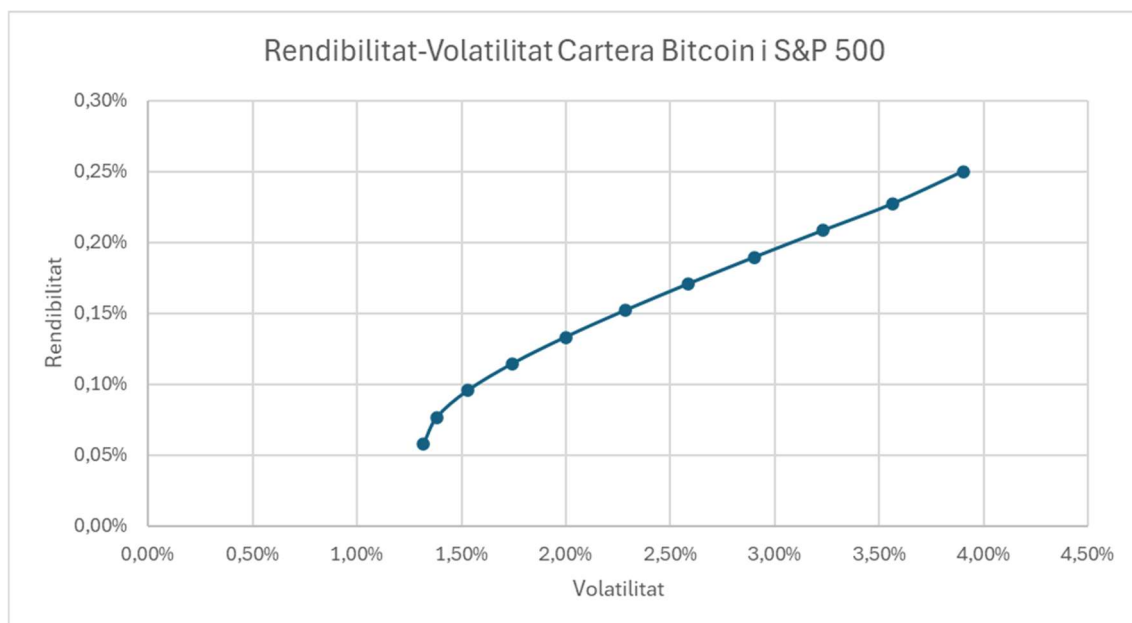
Amb les fórmules anteriors s'han construït un seguit de carteres amb les següents característiques: Mínima variància, màxima rendibilitat i combinacions intermèdies modificant les proporcions. S'ha calculat a través de l'eina Solver integrada en l'Excel i a través d'un conjunt de restriccions, com ara la suma de pesos igual a 1.

Taula 8 Càlcul de la volatilitat i rendibilitat diària en funció de les proporcions dels actius.

Volatilitat	Rendibilitat	Proporcions	
		Bitcoin	S&P 500
1,32%	0,06%	0,00%	100,00%
1,38%	0,08%	10,00%	90,00%
1,53%	0,10%	20,00%	80,00%
1,74%	0,11%	30,00%	70,00%
2,00%	0,13%	40,00%	60,00%
2,28%	0,15%	50,00%	50,00%
2,59%	0,17%	60,00%	40,00%
2,90%	0,19%	70,00%	30,00%
3,23%	0,21%	80,00%	20,00%
3,56%	0,23%	90,00%	10,00%
3,90%	0,25%	100,00%	0,00%

Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

Figura 15 Rendibilitat i volatilitat diària de la cartera entre Bitcoin i S&P 500



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

En la Taula 8 s'observa la relació creixent entre el risc i la rendibilitat per al conjunt de proporcions, confirmant la relació entre el risc i la rendibilitat plantejada per Markowitz (Markowitz, 1952). A mesura que incrementa el percentatge de Bitcoin en la cartera, la rendibilitat s'incrementa també de forma progressiva, passant de 0,06% al 0,25% diari. Per altre banda, el fet d'augmentar la rendibilitat es veu reflectit en un augment del risc, la volatilitat passa de valors des de 1,32% fins al 3,90% diari.

La cartera amb la mínima variància és la formada només per l'índex S&P 500. Això és degut a que la volatilitat diària és molt més baixa que la del Bitcoin. A més, els dos actius presenten una covariància positiva, llavors el fet d'afegir Bitcoin no aporta reduccions en termes de risc en una cartera on l'objectiu és minimitzar la variància.

En la Figura 15 es representen les dades de la Taula 8, a partir de la rendibilitat i la volatilitat es crea la frontera eficient. És representada per la pendent positiva, causada per l'augment progressiu del pes del Bitcoin. En les carteres intermèdies s'observa que un petit moviment del pes del Bitcoin augmenta de manera significativa la volatilitat, demostrant la naturalesa volàtil i especulativa que el caracteritza.

Per la part superior de la frontera eficient es trobarien combinacions de risc i rendibilitat que no es poden assolir, i per sota carteres que no són eficients. Les carteres calculades amb un alt percentatge de Bitcoin, poden ser atractives per a inversors que busquen unes rendibilitats més elevades de les que ofereixen les carteres formades amb actius tradicionals, i que estan disposats a assumir uns nivells de risc superiors.

6 Conclusions

6.1 Conclusions generals de l'estudi

L'objectiu principal de l'estudi ha estat analitzar si la correlació entre el mercat de les criptomonedes, representat pel Bitcoin, i el mercat financer tradicional, representat per l'índex S&P 500, ha augmentat durant el període 2020 i 2025. S'ha avaluat les implicacions en termes de risc i rendibilitat per als inversors.

Resposta a les hipòtesis

Tenint en compte les hipòtesis plantejades, la Hipòtesi 0 i la Hipòtesi 1, relacionades amb l'existència d'un augment o disminució generalitzat de la correlació entre el Bitcoin i l'índex S&P 500, no es poden confirmar completament. Els dos actius han presentat un coeficient de correlació positiu en diversos moments del període d'estudi, tal com indica el gràfic de les correlacions rodants a 180 dies. Tot i així, la correlació durant el període del 2020 al 2025 s'ha mantingut oscil·lant i no es pot associar cap tendència única d'augment o descens al llarg del període. Aquest comportament presentat indica que el Bitcoin no actua com un actiu refugi estable, i tampoc manté uns patrons estables o previsibles com per a integrar-lo en una cartera a llarg termini.

En el cas de la Hipòtesi 2, es pot considerar confirmada. La volatilitat del Bitcoin és superior a la de l'índex S&P 500, fent que presenti un risc més elevat d'inversió. En el gràfic del con de les volatilitats, l'amplitud que presenta el con del Bitcoin en comparació amb el de l'índex S&P 500, reforça la idea del caràcter especulatiu del Bitcoin i de la seva alta volatilitat. Tot i així, l'alta volatilitat pot obrir oportunitats de generar grans rendiments per a inversors disposats a assumir aquests nivells de risc.

En el cas de la Hipòtesi 3, amb els resultats obtinguts es pot considerar confirmada. Tant el Value at Risk (VaR) calculat a partir del mètode paramètric i històric, com l'Expected Shortfall (ES), mostren que el Bitcoin presenta unes pèrdues potencials més elevades que les de l'índex S&P 500, reforçant que és un actiu amb més risc i amb una probabilitat més gran de causar pèrdues greus per als inversors en situacions adverses.

Finalment, la Hipòtesi 4 es pot considerar confirmada. Els principals esdeveniments macroeconòmics del període han generat moviments en els quals tant el Bitcoin com l'índex S&P 500 han respost de forma similar, causant augments de la correlació entre els dos actius. Alguns dels més rellevants i visibles en el gràfic de les correlacions són la pandèmia de la COVID-19, la guerra entre Ucraïna i Rússia i les pujades de tipus d'interès de la FED.

El treball ha ajudat a concloure que la correlació no ha seguit una tendència definida ni previsible, sinó que ha sigut molt dependent del context macroeconòmic del moment i dels períodes d'incertesa global.

Implicacions per als inversors

Per als inversors que volen formar una cartera amb els dos actius és un gran repte, ja que en tenir una correlació positiva el fet d'afegir el Bitcoin a una cartera amb actius tradicionals no aporta reduccions en termes de risc. Els resultats en la simulació de la cartera, mostren que la volatilitat creix de forma més ràpida que la rendibilitat quan s'afegeix més proporció de Bitcoin a la cartera. Tot i així, el Bitcoin pot oferir oportunitats per a inversors que busquin rendiments molt alts i que estiguin disposats a acceptar un risc molt més elevat.

Limitacions de l'estudi

El fet que l'estudi s'hagi basat en cotitzacions diàries ajustades, pot haver limitat la precisió de l'anàlisi en alguns dels càlculs.

L'anàlisi només s'ha centrat en el Bitcoin i l'S&P 500, en excepció de l'apartat complementari en les correlacions, es podrien haver afegit més actius per a observar millors resultats en les creacions de carteres òptimes i aportar una visió més completa dels mercats estudiats.

Propostes d'ampliació de l'estudi

A partir dels resultats obtinguts es proposen un seguit d'ampliacions futures que podrien complementar l'estudi.

Es podria repetir el mateix estudi analitzant els efectes dels grans esdeveniments de forma més detallada, amb gràfics de cotitzacions diàries i estudiant efectes en períodes curts, i analitzar en profunditat el temps de reacció dels mercats davant dels esdeveniments.

Es podria considerar ampliar l'estudi comparant-lo amb els índexs dels mercats tradicionals europeus, observant les correlacions i els impactes diferents en termes geogràfics que han tingut els diferents esdeveniments macroeconòmics ja contemplats en aquest estudi.

Es podrien realitzar tots els càlculs ja fets en aquest estudi ampliant el nombre de criptomonedes i d'índexs americans, per a obtenir un punt de vista més general del mercat de les criptomonedes i dels tradicionals.

També es podria ampliar en termes de regulacions i legislacions, observant les principals diferències entre els Estats Units i Europa.

7 Bibliografia

- Amburgey, A. J. (2025). How Election Shocks Impact Markets: Evidence from Sectoral Stock Prices. *ArXiv.Org*. <http://arxiv.org/abs/2504.02731>
- Andrés, S., Sanguino, A., Bayona Ibanez, E., & Rico-Bautista, D. (2023). Implementación de la tecnología blockchain: Un análisis de sus aplicaciones y beneficios en la seguridad y eficiencia de la transferencia de datos. *RISTI – Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, E62, 219–228.
- Barreto, I. B., Morales Alberto, M. N., García Soto, C. E., & Huaman, J. V. (2023). Cryptocurrencies: history, immersion in the production processes and future prospects of CBDCs. *Lecturas de Economía*, (99), 245–282. <https://doi.org/10.17533/udea.le.n99a351176>
- Binance. (2026, February 1). *Binance Markets Overview*. Binance. <https://www.binance.com/es/markets/overview>
- Blandin, A., Cloots, A. S., Hussain, H., Rauchs, M., Saleuddin, R., Allen, J. G., Zhang, B., & Cloud, K. (2019). *Global Cryptoasset Regulatory Landscape Study*. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3379219
- Ccaccy Bautista, D. A. (2015). Riesgos financieros. *Actualidad Empresarial*, (337), VII1–VII2. https://www.academia.edu/39531727/Actualidad_Empresarial_VII_%C3%81rea_Finanzas_Riesgos_financieros_Riesgos_financieros
- Ethereum. (2026). *Ethereum.org*. <https://ethereum.org/es/what-is-ethereum/>
- Fajardo Monroy, M. G., & Guzmán Salazar, A. M. (2022). *Análisis del comportamiento de las criptomonedas “Bitcoin” y “Ethereum” durante la pandemia por Covid-19 en el periodo 2019-2021 y su papel como activo de refugio* [Universidad del Azuay]. <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/12131>
- Federal Reserve Bank of St. Louis. (2026). *Federal Funds Target Range - Upper Limit*. <https://fred.stlouisfed.org/series/DFEDTARU>
- García Ruiz, M. (2021). Financial markets in 2020: Pandemic, economics and policies. *Revista cubana de economía internacional*, 39–55. <https://observatorio.anec.cu/uploads/737f6942-a60f-4f67-b6f6-c3d0716104a1.pdf>
- Gupta, H., & Chaudhary, R. (2022). An Empirical Study of Volatility in Cryptocurrency Market. *Journal of Risk and Financial Management*, 15(11). <https://doi.org/10.3390/jrfm15110513>

- Investing.com. (2026). *Bitcoin price today*.
<https://es.investing.com/indices/investing.com-btc-usd>.
- Ismael, L. (2025). *Mercados Financieros*. (I. LOZA-VEGA, Ed.; 1st ed.).
https://cercador.urv.cat/permalink/34CSUC_URV/1n8kr22/alma991005577959606715
- Joebges, H., Herr, H., & Kellermann, C. (2025). Crypto assets as a threat to financial market stability. *Eurasian Economic Review*, 15(2), 473–502.
<https://doi.org/10.1007/s40822-025-00311-4>
- López, L. M. P., Cano, M. P. Z., Cifuentes, V. O., & Bolívar, S. D. (2024). Bitcoin: An Analysis from International and National Law Perspectives on its Functioning, Regulation, and Viability. *Revista de Direito Economico e Socioambiental*, 15(2).
<https://doi.org/10.7213/revdireconsoc.v15i2.31976>
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance (New York)*, 7(1), 77–91. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x>
- Mehdian, S., Gherghina, Ștefan C., & Stoica, O. (2025). The reaction of cryptocurrencies to the approval of spot Bitcoin and Ethereum ETFs: An intraday event study. *Borsa Istanbul Review*, 25(6), 1507–1517.
<https://doi.org/10.1016/j.bir.2025.10.002>
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*.
www.bitcoin.org
- Nasdaq, I. (2026). *NASDAQ Composite*.
<https://www.nasdaq.com/solutions/global-indexes/nasdaq-composite>
- Newbold, Paul., Carlson, W. L. ., & Thorne, Betty. (2013). *Estadística para administración y economía*. Pearson Prentice Hall.
- NYSE. (2026). *Holidays & Trading Hours*. New York Stock Exchange.
<https://www.nyse.com/trade/hours-calendars>
- Perianes, Á. G. (2025). El Bitcoin, disparado y sin frenos en un mercado cripto que prosigue sin su regularización. *Actualidad Economica (Madrid, Spain)*, 2025-07, p.8, 8–8.
https://cercador.urv.cat/permalink/34CSUC_URV/95k8h5/cdi_proquest_miscellaneous_3227334853
- Ripple. (2026). *Ripple.com*. <https://ripple.com/company/>
- Rumitti, C. A., & Collacciani, H. A. (2022). Los escándalos cripto y el valor del aseguramiento. *Audit.AR*, 2(1), 015. <https://doi.org/10.24215/27188647e015>

Semilleros De Investigación, R., Felipe, A., Torres, F., Marisol, M., & Deldado, M. (2024). Análisis del Halving de Bitcoin y su Influencia en el precio. *Revista Semilleros de Investigación*, 45–54. <https://doi.org/10.24054/sei.v5i1.3628>

S&P Dow Jones Indices. (2026a). *Dow Jones Averages Metodología*. <https://www.spglobal.com/spdji/en/>

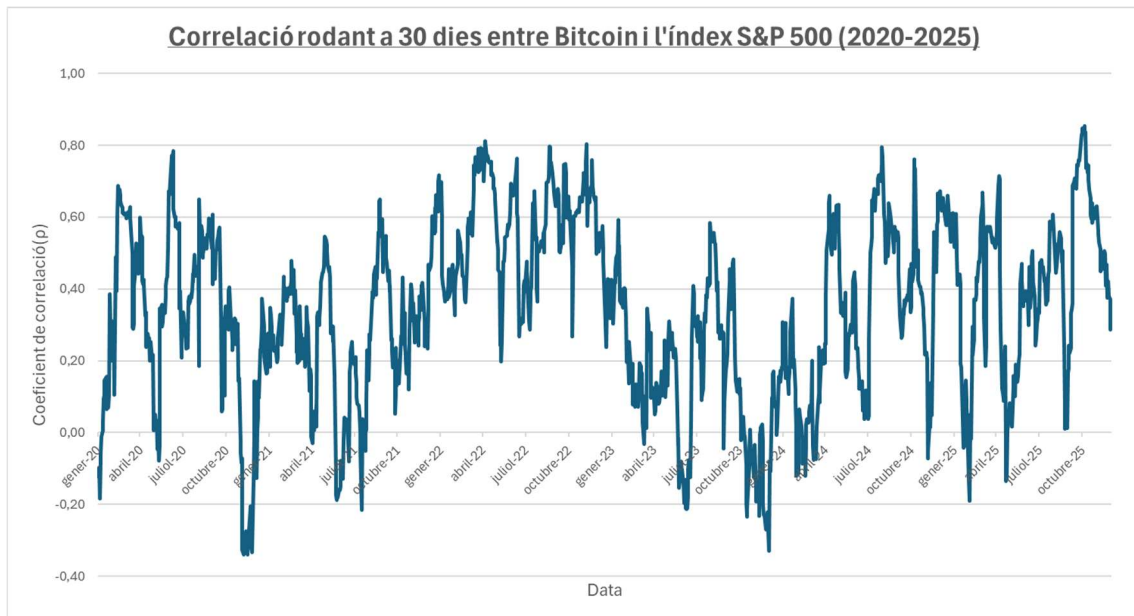
S&P Dow Jones Indices. (2026b). *S&P 500® Equity as of February 27*. www.spglobal.com/spdji/en/

U.S. Securities and Exchange Commission. (2024). *Order Approving the Listing and Trading of Spot Bitcoin Exchange-Traded Products*. <https://www.sec.gov/newsroom/speeches-statements/gensler-statement-spot-bitcoin-011023>

8 Annexos

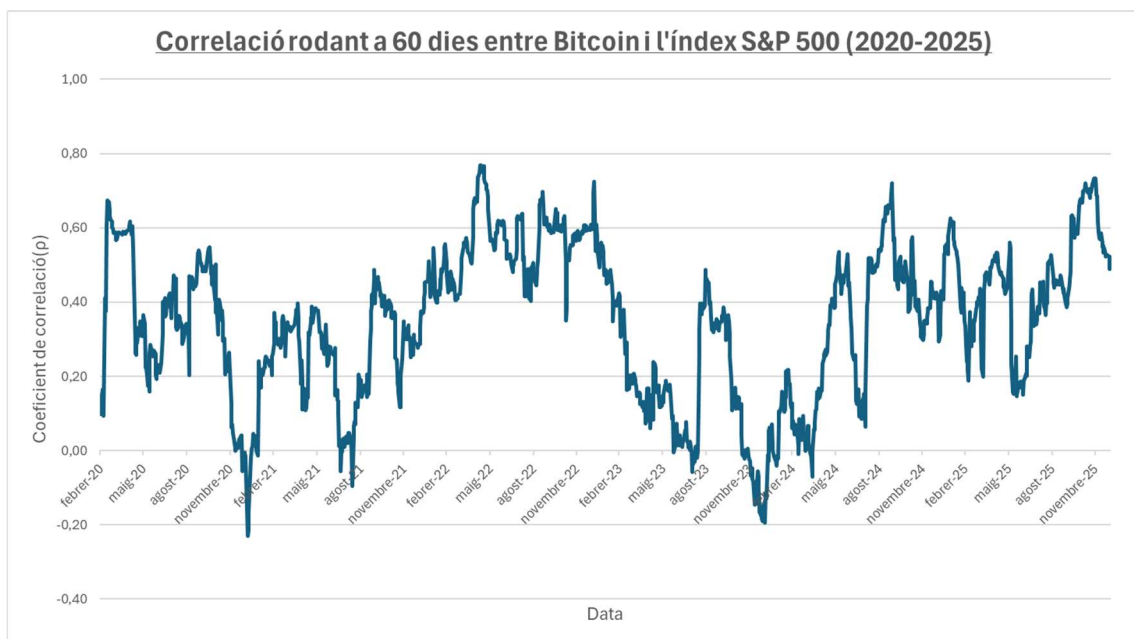
Annexe 1

Figura 1 Correlació rodant a 30 dies entre Bitcoin i l'índex S&P 500 (2020-2025)



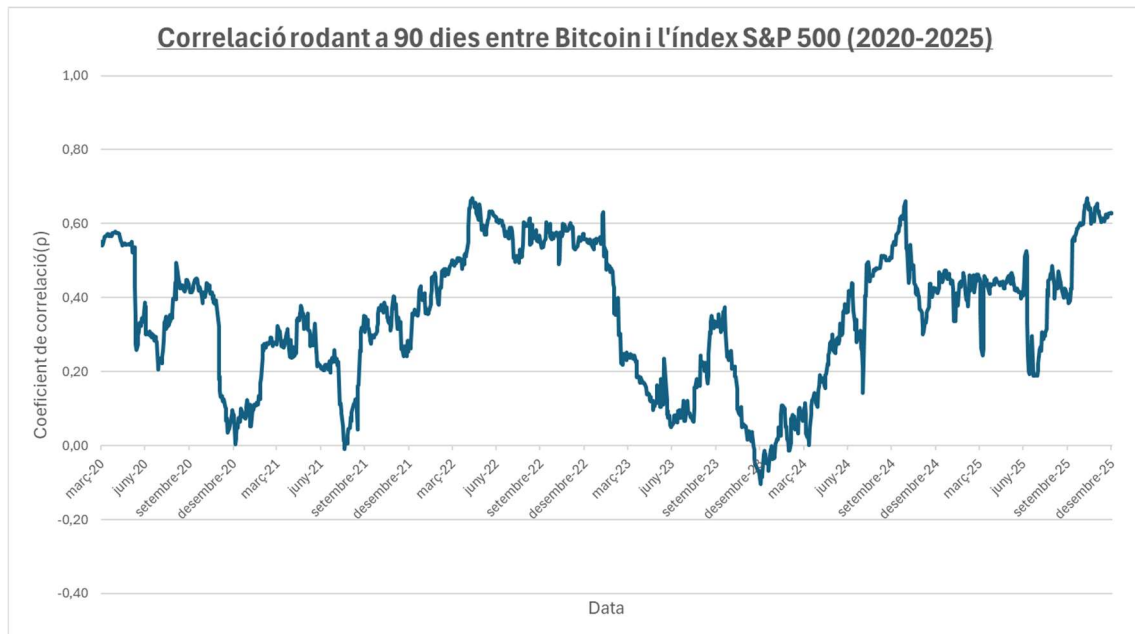
Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

Figura 2 Correlació rodant a 60 dies entre Bitcoin i l'índex S&P 500 (2020-2025)



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

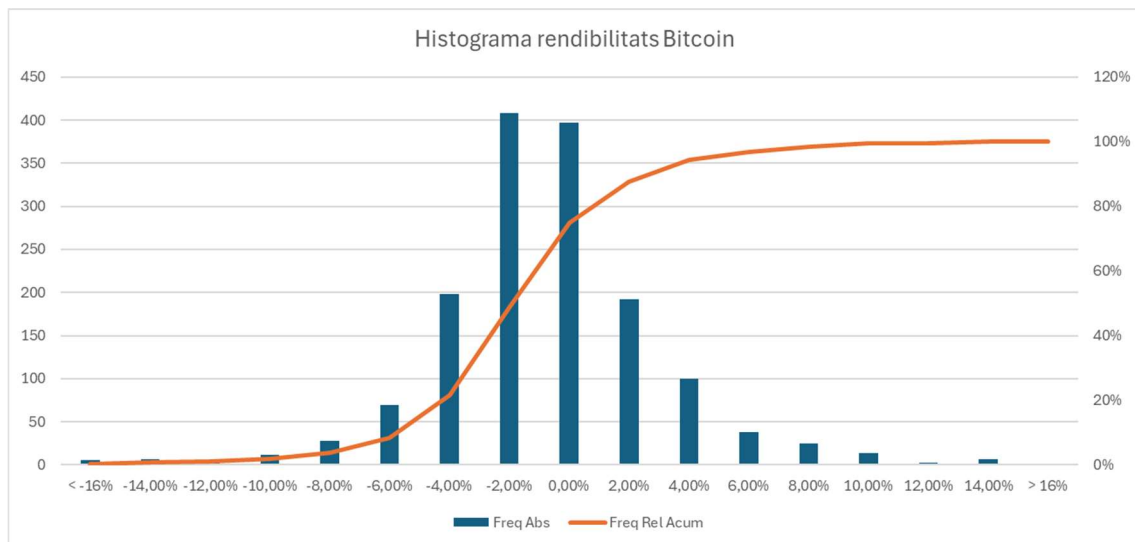
Figura 3 Correlació rodant a 90 dies entre Bitcoin i l'índex S&P 500 (2020-2025)



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

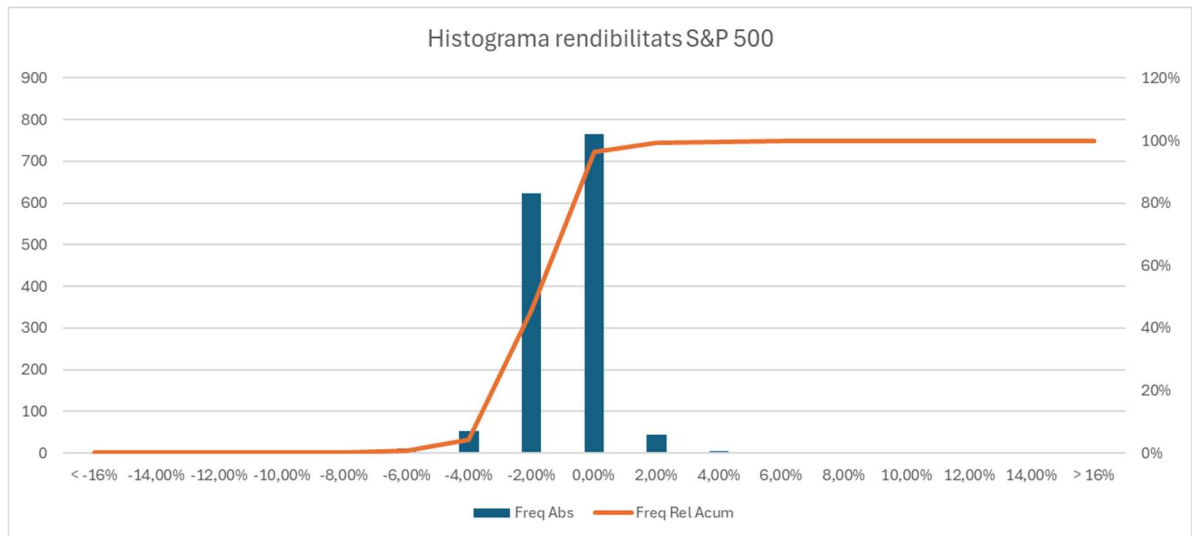
Annexe 2

Figura 4 Histograma de les rendibilitats efectives de Bitcoin.



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

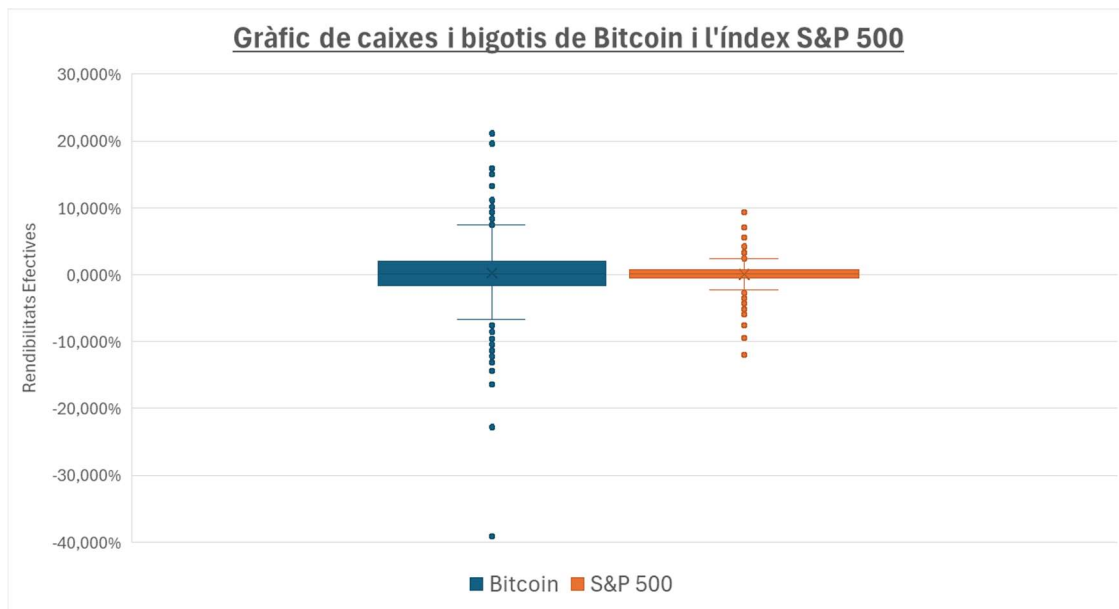
Figura 5 Histograma de les rendibilitats efectives de l'índex S&P 500.



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

Annexe 3

Figura 6 Gràfic de caixes i bigotis de Bitcoin i l'índex S&P 500.

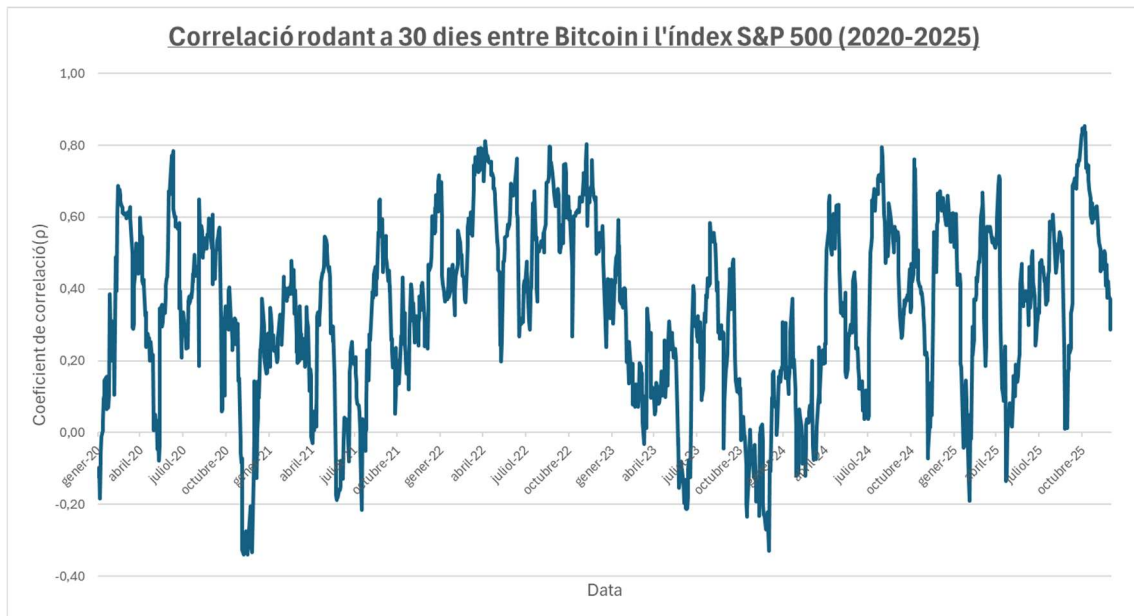


Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

8 Annexos

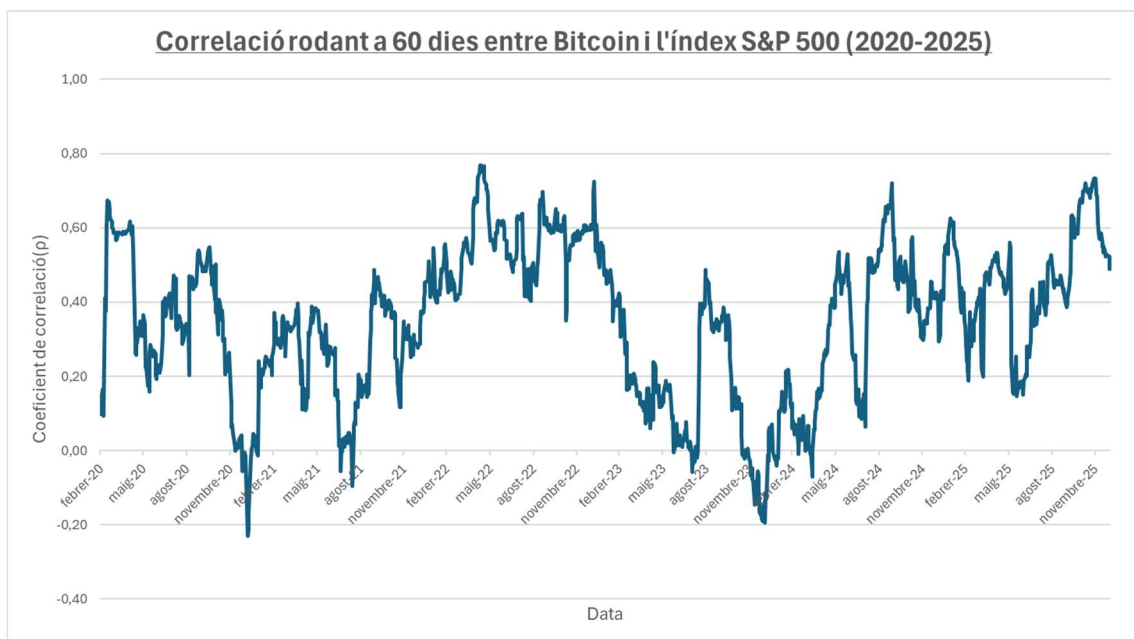
Annexe 1

Figura 1 Correlació rodant a 30 dies entre Bitcoin i l'índex S&P 500 (2020-2025)



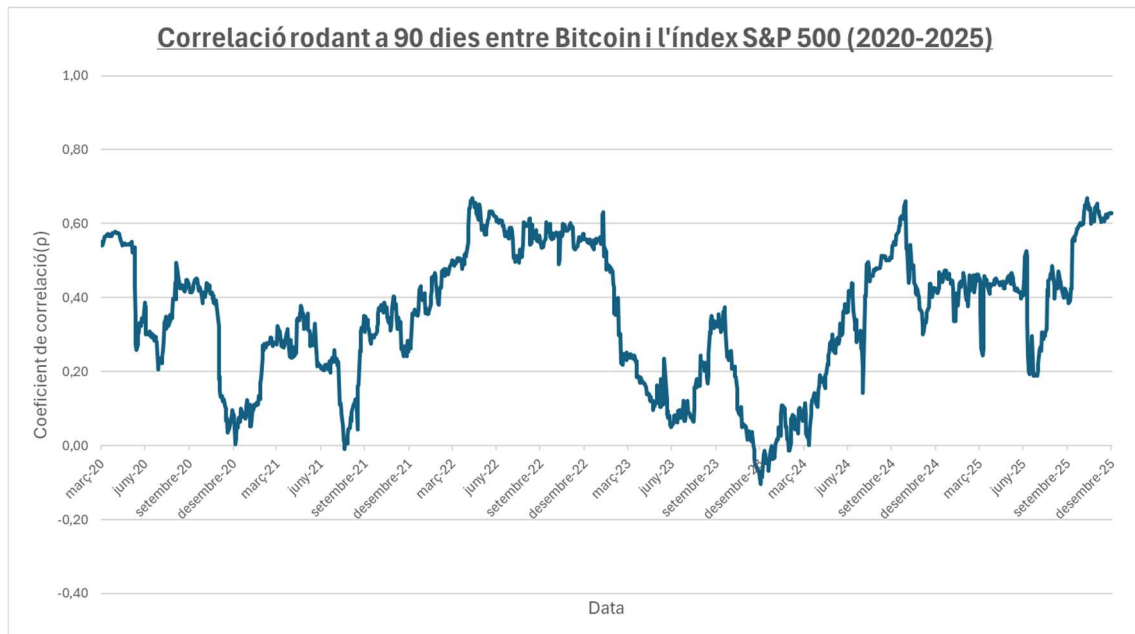
Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

Figura 2 Correlació rodant a 60 dies entre Bitcoin i l'índex S&P 500 (2020-2025)



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

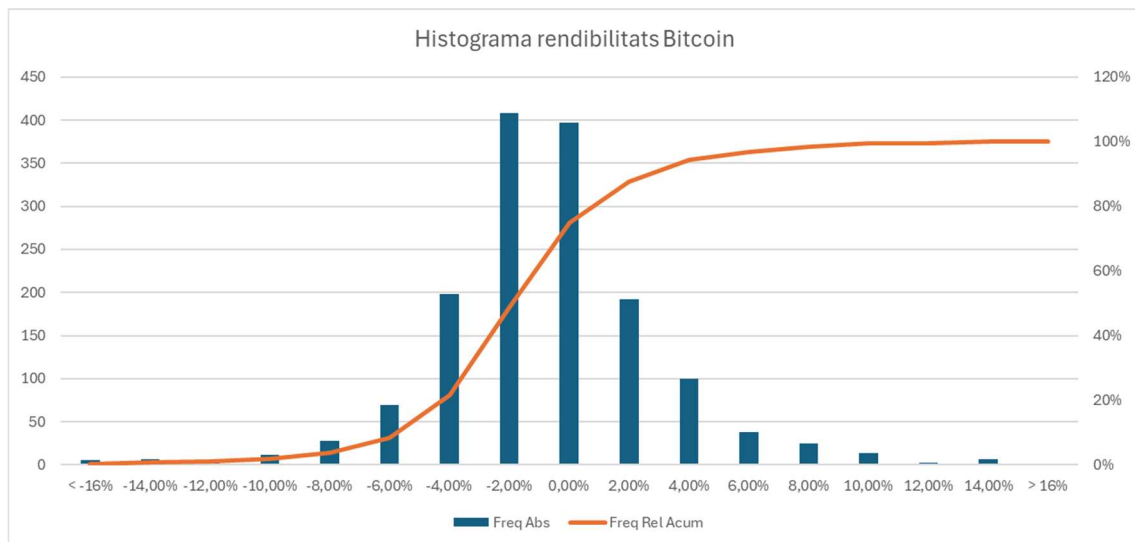
Figura 3 Correlació rodant a 90 dies entre Bitcoin i l'índex S&P 500 (2020-2025)



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

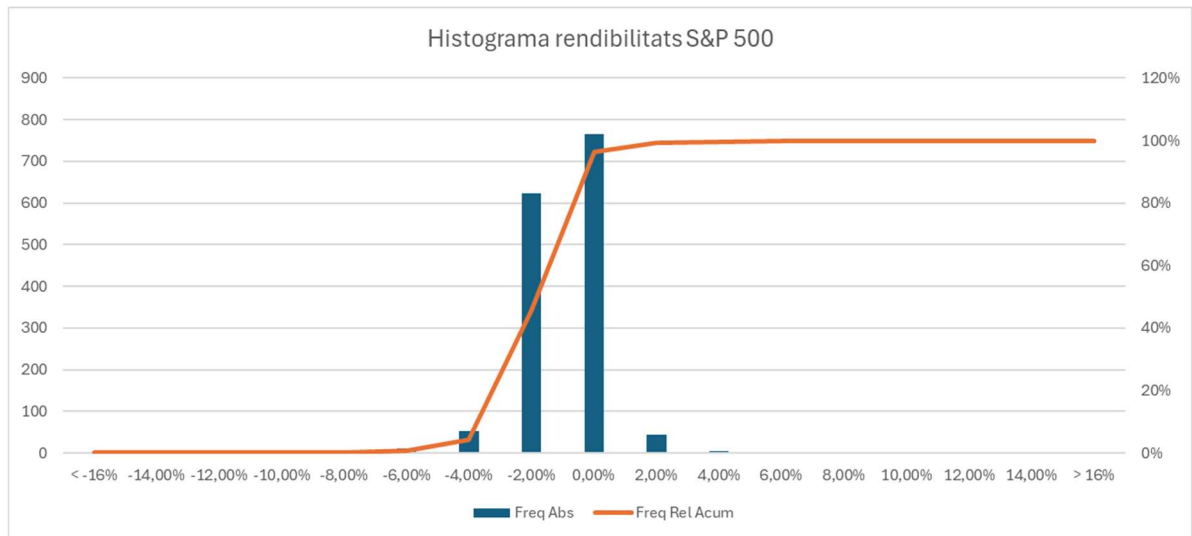
Annexe 2

Figura 4 Histograma de les rendibilitats efectives de Bitcoin.



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

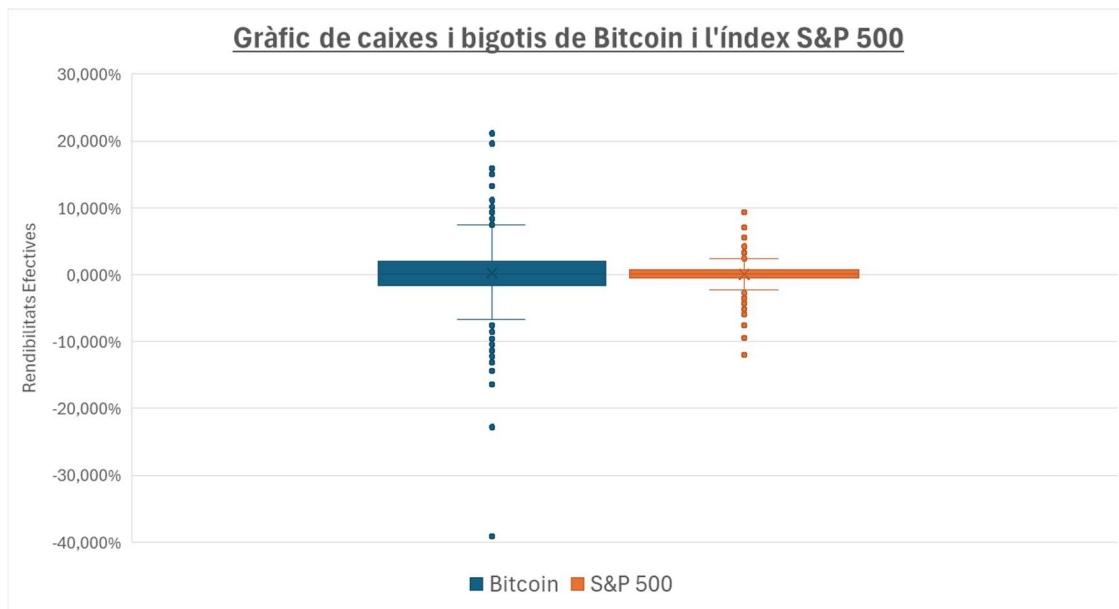
Figura 5 Histograma de les rendibilitats efectives de l'índex S&P 500.



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)

Annexe 3

Figura 6 Gràfic de caixes i bigotis de Bitcoin i l'índex S&P 500.



Elaboració pròpia amb dades extretes de la font: (Investing.com, 2026)