



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

# **ANÁLISIS MATEMÁTICO DEL PRECIO DE BITCOIN ANTE LAS MEDIDAS INTERVENCIONISTAS CHINAS**

Clave: 201701089

Autor: Alfonso Aguirre Arredondo

Tutor: Luis Ángel Calvo Pascual

# ÍNDICE

RESUMEN .....	7
ABSTRACT .....	7
PALABRAS CLAVE .....	7
KEY WORDS .....	7
INTRODUCCIÓN .....	8
0.1 Contexto.....	8
0.2. Bitcoin .....	14
0.3 Objetivo, metodología y antecedentes .....	15
0.4 Hipótesis inicial .....	16
PRIMER CAPÍTULO- Análisis técnico.....	17
1.1 Canal, línea de tendencia .....	17
1.1.1 Canal.....	18
1.1.2 Línea de tendencia.....	23
1.2 Vela japonesa.....	30
1.2.1 Día crítico .....	31
1.2.2 Gap .....	34
1.3 Media Móvil .....	36
1.3.1 Metodología de doble cruce.....	37
1.3.2 Bandas de Bollinger.....	39
1.4 Moving average convergence divergence- MACD .....	40
1.5 Conclusiones finales .....	47
SEGUNDO CAPÍTULO- Ajuste de datos a funciones .....	48
2.1 Etapa 1.....	49
2.1.1 Cálculo de matrices .....	49
2.1.2 Cálculo en Excel.....	51
2.1.3 Cálculo en Matlab.....	54
2.2 Etapa 2.....	57
2.2.1 Cálculo de matrices .....	57
2.2.2 Cálculo en Excel.....	57
2.2.3 Cálculo en Matlab.....	59
2.3 Etapa 3.....	61
2.3.1 Cálculo de matrices.....	62
2.3.2 Cálculo en Excel .....	62
2.3.3 Cálculo en Matlab.....	65
2.4 Machine Learning e Intervalos de Confianza .....	70
2.5 Conclusiones finales .....	72

TERCER CAPÍTULO- Análisis estadístico .....	73
3.1 Comparación del Bitcoin con valores de interés y relacionados .....	73
3.1.1 Bitcoin-Ethereum-Cardano .....	73
3.1.2 Bitcoin-Oro .....	77
3.2 Conclusiones finales .....	80
CUARTO CAPÍTULO- Análisis estocástico .....	81
4.1 Pre-Restricciones .....	82
4.2 Crisis-Restricciones .....	84
4.3 Post-Restricciones.....	86
4.4 Conclusiones finales .....	87
QUINTO CAPÍTULO- Predicciones.....	88
5.1 Predicción con series temporales.....	88
5.2 Comprobación de predicción con series temporales.....	90
CONCLUSIONES .....	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
ANEXOS.....	97

## ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICAS, Y FIGURAS

### Tablas:

Tabla 1: Pendiente del canal .....	22
Tabla 2: Correlación entre Bitcoin, Ether y Ada .....	74
Tabla 3: Correlación entre Bitcoin, Ether y Ada .....	75
Tabla 4: Correlación entre Bitcoin y el oro .....	77
Tabla 5: Correlación entre Bitcoin y el oro .....	78
Tabla 6: Correlación entre Bitcoin y el oro.....	78
Tabla 7: Correlación entre Bitcoin y el oro .....	79
Tabla 8: Correlación entre Bitcoin y Apple.....	79
Tabla 9: Correlación entre Bitcoin y Microsoft.....	79
Tabla 10: Correlación entre Bitcoin y Google.....	79

## Gráficas:

Gráfica 1: Cotización de Bitcoin y canal.....	18
Gráfica 2: Cotización de Bitcoin y canal.....	19
Gráfica 3: Cotización de Bitcoin y canal.....	19
Gráfica 4: Cotización de Bitcoin y canal .....	20
Gráfica 5: Cotización de Bitcoin y canal .....	20
Gráfica 6: Cotización de Bitcoin y canal .....	21
Gráfica 7: Cotización de Bitcoin y línea de tendencia .....	23
Gráfica 8: Cotización de Bitcoin y línea de tendencia .....	24
Gráfica 9: Cotización de Bitcoin y línea de tendencia .....	24
Gráfica 10: Cotización de Bitcoin y línea de tendencia .....	25
Gráfica 11: Cotización de Bitcoin y línea de tendencia .....	25
Gráfica 12: Cotización de Bitcoin y línea de tendencia .....	26
Gráfica 13: Cotización de Bitcoin y línea de tendencia .....	27
Gráfica 14: Cotización de Bitcoin y línea de tendencia .....	27
Gráfica 15: Cotización de Bitcoin y línea de tendencia.....	28
Gráfica 16: Cotización de Bitcoin y línea de tendencia.....	28
Gráfica 17: Cotización de Bitcoin, vela japonesa .....	31
Gráfica 18: Cotización de Bitcoin, vela japonesa .....	31
Gráfica 19: Cotización de Bitcoin, vela japonesa .....	32
Gráfica 20: Cotización de Bitcoin, vela japonesa .....	32
Gráfica 21: Cotización de Bitcoin, vela japonesa .....	33
Gráfica 22: Cotización de Bitcoin, vela japonesa .....	33
Gráfica 23: Cotización de Bitcoin y gap.....	34
Gráfica 24: Cotización de Bitcoin y gap.....	35
Gráfica 25: Cotización de Bitcoin y media móvil .....	36
Gráfica 26: Cotización de Bitcoin y media móvil .....	37
Gráfica 27: Cotización de Bitcoin y media móvil .....	38
Gráfica 28: Cotización de Bitcoin y media móvil .....	38
Gráfica 29: Cotización de Bitcoin y media móvil .....	39
Gráfica 30: Cotización de Bitcoin y Bandas de Bollinger .....	39
Gráfica 31: MACD .....	41
Gráfica 32: MACD, Cotización de Bitcoin.....	42

Gráfica 33: MACD, Cotización de Bitcoin.....	42
Gráfica 34: MACD, Cotización de Bitcoin.....	43
Gráfica 35: MACD, Cotización de Bitcoin.....	44
Gráfica 36: MACD, Cotización de Bitcoin.....	44
Gráfica 37: MACD, Cotización de Bitcoin.....	45
Gráfica 38: MACD, Cotización de Bitcoin.....	45
Gráfica 39: MACD, Cotización de Bitcoin.....	46
Gráfica 40: Regresión Pre-Restricciones .....	51
Gráfica 41: Regresión para 13/12/2012-24/02/2018.....	52
Gráfica 42: Regresión para 04/10/2018-01/05/2021.....	52
Gráfica 43: Matlab-Curve Fitting .....	54
Gráfica 44: Matlab-Curve Fitting .....	54
Gráfica 45: Matlab-Curve Fitting .....	55
Gráfica 46: Matlab-Curve Fitting .....	56
Gráfica 47: Función gaussiana con dos términos, 2020-2021 .....	56
Gráfica 48: Regresión Lineal- Crisis Restricciones .....	58
Gráfica 49: Matlab-Curve Fitting .....	59
Gráfica 50: Función gaussiana con dos términos, Crisis Restricciones.....	60
Gráfica 51: Matlab-Curve Fitting .....	60
Gráfica 52: Función Gaussiana con tres términos, 19/05/2021-20/07/2021 .....	61
Gráfica 53: Regresión tercera etapa.....	63
Gráfica 54: Regresión para 20/07/2021-06/09/2021.....	64
Gráfica 55: Regresión para 21/09/2021-10/11/2021.....	65
Gráfica 56: Matlab-Curve Fitting .....	66
Gráfica 57: Análisis de Fourier con dos términos, Post-Restricciones .....	66
Gráfica 58: Matlab-Curve Fitting .....	67
Gráfica 59: Análisis de Fourier con cuatro términos, 1º tendencia alcista .....	68
Gráfica 60: Matlab-Curve Fitting .....	68
Gráfica 61: Función gaussiana con dos términos, 2º tendencia alcista .....	69
Gráfica 62: Matlab-Machine Learning .....	71
Gráfica 63: Matlab-Machine Learning .....	71
Gráfica 64: Matlab-Intervalo de Confianza.....	72
Gráfica 65: Modelo estocástico Pre-Restricciones .....	82
Gráfica 66: Modelo estocástico Pre-Restricciones .....	83

Gráfica 67: Modelo estocástico Pre-Restricciones .....	83
Gráfica 68: Modelo estocástico-Crisis Restricciones .....	84
Gráfica 69: Modelo estocástico-Crisis Restricciones .....	84
Gráfica 70: Modelo estocástico-Crisis Restricciones .....	86
Gráfica 71: Modelo estocástico Post-Restricciones .....	86
Gráfica 72: Modelo estocástico Post-Restricciones .....	86
Gráfica 73: Modelo estocástico Post-Restricciones .....	87
Gráfica 74: Modelo de predicción con serie temporal.....	89
Gráfica 75: RMSE .....	89
Gráfica 76: Cotización Bitcoin, 26/03/2022 .....	90
Gráfica 77: Cotización Bitcoin, 27/03/2022 .....	90

## Figuras:

Figura 1: Cotización del mercado de criptomonedas con Bitcoin .....	10
Figura 2: Cotización del mercado de criptomonedas sin Bitcoin .....	10
Figura 3: Porcentaje de capitalización del mercado de criptomonedas .....	12
Figura 4: Cotización de Ether .....	13
Figura 5: Cotización de BNB.....	13
Figura 6: Silueta de vela japonesa.....	30
Figura 7: Cotización de Bitcoin .....	76
Figura 8: Cotización de Ether.....	77
Figura 9: Cotización de Ada.....	77
Figura 10: Modelo distribución normal .....	79

## RESUMEN

Es de conocimiento general que las circunstancias de la crisis en el mercado de criptodivisas, acaecidas por las restricciones en China sobre el uso de las criptomonedas, han provocado la caída de este mercado y el hundimiento de muchas empresas. En el caso del Bitcoin, la prohibición de la minería en China ha provocado un descenso en la demanda de este tipo de monedas y una bajada de precios. En este trabajo se analizará la evolución del precio del Bitcoin durante estas restricciones, usando para esto distintas aproximaciones matemáticas como modelos estocásticos, ajuste de funciones, estadística, análisis técnico, *machine learning*, etc.

## ABSTRACT

It is common knowledge that the circumstances of the crisis in the cryptocurrency market caused by the restrictions in China on the use of cryptocurrencies have caused the fall of this market and the collapse of many companies. The case of Bitcoin is no different, because this situation, specifically the restriction of mining in China, has generated a lower demand for this type of currency. In this work, the evolution of the price of Bitcoin during the restriction will be analyzed, using different mathematical approaches such as stochastic models, curve fitting, statistics, technical analysis, machine learning, etc.

## PALABRAS CLAVE

Intervencionismo, Bitcoin, Análisis técnico, tendencia, velas japonesas, regresión, Matlab, Análisis estadístico, media móvil, correlación, Movimiento Browniano, modelo estocástico, Brownian Bridge y Excel.

## KEYWORDS

Intervencionism, Bitcoin, Technical analysis, trend, candlesticks, regression, Matlab, Statistical analysis, moving average, correlation, Brownian Motion, stochastic model, Brownian Bridge and Excel.

# INTRODUCCIÓN

## 0.1 Contexto

La primera vez que China mostró su posición con respecto a la criptomoneda fue el 5 de diciembre de 2013, día en el que el Banco Popular de China vetó el uso de monedas digitales por parte de entidades financieras. Desde esa fecha se han empezado a aumentar las limitaciones con respecto al uso de este tipo de divisas. De tal forma que, el 19 de mayo de 2021, el Estado chino anuncia todo tipo de medidas contra la criptomoneda, impidiendo completamente su práctica para dar el golpe definitivo a la criptomoneda (ver 1).

Esta crisis de restricciones se agravaría con la persecución de las operaciones de minado en tierra sónica. Esto provocó a su vez que el mercado de la criptomoneda cayese de manera estrepitosa debido al hecho de que el 70% de la actividad de minería del planeta se realiza en China. Por consiguiente, se ha producido una reorientación de muchas empresas dedicadas a este procedimiento para establecerse en otros países, afectando de forma global al conjunto de criptomonedas.

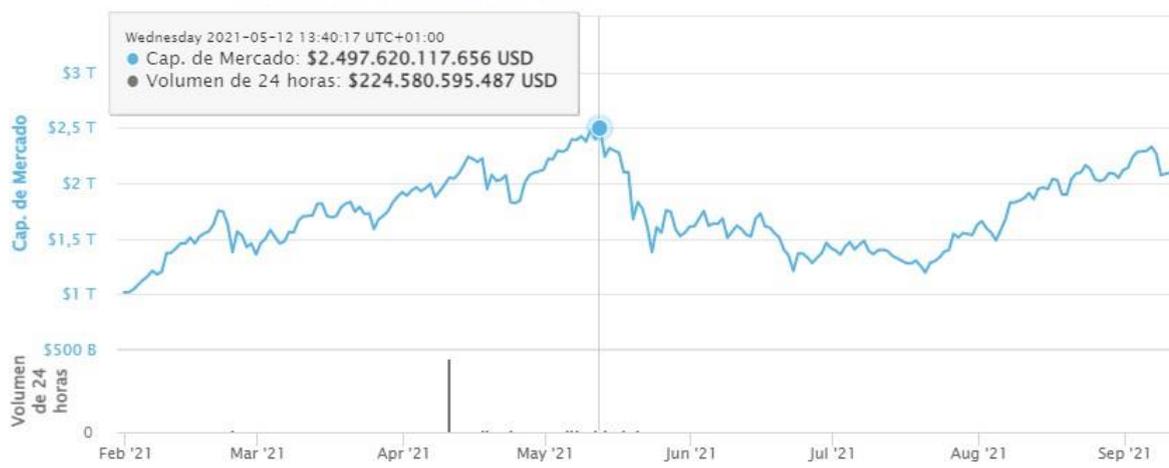
El caso del Bitcoin no es diferente, ya que este criptoactivo también se ha visto afectado por el despliegue de estos nuevos acontecimientos al ser la moneda digital con la mayor capitalización de mercado. El hostigamiento de actividades de minado ha aumentado la preocupación sobre el futuro de este mercado, donde la anterior es la base principal de la creación de criptomonedas, que permite a los mineros unir los bloques de transacción a través de la resolución de un problema informático. Esta radical variación ha causado un antes y un después, dado que el valor total del Bitcoin se calcula mediante la multiplicación del conjunto del número de monedas que han sido minadas por el precio de una sola moneda en un momento determinado.

En base a lo que se ha observado anteriormente en la historia, el mercado de las criptomonedas se ve afectado por las restricciones acaecidas en China, y como es a día de hoy más especulativo, y a su vez más reactivo, los precios en la bolsa de criptomonedas normalmente son un indicador que se pone por delante de otros índices económicos, como el desempleo, la demanda o la inflación. Aunque existen varias formas de estudiar los precios de la bolsa de criptomonedas como el análisis macroeconómico o el fundamental, este trabajo se focalizará en el análisis técnico, junto con diversos métodos cuantitativos, estadísticos y matemáticos.

Antes de analizar el precio de Bitcoin, se va a poner en contexto la situación de la bolsa de criptomonedas de manera genérica.

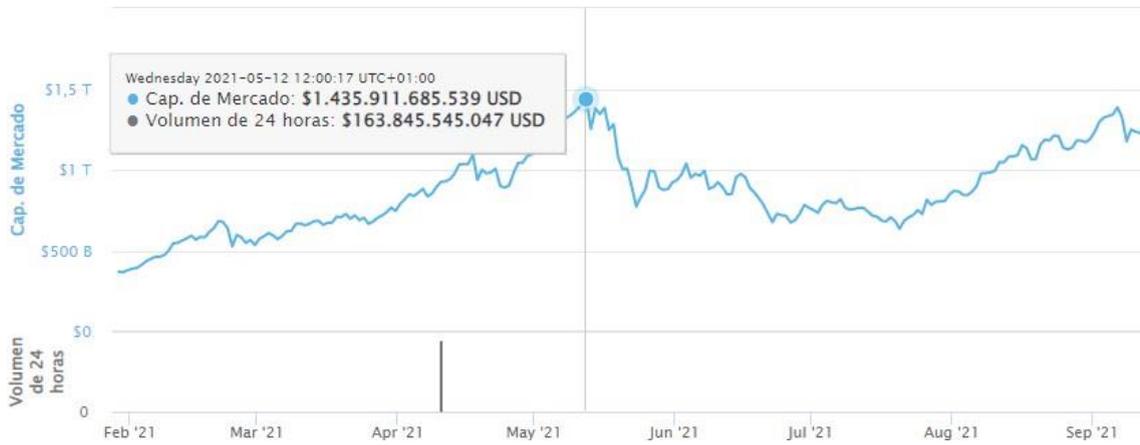
Las restricciones impuestas por China extendieron el miedo en el mercado de las criptomonedas, causando importantes desplomes en los precios. Además, estas caídas se acentuaron por los Tweets de Elon Musk acerca de su marcha atrás sobre la posibilidad de comprar coches Tesla con la criptomoneda, así como por la investigación del Departamento de Justicia de EE.UU. a Binance por presunto blanqueo de capitales. Las fechas puntualizadas fueron el Miércoles Negro (19 de mayo), el Viernes Negro (21 de mayo) y el Domingo Negro (23 de mayo). En el período transcurrido de las siguientes semanas hubo una marcada bajada con subidas mínimas debido a la compra de determinadas criptomonedas como el Ether por inversores individuales. Antes de la caída del sector, el mercado de criptodivisas se encontraba en uno de sus puntos más álgidos el 12 de mayo de 2021, bajando un 42,3% hasta un mínimo el 19 de mayo, resaltando en este día un desplome del 31,8%, siendo el derrumbe más grande en la historia de este mercado (mírese la referencia bibliográfica 2).

Figura 1: Cotización del mercado de criptomonedas con Bitcoin



Fuente: Realización propia a través de CoinMarketCap

Figura 2: Cotización del mercado de criptomonedas sin Bitcoin

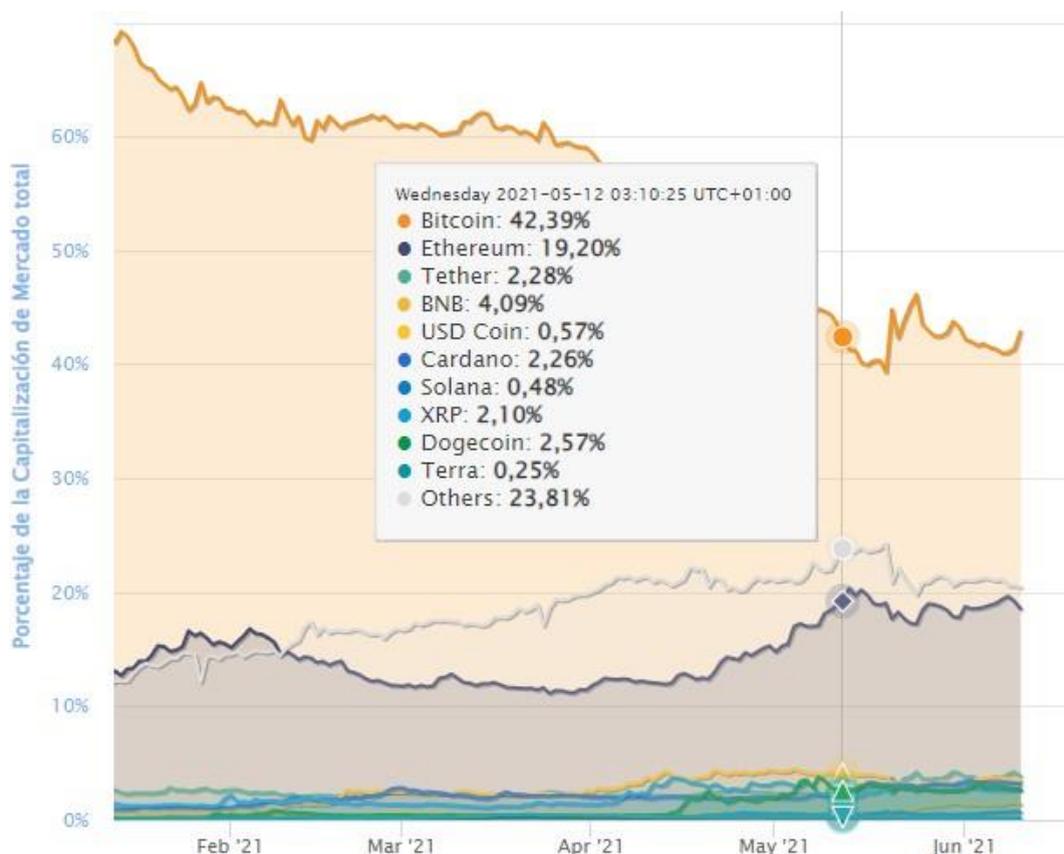


Fuente: Realización propia mediante CoinMarketCap

Después de haber llegado a una serie de mínimos, este índice del mercado de criptomonedas (Figura 1) empezó a recuperarse a finales de julio, continuando con un crecimiento constante con leves caídas en los meses de agosto y septiembre. Una de las razones de esta recuperación se debe al rumor extendido que hizo Amazon el 26 de julio acerca de que aceptaría pagos de Bitcoins antes de que acabe el año, así como de otras criptodivisas como el Dogecoin y Shiba Inu Tokens. A su vez, era de esperar que después de una gran caída el camino más razonable era que el precio fuera moviéndose de manera creciente en el caso de que el activo tuviese futuro y unas bases fuertes, o lo que es lo mismo, el precio sube porque cada vez hay más personas en Binance y en otros mercados de criptomonedas debido a que la criptomoneda es limitada y está tomando importancia como el primer sistema monetario a nivel global.

Con todo lo expuesto anteriormente, cabe preguntarse de la misma manera por qué a pesar de la evidente diferencia de capitalización ( $2.497.620.117.656\$ > 1.435.911.685.539\$$ ) en los dos gráficos expuestos (Figura 1 y Figura 2, respectivamente) no se da una variación mayor en virtud de la importancia del BTC, ya que como es sabido de manera generalizada, el Bitcoin es con diferencia la criptomoneda con mayor peso en el mercado llegando a tener más del 50% de capitalización en el mismo. En este caso su peso se calcularía de la siguiente forma:  $\text{Peso del Bitcoin} = (\text{Capitalización del mercado con Bitcoin} - \text{Capitalización del mercado sin Bitcoin}) / \text{Capitalización del mercado con Bitcoin} = (2.497.620.117.656 - 1.435.911.685.539) / 2.497.620.117.656 = 42\%$ . Lo anterior se debe al hecho de que, como se puede observar en la Figura 3, el Bitcoin ha ido perdiendo gradualmente su relevancia global en el mercado de criptomonedas desde principios de año, dando paso a otras criptodivisas como Ethereum o BNB entre muchas.

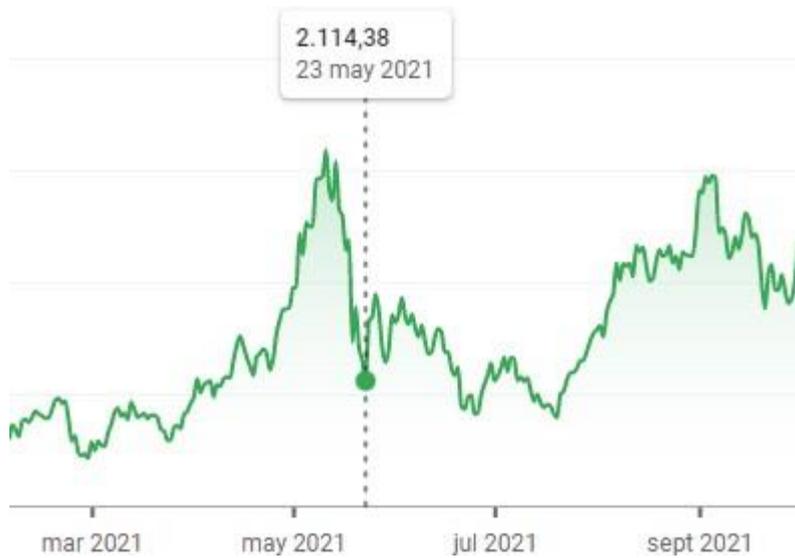
Figura 3: Porcentaje de capitalización del mercado de criptomonedas



Fuente: Obtenido de CoinMarketCap a través de elaboración propia

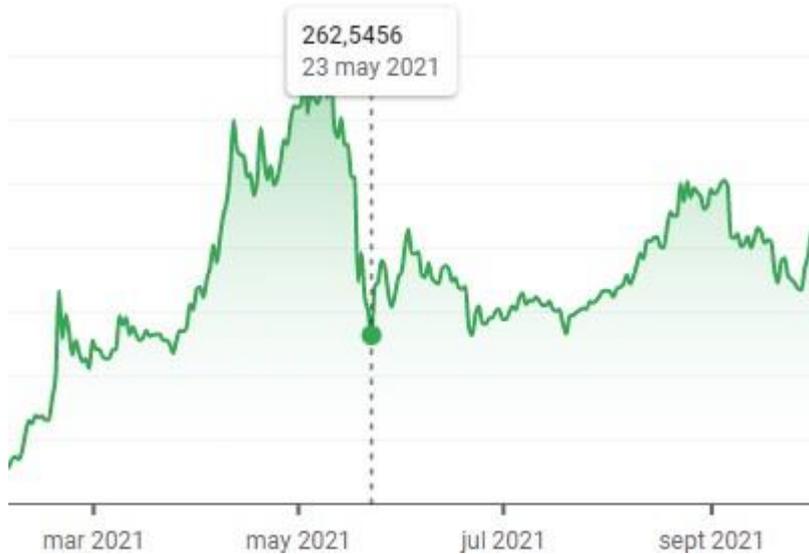
De manera genérica, el conjunto de criptomonedas tuvo un profundo desplome en sus precios, destacando casos como Ethereum (figura 4) y BNB (figura 5). Ethereum pasó de tener un precio de 4.179 dólares a unos mínimos de 2.114, perdiendo casi el 50% de su valor; en el caso de BNB su precio bajó más del 70%, bajando en cuestión de días de 672 dólares a 262. Otras criptomonedas relevantes como Cardano y XRP sufrieron importantes descensos en su valor. A la hora de hablar sobre su evolución tras la crisis de restricciones, el conjunto de criptomonedas fue recuperándose poco a poco en mayor o en menor medida dependiendo de cada moneda en particular (por ejemplo, en el caso de Ethereum ha ido incrementándose su valor mucho más rápido; mientras que otras criptodivisas como BNB lo han hecho de manera mucho más lenta).

Figura 4: Cotización de Ether



Fuente: Realización propia mediante Google Finance

Figura 5: Cotización de BNB



Fuente: Realización propia mediante Google Finance

En el caso de Bitcoin resulta llamativo que, a pesar de verse afectada directamente por la crisis de restricciones, ha incrementado bastante su capitalización en el transcurso de los meses de 2021.

Por ello, antes de estudiar analíticamente la variación de su precio, vamos a describir someramente las principales características de esta criptomoneda.

## 0.2. Bitcoin

La primera idea que hubo sobre el Bitcoin fue oficialmente publicada por Satoshi Nakamoto, el alias usado por su creador o creadores, el 31 de octubre de 2008. Nakamoto presentaba el anterior como una moneda descentralizada y digital que utiliza la criptografía (funciones hash), es decir que no existe ningún administrador (como un banco central o un Estado) sino únicamente un libro de transacciones público que cualquiera puede tener en su ordenador; y cuyas transacciones son verificadas a través de un proceso llamado “minería” que consiste en descifrar mediante un servidor un problema criptográfico que es comprobado posteriormente, y si la solución es correcta, las primeras son añadidas a este libro o *blockchain*. Nakamoto presentó así un papel fundacional del Bitcoin (ver 18). Además, decir que el BTC se caracteriza por la seguridad, el ser imposible de copiar con la tecnología actual, la realización de operaciones anónimas, las transacciones sin intermediarios y una gran especulación. La primera transacción económica conocida fue realizada el 22 de mayo de 2010, estableciendo esencialmente el primer valor real y global del Bitcoin en 4 Bitcoins por centavo. Desde entonces el Bitcoin ha sido intercambiado cientos de millones de veces, pasando a valer menos de 1\$ a principios de 2011, incrementando su valor a medida que iba aumentando su popularidad, llegando al centenar de dólares en 2013. En 2017 los precios llegaron al millar y siguieron creciendo de manera continuada hasta alcanzar a finales de año un nuevo pico por encima de los 10.000\$. En 2020, la valía de la moneda subió de forma dramática y en abril de 2021 llegó a aproximarse a los 60.000\$. Con la crisis de las Restricciones en China el valor del Bitcoin bajo mucho, pero la demanda en auge de la moneda hizo que su precio volviera a crecer. Tras mediados de junio, debido al lanzamiento de los ETF de futuros de Bitcoin y su favorecimiento por parte de los inversores comerciales e institucionales, hubo una oleada alcista que ha terminado con un nuevo máximo en los últimos meses de 2021. Teniendo en cuenta esto, y los motivos por los cuales el precio del Bitcoin ha crecido tanto, vamos a plantear nuestra hipótesis (ver 3).

### 0.3 Objetivo, metodología y antecedentes

El **objetivo** de este trabajo de fin de grado es realizar un análisis del precio del Bitcoin durante la crisis de restricciones en China, usando para esto cuatro aproximaciones distintas que serán explicadas en cada uno de los capítulos. En el primer capítulo, dedicado al análisis técnico, se concretarán las tendencias y los canales del precio del Bitcoin en el mercado de criptomonedas, estudiando otros importantes indicadores como medias móviles, bandas de Bollinger, MACD, etc. En el segundo capítulo, se hará ajuste de funciones, que consiste en minimizar el error cuadrático de una familia de funciones con respecto a los datos; así como el empleo de *machine learning*. En la tercera parte, se usará el análisis estadístico, haciendo una comparación del precio del Bitcoin con otros activos financieros usando intervalos de confianza, correlaciones, etc. En el cuarto capítulo, con la intención de obtener un mejor modelado de los precios, usaremos el concepto de movimiento browniano, para obtener unas ecuaciones estocásticas que nos permitan comprender el comportamiento del precio. Finalmente, usaremos series temporales para hacer un pronóstico sobre el comportamiento de los precios del Bitcoin.

La **metodología** que se empleará en este trabajo serán la visualización de videos, la lectura de la bibliografía, reuniones periódicas con el director, etc. Se emplearán una serie de programas de software para realizar el análisis de precios como Excel, eToro, Matlab, etc. El método científico será usado en este estudio, partiremos de una hipótesis inicial acerca del cambio en el comportamiento del precio, centrada en la simple lógica, más en adelante se analizará detenidamente el comportamiento real del precio, con el fin de conseguir resultados y conclusiones en un último capítulo.

En cuanto a los **antecedentes**, cabe mencionar que habiendo revisado una gran variedad de referencias acerca de la sorprendente bajada del precio del Bitcoin (ver 16 y 17), no se ha hallado ningún trabajo concreto donde se realice un análisis matemático o técnico del precio durante la crisis. En estos ensayos, se desarrolla la evolución del Bitcoin, analizando el crecimiento de la demanda de la moneda, y el cambio general del sector financiero hacia el mercado de las criptomonedas. Usaremos diferentes referencias

bibliográficas en los distintos temas, tal que distinguimos entre análisis técnico (ver 7), *curve fitting* (ver 21), *machine learning* (ver 19 y 20), análisis estadístico (ver 6, 15), modelos estocásticos (ver 10) y series temporales (ver 21).

#### 0.4 Hipótesis inicial

Se espera que sin realizar ningún estudio las caídas por las restricciones en China no hayan roto canales fundamentales, así como brechas en las funciones *curve fitting* o en los modelos *curve fitting*. Asimismo, en los últimos años se ha visto que los inversores han ido diversificando su capital en diferentes activos y la criptomoneda ha demostrado ser una inversión con gran potencial a largo plazo y con mucha más rentabilidad que otros bienes como el oro. Lo anterior es positivo para el Bitcoin ya que esta criptomoneda ha sido nombrada muchas veces como el “oro digital”, por lo que es de esperar que funcione como sustituto del mineral amarillo; pese a esto, es conveniente aclarar también que el Bitcoin funciona realmente de valor tecnológico como Tesla y Google. Por consiguiente, el decremento de precios provocado por las restricciones en China no será significativo, y los canales alcistas de la moneda no se romperán.

## PRIMER CAPÍTULO-Análisis técnico

El análisis técnico es la observación de las tendencias del mercado, donde el volumen y el precio son los fundamentos esenciales de estas tendencias. La meta es principalmente poder reconocer las variaciones en los movimientos a través de la utilización de gráficos, con el objetivo de llegar a predecir tendencias del futuro. Este se apoya en tres ideas primordiales, que están incluidas en la referencia bibliográfica 7, y que son:

- a) **Todo es descontado por los movimientos del mercado.** Esto significa que todo lo que le puede repercutir al precio de un valor que cotiza se ve mostrado en el mismo. Un indicativo del grado de demanda y oferta que existe para un valor es el propio precio.
- b) **Las tendencias influyen en los movimientos de los precios.** El fin de este primer capítulo es distinguir las diversas tendencias en sus primeras fases de evolución, con el objetivo de ser capaz de realizar sus transacciones conforme a la determinada tendencia.
- c) **Hay una repetición en la historia.** En el caso de que se estudiaran las pautas del último siglo, es posible visualizar que las respuestas a particulares variaciones del mercado son siempre similares. Por supuesto, el motivo de lo anterior es que se da una gran correlación con la conducta del ser humano, y al no alterar esto sigue ocurriendo que las personas responden igualmente a las tendencias bajistas o alcistas.

En el análisis técnico se va a llevar a cabo una evaluación de los precios del Bitcoin mediante diferentes mecanismos del mismo.

### 1.1 Canal, línea de tendencia

En esta sección del primer capítulo se va a realizar un análisis de los diversos cursos que tienen los precios del Bitcoin en el mercado de criptomonedas. En primer lugar, se pondrá atención a los seis canales cruciales reconocidos en la historia de la bolsa de la moneda, y de manera consecutiva se observarán tendencias más concretas haciendo énfasis en las líneas de resistencia y apoyo.

El sentido que coge el mercado es a lo que se llama tendencia de los precios. El

inconveniente es que el mercado no sigue movimientos rectilíneos; más bien consiste en una secuencia de valles y picos, que pueden tener seguidamente menos altura (tendencia bajista), más altura (tendencia alcista), o parecidas (tendencia lateral). De la misma manera, se da una triple categorización de tendencias en vistas de su extensión en el tiempo. Es posible que la previa categorización alterne en función del estudio que se realice, así como si se basa en posiciones para invertir largoplacistas, o más bien a corto plazo como es el ejemplo de las horarias. El co-fundador del índice de la bolsa Dow-Jones, Charles Henry, denomina como tendencia de corta duración aquella que tiene menos de dos o tres semanas, tendencia secundaria o intermedia la que perdura de tres semanas a un año, y tendencia principal la que se prolonga más de un año.

### 1.1.1 Canal

Una de las muchas herramientas empleadas para definir la tendencia es el canal, que se efectúa a través de la proyección paralela de líneas entre los puntos mínimos y máximos. Los canales son un instrumento muy eficaz para los inversores cortoplacistas; quienes adoptan posiciones cortas donde cruza la tendencia, en el momento en el que los precios se aproximan a la línea de apoyo o soporte del canal. Para todos los canales nos serviremos de una escala logarítmica, con periodicidad semanal.

Gráfica 1: Cotización de Bitcoin y canal



Fuente: Los gráficos son de realización propia, usando el editor de Etoro.

Se puede ver en el primer canal, distinguido en la gráfica 1, que su extensión se alarga desde principios de la vida del Bitcoin en el año 2010 hasta años más tarde en el 2013. Como la unidad temporal de los precios es las semanas, no se llegan a percibir realmente los mínimos y máximos por los que se mueven las líneas. Cuando termina esta tendencia en los últimos meses de 2013 se rompe el canal por abajo, siendo este un posible cambio de tendencia. A continuación, se visualizará el cambio a una tendencia bajista.

Gráfica 2: Cotización de Bitcoin y canal



Fuente: Los gráficos son de realización propia, usando el editor de Etoro.

El segundo canal, que se puede apreciar en la gráfica 2, recoge todo el año 2014. Se trata claramente de una tendencia bajista de intermedia duración. A mediados del año 2015 hay una ruptura del canal por arriba, lo que muestra que la tendencia ha variado, llegando a ser la siguiente (gráfica 3):

Gráfica 3: Cotización de Bitcoin y canal



Fuente: Los gráficos son de realización propia, usando el editor de Etoro.

En la gráfica 3, es posible reconocer el tercer canal, que parte desde abril de 2015 a principios de 2017. Es ciertamente una tendencia alcista de extensa duración. En el año 2018 el canal vuelve a romperse por abajo como lo hizo en el periodo de 2014, puntualizando otra vez un cambio de tendencia, yendo a ser la posterior gráfica 4:

Gráfica 4: Cotización de Bitcoin y canal



Fuente: Los gráficos son de realización propia, usando el editor de Etoro.

Esta gráfica 4 muestra el cuarto canal, que transcurre desde los últimos meses del 2017 hasta finales del año 2018. Si se observa el anterior se puede ver como de forma indudable la tendencia es altamente bajista con un lapso de tiempo intermedio, reflejado muy bien en la gráfica. Una vez más, se llega otra vez a una quiebra del canal alternando de nuevo por arriba, pasando a indicar una modificación de la tendencia en la siguiente (gráfica 5):

Gráfica 5: Cotización de Bitcoin y canal



Fuente: Los gráficos son de realización propia, usando el editor de Etoro.

Se puede contemplar en la gráfica 5 como durante el año 2019 se produce una subida de la tendencia. Es una tendencia alcista alta de periodicidad intermedia, donde a principios de 2020 parece que el canal se rompe en un primer momento por abajo para tomar un curso bajista. Sin embargo, lo que ocurre en realidad es que la curvatura de los precios toma un crecimiento espectacular llegando a nuevos máximos, visibles en la subsecuente gráfica 6:

Gráfica 6: Cotización de Bitcoin y canal



Fuente: Los gráficos son de realización propia, usando el editor de Etoro.

El sexto y último canal va de principios de 2020 a mediados de 2021. Cabe resaltar de este canal que la crisis de restricciones en China sobre la criptomoneda provoca que se rompa el mismo, quedando denegada por consiguiente la hipótesis inicial. Como se trata de una circunstancia insólita es normal que ocurra una quebradura de la tendencia; de hecho, a pesar de que esta ruptura marca el final del canal, se ve que el precio vuelve a repuntar en la segunda mitad de 2021. En los últimos meses del año, se observa como el valor de la reconocida criptomoneda vuelve a tener una propensión a la baja, hasta que en los meses iniciales de 2022 aparenta surtir un posible cambio de tendencia. Vista la gran variación que tienen este tipo de activos es factible que el precio vuelva a tener una inclinación al alza. No obstante, mantener crecimientos tan grandes como el ocurrido en la precedente gráfica es muy difícil, en cualquier caso, de manera que dicha bajada probablemente se detenga un tiempo, no empezando una tendencia alcista.

Seguidamente, se va a hacer una comparativa de la inclinación en los seis canales primordiales. Así, conseguiremos datos acerca de la celeridad de crecimiento y

decrecimiento de los precios en los diferentes periodos.

*Tabla 1: Pendiente del canal*

Gráfica 1- Canal 1	0,0038
Gráfica 2- Canal 2	-2,2125
Gráfica 3- Canal 3	0,9758
Gráfica 4- Canal 4	-26,3357
Gráfica 5- Canal 5	14,2148
Gráfica 6- Canal 6	50,2717

*Fuente: Tabla de realización propia con Excel*

Las pendientes han sido obtenidas a través del uso de los puntos de apoyo del canal, consiguiendo la ecuación de cada línea con Excel. Para su cálculo se ha empleada una escala en el tiempo diaria. Por ello, los datos que facilita la pendiente es cuantos dólares baja o sube diariamente el precio de la criptomoneda Bitcoin. Analizando los datos de la tabla 1, se puede ver cómo han evolucionado de manera extraordinaria las bajadas y subidas en el precio. Mientras que la bajada en el precio es de alrededor de 2 dólares al día en el canal 2, el descenso pasa a ser de más de 26 dólares diarios en el canal 4. Por otro lado, en tanto que el aumento del precio en el canal 1 y 3 es cercano a cero y a la unidad respectivamente, en el quinto y sexto canal es de 14 y 50 dólares al día correspondientemente. Esto solo se puede explicar por la gran volatilidad de este activo digital.

### 1.1.2 Línea de tendencia

Las sencillas trazas, cuya fiabilidad depende de manera directamente proporcional al número de picos por los que pasan y que señalan el curso del movimiento del precio, se denominan líneas de tendencia.

En sus inicios el Bitcoin, al igual que otros activos en su comienzo como acciones de empresas, no experimentó aumentos o bajadas significativas. La razón de esto es que su valoración continúa provocando escepticismo entre los inversores, resultando en una baja tasa de fluctuaciones en la oferta y demanda de la moneda digital. Lo expuesto previamente se puede apreciar con más claridad en la siguiente gráfica 7:

Gráfica 7: Cotización de Bitcoin y línea de tendencia



La anterior gráfica señala una tendencia alcista leve en los periodos de 2012 y primera mitad de 2013. Es importante mencionar que la validación de la línea de tendencia queda contrastada al moverse por cuatro puntos de apoyo diferentes. La pendiente del trazo muestra su inclinación al alza, y se aprecia a su vez que en vistas de su extensión es una tendencia principal. Conviene aclarar que se va a emplear una escala de logaritmos para este segundo capítulo, con lo que es posible que los movimientos correctivos aparezcan más marcados de lo normal.

Se puede ver, en la gráfica 8, como antes de empezar con la caída de precios en el año 2014 (gráfica 2), surge una drástica variación donde en un transcurso de 6 meses la

tendencia es prácticamente vertical, resaltando el increíble crecimiento en la primera semana de la misma. Esta clase de inclinaciones tan empinadas son inaguantables en el tiempo.

Gráfica 8: Cotización de Bitcoin y línea de tendencia



La representación de arriba muestra el final de la acelerada tendencia alcista que termina a finales de año, dando lugar a otra clase de tendencia en la gráfica 9 al quebrar de manera contundente el sostén de la línea de apoyo.

Gráfica 9: Cotización de Bitcoin y línea de tendencia



Durante el año 2014 (gráfica 9) es posible distinguir una tendencia bajista con una visible pendiente negativa, tratándose de una inclinación empinada. En el año 2015 (gráfica 10)

se puede advertir como el precio toma una tendencia principal alcista hasta principios de 2018. En este gráfico, se observa la tendencia del precio rompiendo la línea de apoyo a finales del 2017 por arriba llegando a unos máximos históricos, para finalmente romper de nuevo con esta línea en los primeros meses del siguiente año, aunque esta vez por abajo.

Gráfica 10: Cotización de Bitcoin y línea de tendencia



Conviene señalar la figura de esta previa propensión de 2016 a mediados de 2017 ya que podría tratarse de la forma de la Teoría de las Ondas de Elliot, que se analizará con más profundidad posteriormente. Esta tesis expone que la demanda y oferta emulan el movimiento de la serie de números propuesta por Leonardo de Pisa (0,1,1,2,3,5,8,13,21...). De esta manera, todo patrón de movimiento al alza se encontrará representado por tres incrementos y dos correcciones, donde cada incremento también tendrá tres incrementos y dos correcciones consecutivamente. Modificando el gráfico de velas a líneas es mucho más fácil captar esto.

Gráfica 11: Cotización de Bitcoin y línea de tendencia



Si se considera que la medida temporal es semanal, y que para otorgar a la línea de tendencia una mayor validez con más puntos de apoyo se ha tenido que representar la misma por encima de la curvatura alcista de los precios, podemos afirmar que claramente no es una forma precisa.

En la gráfica inferior (gráfica 12), se puede apreciar que hay una violenta tendencia bajista, abarcando todo el lapso del año 2018, que comienza como fruto de la insostenibilidad del increíble crecimiento en el precio a finales de 2017, citado con anterioridad.

Gráfica 12: Cotización de Bitcoin y línea de tendencia



Viendo la gráfica previa, es posible entrever que durante los meses iniciales de 2019 la línea de apoyo tiene una rotura por arriba debido a que el precio se acrecienta nuevamente. Como se ha podido notar en las anteriores gráficas, la criptomoneda Bitcoin ha tenido una gran oscilación en su valor en el transcurso de su vida. Esto se debe por supuesto a varios factores, tomando de ejemplos el efecto de la demanda y oferta, la proclividad a invertir de los inversores individuales e institucionales, las regulaciones gubernamentales, y el impulso promocional de las redes sociales, entre otros.

Finalmente, en la gráfica 13 se ha establecido una línea que va desde marzo de 2020 a mayo de 2021. Es una tendencia principal alcista que crece de forma exponencial. A continuación, se verá la evolución de esta orientación del precio para ver su sostenibilidad en el tiempo.

Gráfica 13: Cotización de Bitcoin y línea de tendencia



Fijándonos en la tendencia podemos ver como esta no aparenta ser sustentable a la larga. En el gráfico 13, puede apreciarse que en mayo de 2021 el Bitcoin empezaba mal el mes con una estrepitosa caída donde parece que no hubo ningún atisbo de recuperación. Así, el 8 de mayo la reiterada criptodivisa no consiguió sobrepasar el umbral fijado por la línea de resistencia en 59.500 dólares, siendo este un importante indicio de una tendencia cambiante. Ciertamente, al no ser capaz de rebasar ese umbral, se empieza con una inclinación a la baja cortoplacista que termina por romper con un mínimo la línea de apoyo el 19 de mayo, fecha que representa el estricto inicio de las restricciones en China sobre la criptomoneda, así como el antedicho Miércoles Negro.

Gráfica 14: Cotización de Bitcoin y líneas de tendencia



De esta manera, se expone una idea opuesta a la presentada en la hipótesis inicial, al distinguir que la quebradura de la tendencia al alza es ocasionada por la crisis de las restricciones en China.

Se repara como la línea de apoyo cruza también el día 23 de mayo (el Domingo Negro) hasta quedar con una completa rotura durante el mes de junio, momento en el que la propensión de los precios es bajista hasta llegar a la última secuela de la crisis el 20 de julio, y empezar moderadamente una tendencia al alza.

Continuando con la temporalidad de las circunstancias, aparece en los últimos meses de 2021 (gráfica 21) una tendencia bajista “de libro”, quedando reflejada apropiadamente una inclinación de este tipo puesto que está validada por tres puntos.

Gráfica 15: Cotización de Bitcoin y línea de tendencia



Para ver cómo se ha pasado a esta propensión a la baja es conveniente observar la gráfica 22 donde figura el modelo hombro-cabeza-hombro, formado a partir de la tendencia al alza de julio a octubre de 2021, con la corrección bajista de septiembre, y por la tendencia a la baja de noviembre a enero de 2022, con la corrección alcista de diciembre.

Gráfica 16: Cotización de Bitcoin y línea de tendencia

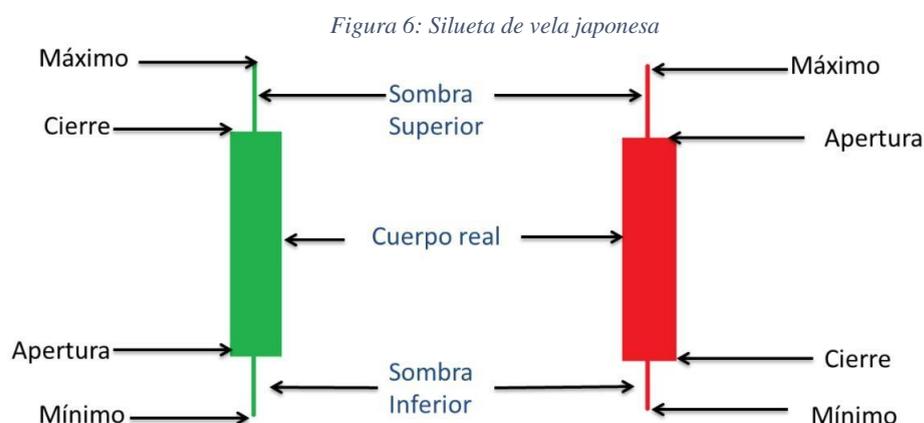


En la gráfica previa aparece una serie de líneas, la de abajo es el límite desde el que se empieza la inclinación hacia arriba para establecer donde empiezan y terminan las laderas izquierda y derecha respectivamente, la que está a la mitad muestra el eje del cuello, y la más alta la que señala el contacto con los hombros señalando a la mitad la cabeza. De este modo, tenemos una desaceleración de la subida en vistas de que haya una corrección que casi llega a tocar la línea de apoyo entremedia, lo que frecuenta denotar que se ha cambiado de tendencia, pasando de ser alcista a bajista. Sin embargo, un hecho que alarma más es que una vez alcanzado de nuevo este umbral de la última línea establecida, delimitante de hombros y cabeza, el precio no consigue sobrepasarla, yendo de vuelta a la línea intermedia. Esta indicación de tendencia a la baja es lo que advierte a los expertos de comenzar a vender.

Ahora vamos a estudiar la descendida de los dos precedentes recuadros (gráficas 21 y 22). Es evidente que a mediados de enero de 2022 esta llega a su precio más bajo, validando su fin en febrero al superar la barrera de resistencia del medio, siendo esto un posible cambio de tendencia al alza. Puede que primero llegue a tener una bajada más antes de empezar a subir de forma determinada, tomando así un aspecto de “W” donde hay nuevamente un valor mínimo que se aproxima a la línea más baja y dando a entender que se para la propensión a la baja, superando la demanda a la oferta. En cualquier caso, veremos en adelante de manera más detenida cómo evolucionarán los precios a futuro.

## 1.2 Vela japonesa

Para presentar los datos de los valores en un estudio gráfico se usará el sistema de las velas japonesas. Aunque existen más maneras como las barras o líneas, nos fijaremos en las primeras mostrando antes su silueta y configuración, exponiendo una descripción en la figura subsecuente:



*Fuente: Google Imágenes*

Si una vela es verde significa que esta cerró a un precio superior del que abrió y, por el contrario, si es roja que cerró a un precio inferior del que abrió. Las velas pueden representar diferentes marcos temporales como son una hora, un día o una semana, entre otros. En el caso de una semana tendríamos que, por ejemplo, tomando una verde, el lunes abrió el precio para dejar un rastro al alcanzar el mínimo en los días siguientes, volvió a subir hasta alcanzar un máximo posteriormente en la línea temporal, y finalmente bajó un poco para marcar un precio de cierre el viernes. El rastro que se alcanza en los extremos, que visiblemente en el gráfico es el palo sobresaliente del rectángulo original, es denominado mecha o sombra. Por otra parte, a este rectángulo dispuesto verticalmente se le llama cuerpo. Además, conviene aclarar que las velas suelen alternar de forma, y van de manera seguida tal que el precio de cierre de la anterior es el precio de apertura de la siguiente.

## 1.2.1 Día crítico

En primer lugar, vamos a examinar los días más importantes de la crisis de las restricciones en China sobre la criptomoneda, exhibiendo las velas con su particular aspecto en cada caso.

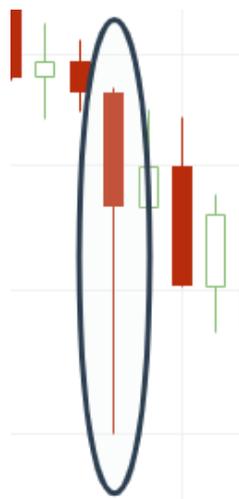
### - Miércoles Negro, 19 de mayo de 2021

Al ser un día emplearemos la escala de temporalidad diaria. Esta fecha de comienzo de las restricciones se distingue por alcanzar unos precios mínimos bastante pronunciados, antes de volver a subir y terminar en el nivel de cierre. Esta vela es un martillo con mecha pronunciada.

Gráfica 17: Cotización de Bitcoin, vela japonesa



Gráfica 18: Cotización de Bitcoin, vela japonesa



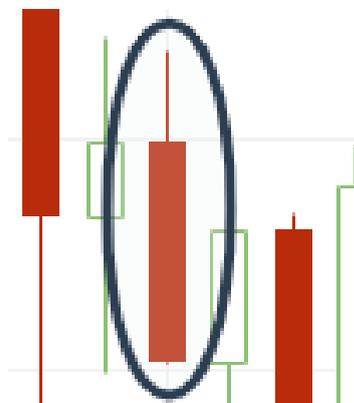
Profundizando en el análisis de la gran vela martillo, a través de la gráfica 24, podemos apreciar como, una vez abierto, el precio subió escasamente, llegando a un máximo apenas visible que deja una pequeña mecha encima de la apertura. Sucesivamente, ocurre la estrepitosa caída hacia unos precios límite, causando una de los descensos porcentuales más grandes en la historia de la popular divisa digital, en contraste con las últimas semanas de abril y primeras de mayo del mismo año.

- Viernes Negro, 21 de mayo de 2021

Gráfica 19: Cotización de Bitcoin, vela japonesa



Gráfica 20: Cotización de Bitcoin, vela japonesa



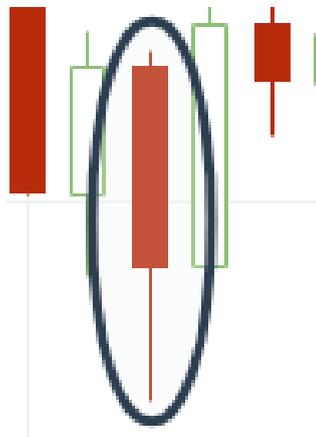
Aun siguiendo una tendencia a la baja, es posible apreciar como acontece lo opuesto a la anterior vela. Aquí, el precio abre dejando un trazo de puntos máximos para bajar y dejar una indistinguible sombra inferior antes de cerrar. Estamos ante una vela martillo con una mecha muy pronunciada hacia arriba. Esta fecha representa la segunda caída del precio tras la crisis.

- Domingo Negro, 23 de mayo de 2021.

Gráfica 21: Cotización de Bitcoin, vela japonesa



Gráfica 22: Cotización de Bitcoin, vela japonesa



Nuevamente, es apreciable ver que se repite el patrón del día 19 sin llegar a mínimos tan pronunciados. La inclinación a vender sigue siendo superior a la de comprar. Por otra parte, vuelve a tratarse de una vela tipo martillo con una mecha larga hacia abajo, como la del primer caso. En esta fecha la crisis provoca otra vez un nuevo mínimo.

## 1.2.2 Gap

Gráfica 23: Cotización de Bitcoin y gap



Al estudiar los posibles gaps (gráfica 35), fechas en las cuales el precio de apertura de un día no coincide con el precio de cierre del día anterior, vemos como, perceptiblemente, no se encuentran durante el periodo de restricciones acerca de las monedas digitales en el extenso país del este asiático. Es importante clarificar que los gaps ocurren porque, aun cuando nos encontramos en un periodo de cierre del mercado, se produce un fuerte impulso de venta en contraste con una débil inclinación a la compra, lo que ocasiona que desde el primer instante de reapertura el precio aparezca por debajo del precedente cierre. Visiblemente, un gap muestra un espacio abierto entre días, dando la sensación de que no se está siguiendo la línea temporal. El hecho de que no haya resulta curioso, debido a que las circunstancias en China, aparentemente, sí provocaron un revuelo negativo bastante significativo en el mundo de inversiones de activos digitales criptodivisa.

¿Cuál es entonces la trampa aquí? Al contrario que en el mercado de las acciones de empresas, el del Bitcoin está siempre abierto. Es decir, no es como la bolsa estadounidense que abre de lunes a viernes de nueve y media de la mañana a cuatro de la tarde, sino que este está continuamente en apertura, las 24 horas de la jornada en los 365 días del año. Si volvemos la vista atrás a los fundamentos básicos de la criptomoneda, y concretamente al Bitcoin, nos daremos cuenta que el mercado de criptodivisas no es un espacio de

intercambio regulado, a causa de que se encuentra repartido a través de una red descentralizada de ordenadores. Esto explicaría por tanto por qué en principio no hay una presencia explícita de gaps (gráfica 36).

Gráfica 24: Cotización de Bitcoin y gap



De todas formas, puede también puntualizarse que estas potenciales disparidades entre el precio de un día a otro no se deban tanto a un fenómeno conjunto de personas vendiendo abundantemente sus Bitcoins, sino a pocos inversores individuales que ponen a la oferta cuantiosas cantidades de los mismos.

### 1.3 Media Móvil

La media móvil del periodo  $m$ , es tomar los  $m$  períodos anteriores de un precio, hacer la media de esos  $m$  períodos y agregarla a una lista. Dicha lista avanza con el tiempo, es móvil, a eso se le llama la media móvil. Esta herramienta es útil porque mitiga las alteraciones en el capital, sirviendo de índice técnico para las tendencias. No obstante, a pesar de ver más claramente la inclinación del precio, no deja de ser un análisis con retraso, imposibilitando saber cómo va a evolucionar el mercado. Como el precio tiende a la media, si está arriba de la media conviene vender, a no ser que sea una tendencia alcista fuerte. Para la configuración de la misma, la plataforma eToro posibilita elegir varios elementos como el campo, que permite seleccionar para la estimación el valor de cierre, apertura, mínimo o máximo; y el periodo, donde por ejemplo un periodo de 30 indica que para calcular el precio de cada vela se van a emplear las anteriores 30 velas sucesivamente, de ahí que en este caso la media móvil solo aparezca a partir de las 30 primeras unidades de tiempo (minuto, hora, día, etc.). Por supuesto, cuanto más grande sea la escala elegida para su cómputo más se ralentizará la indicación de la tendencia, aun siendo más certera. Ocurre lo opuesto con las medias más pequeñas.

Se ha elaborado la posterior gráfica de la etapa de las restricciones utilizando 20 periodos para la media móvil en días:

Gráfica 25: Cotización de Bitcoin y media móvil con 20 periodos



En el recuadro de la gráfica 37 es distinguible apreciar una engañosa señal de una posible recuperación de la tendencia bajista en las últimas semanas de abril, ya que se ve como finalmente en el mes de mayo esta descendida empieza a acentuarse notoriamente. Conviene clarificar que, aun usando una media relativamente grande, se puede advertir como en los meses previos a la crisis hay una etapa lateral en la cual es difícil diferenciar cuando entrar y salir. Esto es debido a que el mercado de criptomonedas reacciona de manera mucho más volátil que el de las acciones, dificultando un acercamiento óptimo.

Gráfica 26: Cotización de Bitcoin y media móvil



El 19 de mayo de 2021, primer recuadro, marca el inicio de una proclividad a la baja, que termina al final de julio con la iniciación de una tendencia alcista, segundo recuadro (gráfica 38). En este lapso de tiempo el precio se encuentra mayoritariamente por debajo de la media, a pesar de que a su vez se dan una serie de pequeñas correcciones al alza.

### 1.3.1 Metodología de doble cruce

Este método emplea dos medias móviles para analizar la tendencia de los precios. Ahora, en vez de tomar posiciones alcistas cuando la media cruce por debajo de los precios, se realizará la compra cuando la media más corta cruce por encima de la más larga. Para los siguientes ejemplos nos serviremos de dos medias de 10 y 50 periodos, tomando las velas como representaciones diarias.

Gráfica 27: Cotización de Bitcoin y media móvil



Según la gráfica 39, el primer cuadro muestra como la media de 10 periodos (línea roja) toca por abajo la media de 50 periodos (línea azul), indicando que hay que empezar a vender. Por otra parte, el segundo cuadro pone al descubierto que ha finalizado la tendencia bajista puesto que el trazo rojo rompe por arriba del trazo azul, aconsejando el inicio de una operación compradora por parte del inversor en cuestión.

Gráfica 28: Cotización de Bitcoin y media móvil



En el recuadro de la gráfica 40 vemos como acontece una pequeña corrección durante el mes de septiembre; dando paso en adelante con la continuidad de la tendencia alcista, motivada por el lanzamiento de los ETF durante el mes de octubre de 2021.

A mediados de noviembre de 2021 (gráfica 41), mostrado en la primera casilla, es reconocible como la media del periodo más corto vuelve a pasar por debajo de la media más larga. No obstante, parece que en el mes de febrero de 2022 las medias vuelven a chocarse, alertando de una posible tendencia al alza.

Gráfica 29: Cotización de Bitcoin y media móvil



### 1.3.2 Bandas de Bollinger

Las Bandas de Bollinger son un método técnico empleado en los mercados financieros consistente en una media móvil rodeada por dos curvas o bandas, desarrollado por John Bollinger en la década de los 80. Este indicador se sirve de la desviación estándar con el fin de ajustarse con mayor facilidad a los cambios volátiles del mercado, ya que este mide la dispersión con respecto al promedio. Está comprobado científicamente que usando una media móvil de 20 periodos con 2 desviaciones por encima se logra mostrar el 95% del precio total. Simplificando, si tenemos que los precios se acercan a la banda inferior con una sucesión de mínimos, entonces se tratará de una tendencia bajista, y si, por el contrario, las velas se aproximan a la banda superior con una serie de máximos, estaremos pasando a una tendencia alcista.

Gráfica 30: Cotización de Bitcoin y Bandas de Bollinger



En el cuadro (gráfica 42), se puede apreciar que aconteció una gran venta del Bitcoin, llegando a mostrar una ruptura con la banda de abajo durante la etapa de la crisis de restricciones en China. Claramente, es visible como a lo largo del mes de mayo las bandas se alejan mucho rápidamente, mostrando de manera pronunciada esta enorme volatilidad, gracias a la considerable sensibilidad de las mismas. Estos periodos de grandes fluctuaciones vienen delimitados previamente por etapas de notable estabilidad, siendo un ejemplo de ello el mes abril; y seguidos por fases de menor oscilación, reflejado en el propio mes de julio. Obviamente, en los tramos de menos inestabilidad las bandas estarán más cerca mutuamente, estrechándose notoriamente.

#### 1.4 Moving average convergence divergence - MACD

El MACD, o en español, Convergencia y Divergencia de la Media Móvil, es un índice técnico de tipología osciladora inventado por Gerald Apple al final de la década de los 70. Este está situado debajo del gráfico, formado gracias a la diferencia de dos medias móviles. Se basa en el principio de que las anteriores se estiran durante las tendencias y se aproximan en los periodos de consolidación. Al tener de fundamento el empleo de medias móviles, permite suavizar el precio y captar mejor las tendencias, y como también es un oscilador, percibe el impulso de las previas junto con los momentos de sobreventa o sobrecompra. Con esta herramienta distinguiremos potenciales coyunturas favorables donde invertir, que estarán cerca de los niveles de resistencia y soporte. Es importante aclarar que las unidades de tiempo usadas suelen ser los días, aunque también son admisibles otras.

Hay una serie de elementos que componen el MACD. El primero de ellos es la línea principal, que está construida a partir del residuo de una media móvil exponencial lenta, de 26 periodos, y otra más rápida, de 12 periodos. Si se representan en el gráfico estas dos medias, se apreciará que se cruzan cuando la línea principal del MACD pasa a su vez por su línea cero o central, indicando que no hay divergencia entre las primeras. El segundo elemento es la línea de señal, elaborada por medio de una suavización de la media principal en 9 periodos. El tercer y final elemento es el histograma, que básicamente señala la diferencia existente entre los trazos mencionados precedentemente. Por lo general, en vistas de su utilización, este índice muestra posibles cambios de tendencia cuando la línea principal rompe por la línea cero, ya que las líneas móviles se encuentran

enfiladas para marcar una inclinación a la baja o al alza. Por otra parte, las divergencias muestran cambios en la propensión de los precios cuando estos alcanzan nuevos máximos o mínimos, que no llegan a ser contrastados por la fluctuación de la línea del MACD, puntualizando así una pérdida de la fuerza en la tendencia.



*Fuente: Realización propia con eToro*

A continuación, visualizaremos de manera más pausada las diversas indicaciones que puede ofrecer esta herramienta de MACD. Recordemos que el cruce de la línea principal por la línea central ponía a la vista una ausencia de divergencia entre las dos medias establecidas, dando lugar a una posible variación en la proclividad de los precios.

En la gráfica 44, podemos observar cómo a fecha 12 de mayo de 2021 la línea principal (en negro) cruza la línea central dando paso a una tendencia patentemente bajista. Esto no es más que lo ya examinado con anticipación en los métodos de doble cruce. Todavía no llegan a cruzarse las medias de 12 días (en verde) y la de 26 días (en morado), pero están a punto de hacerlo. El mes de mayo manifestaba como el Bitcoin ya comenzaba con una inclinación a la baja, que se recrudecería más adelante con las restricciones sobre las divisas digitales en el territorio mandarín. Se puede ver que lentamente la tendencia empieza a reducir ímpetu en los meses posteriores de junio y julio, sin llegar aun a alcanzar de nuevo la línea central.

Gráfica 32: MACD, Cotización de Bitcoin



El 13 de mayo fue una jornada interesante debido a que había sido totalmente afectada por el suceso de los tweets del empresario Elon Musk, en los que comunicaba una rectificación sobre la posibilidad de comprar coches Tesla con Bitcoin. El motivo de esto se debía presuntamente al efecto ambiental negativo que tenía la generación de esta criptomoneda, puesto que sus procesos de minería requieren de cuantiosas cantidades de energía. No obstante, la crisis de las restricciones en sí empezaba el 19 de mayo (línea vertical roja), donde se ve reflejado muy bien en el MACD como hay una gran diferencia entre las líneas principal y central, dando el golpe más crítico al valor de la moneda en este ya iniciado declive. Ocurre una venta significativa del activo, lo que causa un aumento prominente de la oferta con respecto a la demanda. El 23 de mayo (Domingo Negro), hay un pico bajista de esta dispersión, puntualizando el tiempo de mayor fuerza de la tendencia a la baja.

Gráfica 33: MACD, Cotización de Bitcoin



Después de la crisis (gráfica 46) se puede apreciar como acaecen dos tendencias al alza de carácter exponencial reflejados en los cuadros 1 y 3, que van de finales de julio a mediados de noviembre. En medio parece que hay una corrección bajista que no llega a ser lo bastante sólida para cambiar la dirección del precio (cuadro 2), poniendo al descubierto un descenso claro del entusiasmo alcista.



No obstante, esta segunda tendencia en la gráfica 46 logra tener mucha más intensidad que la primera, alcanzando un nuevo pico máximo de dispersión. Aun así, convendría recordar que las tendencias exponenciales tan notorias como esta no acostumbran durar consistentemente en el tiempo. Curiosamente, pese a que el precio acaba alcanzando el 9 de noviembre un nuevo punto álgido en la historia del Bitcoin, por encima de los 68.000\$, es patente que la tendencia va perdiendo intensidad desde mediados de octubre. El 19 de noviembre la línea principal termina por cortar la línea cero (gráfica 47), volviendo a indicar de nuevo un potencial cambio de inclinación en los precios. Parece que esta tendencia acaba por consolidarse durante un lapso de meses, con algunos momentos de menor intensidad a finales de año. En febrero de 2022, la línea principal vuelve a chocarse con la central pudiendo denotar un cambio al alza, a la horizontalidad o ser una mera corrección.

Gráfica 35: MACD, Cotización de Bitcoin



Como se ha visto previamente, hay momentos en los cuales la tendencia mostrada por los precios no concuerda con la señalada por el indicador MACD. Estos sucesos, denominados divergencias, son comprobables mediante el estudio de las pendientes de la línea principal y los precios. Estas inclinaciones señalan la dirección tomada en cada caso, resultando en una patente contrariedad de las mismas.

En tanto que el precio en el recuadro 1 (gráfica 48) toma una palpable disposición al alza, es apreciable que en el recuadro 2 hay una evidente propensión bajista. Sin embargo, pese a que la línea principal rompe con la línea central, manifestando una posible alteración de la tendencia, al final resulta ser una mera corrección. Esto es debido a la segunda etapa de alzamiento del valor de la criptomoneda Bitcoin; haciendo ostensible un nuevo impulso de mayor impetuosidad.

Gráfica 36: MACD, Cotización de Bitcoin



Cogiendo una escala temporal de minutos (gráfica 49), es perceptible el buen funcionamiento de este índice técnico contra potenciales variaciones, dado que logra indicar cuando la tendencia se está ralentizando.

Gráfica 37: MACD, Cotización de Bitcoin



Las divergencias pueden amonstrar que el precio va a disminuir o que, por el contrario, va a aumentar. La gráfica previa presenta una divergencia alcista, a causa de la discrepancia de propensión entre la parte de las velas y la zona del MACD, pasando de una tendencia a la baja que está mermando fuerza hasta tomar una proclividad al alza.

En la gráfica 50 es posible visualizar como hay otra vez trazos con inclinaciones contrarias. En este caso la tendencia al alza se detiene, en un periodo de tiempo cortoplacista, para comenzar una propensión a la baja. Esto se trata de una divergencia bajista, opuesta a la vista anteriormente.

Gráfica 38: MACD, Cotización de Bitcoin



Finalmente, nos fijaremos en el histograma con el fin de saber en qué momentos se está debilitando y fortaleciendo la tendencia. Esto se debe a que este elemento del MACD permite captar, en separación con la línea central, inclinaciones bajistas cuando sus barras están apuntando hacia abajo, y alcistas en el momento en el que señalen arriba. Conviene recordar que el histograma no era más que la diferencia entre la línea de señal y la línea principal. Así, en la ocasión en que ambas se toquen el anterior tendrá un valor nulo, revelando una ausencia de barras.

Abajo (gráfica 51), es visible como el histograma desaparece en aquellos momentos de cambio de tendencia. Por ejemplo, en la primera línea comenzando por la derecha se aprecia un punto de inflexión en la propensión de los precios, transitando de unas barras negativas, por debajo de la línea cero, a unas positivas, por encima de la misma.

Gráfica 39: MACD, Cotización de Bitcoin



Mirando desde el lado izquierdo de la gráfica, tenemos que la primera línea marca una transición al alza a partir de una precedente orientación bajista. Por otro lado, el segundo trazo vertical muestra una consolidación de esta inclinación alcista.

## 1.5 Conclusiones finales

En este capítulo, se han examinado las fluctuaciones en las diversas fases gracias al empleo de instrumentos bursátiles de heterogénea dificultad. En vistas de que la crisis de las restricciones en China sobre la criptomoneda sí provocó una ruptura con la línea de apoyo del canal al alza, la **hipótesis inicial** queda desestimada. A pesar de ello, tras un tiempo, el precio retomó la tendencia alcista, llegando a nuevos máximos históricos en los últimos meses del año. Por otro lado, las velas muestran que en el miércoles, viernes y domingo negros sí se llegó a unos mínimos pronunciados que respaldan el efecto negativo de la crisis sobre el valor del Bitcoin. Con respecto a las Bandas de Bollinger, hay una ruptura de las mismas en la fecha exacta del comienzo de las restricciones, a fecha 19 de mayo de 2021.

Sin lugar a dudas, el **MACD** ha sido la herramienta más provechosa de este estudio. Esto se debe a que es muy completa al agrupar las medias móviles junto con los osciladores. Además, teniendo en cuenta que el Bitcoin es un activo bastante volátil, este indicador es perfecto para señalar las potenciales variaciones en el mercado, indicando de manera precisa los periodos de mayor fuerza o *momentum*. Este indicador muestra como durante la crisis, la línea principal se encontraba muy separada de la línea cero por abajo, denotando una gran volatilidad; por lo que se puede afirmar que sí que predijo la crisis. El mayor *momentum* de esta etapa de recesión ocurrió durante el domingo negro, 13 de mayo, y después fue disminuyendo hasta a que a finales de julio cambió de tendencia.

## SEGUNDO CAPÍTULO-Ajuste de datos a funciones

Este segundo capítulo tiene como fin el cálculo de funciones que se acerquen de la mejor manera a una determinada data. Observando la representación gráfica y mediante la obtención del coeficiente “R<sup>2</sup>”, se logrará adquirir la mejor estimación con el error cuadrático más pequeño alcanzable. La fórmula del error cuadrático está compuesta de una división, cuyo numerador es conseguido a través de la suma al cuadrado de la estimación de los precios menos la media de los mismos, y con un denominador donde hay otra adición elevada a dos en la que se deduce de nuevo la media al precio real. O lo que es lo mismo, restarle a 1 la varianza residual (la desviación típica al cuadrado) entre la varianza total o de la variable. Los resultados más favorables son aquellos que se aproximen más a 1, pudiendo ser como mínimo 0.

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{RES}}{SS_{TOT}} = 1 - \frac{\sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_i (y_i - \bar{y}_i)^2}$$

Varianza residual

Varianza total

Este análisis se ha hecho en base a los datos recogidos de los precios diarios del Bitcoin en sus diferentes fases de vida en el mercado de las criptomonedas. Excel y Matlab han sido los programas empleados para lograr las funciones con el “R<sup>2</sup>” más óptimo, con la ayuda de un primer cálculo matricial de regresiones lineales.

Tres etapas forman la sucesión cronológica de los precios:

- La etapa 1: Pre-Restricciones
- La etapa 2: Crisis de las Restricciones
- La etapa 3: Post-Restricciones

En último lugar, realizaremos un estudio del Bitcoin con *machine learning* para después obtener una función óptima con la que realizar unos Intervalos de Confianza con Matlab. Para ello utilizaremos la vida completa del Bitcoin.

## 2.1 Etapa 1

La primera fecha usada es el 13 de diciembre de 2012. Esto es debido a que poco después, en el año 2013, ocurre el primer incremento relevante en la historia del Bitcoin. A partir de lo anterior el precio sufre varias variaciones a lo largo de los años, aumentando progresivamente. De la misma manera, también hay algún periodo de deceleración como en 2018. Aun así, está claro que la pendiente es cada vez mayor, provocando fluctuaciones más notables. Esta etapa termina a principios de mayo de 2021, concretamente el día 1, puesto que posteriormente acaece la crisis de las restricciones en China. En total se recogerá información de 8 años y medio desde el primer número hasta el último. Esta muestra contiene 80 precios, seleccionados por tratarse de máximos, mínimos e instantes relevantes en la vida de la criptomoneda (mírese el ejemplo del Anexo 5).

Con el objetivo de conseguir una suavización de la pendiente, de tal forma que no se acentúe demasiado, se ha elegido una unidad temporal de horas para este análisis. La razón de esto es que el coeficiente de la función que afecta a la variable independiente se verá reducido en 24 veces, puesto que la medida normalmente utilizada es la de los días. De esta manera conseguimos una mejor constatación de la información, sin estar enormemente afectada por grandes fases de volatilidad. Es oportuno entonces que todas las tres etapas usen la misma medida de tiempo horaria, a fin de no generar ningún tipo de disparidad trascendente. Así, entre la fecha inicial y la final hay un total de 73440 horas en esta primera etapa. Por consiguiente, tenemos una relación, por medio de las magnitudes del precio ( $p$ ) y del tiempo ( $t$ ), que forma la línea cuya conveniencia dependerá de su acercamiento con los puntos. El cálculo de matrices será el primer procedimiento llevado a cabo.

### 2.1.1 Cálculo de matrices

La letra  $N$  denota el número de datos recogidos por la muestra, que en este caso es 80. La fórmula usada es:  $Y = A + BX$ , donde  $Y = p$  o precio y  $X = t$  o tiempo.

La ecuación es equivalente a  $\sum Y_i = A + B \sum X_i$

El cómputo de matrices se realizará así de la siguiente forma:

$$\begin{bmatrix} N & \Sigma X_i \\ \Sigma X_i & \Sigma X^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma Y_i \\ \Sigma XY \end{bmatrix}$$

Los coeficientes A y B son obtenidos mediante la multiplicación de la inversa de la matriz M, dispuesta en el principio de la ecuación, por la matriz Y, representada en el lado derecho de la igualdad. Este producto obtiene conjuntamente el punto donde corta la recta (A) y la inclinación o pendiente (B).

M equivale a	80	4424784	1302328,6	$\Sigma p_i$
	4424784	2,7453E+11	8,7316E+10	$\Sigma p_t$
M' equivale a	0,11517523	-1,8564E-06	Constantes	-12094,7503
	-1,8564E-06	3,3563E-11		0,51299874

En consecuencia, los coeficientes son **A= -12094,7503** y **B= 0,51299874**. Finalmente, la fórmula de la recta de regresión es conseguida:

$$y = 0,51299874x - 12094,7503$$

Se ha elaborado a su vez el cómputo de matrices con la medida de tiempo diaria, con el fin de apreciar la selección de la adecuada unidad temporal.

M equivale a	80	184366	1302328,6	$\Sigma p_i$
	184366	476612122	3,638E+09	$\Sigma p_t$
M' equivale a	0,1151752	-4,46E-05	Constantes	A -12094,75
	-4,46E-05	1,933E-08		B 12,31197

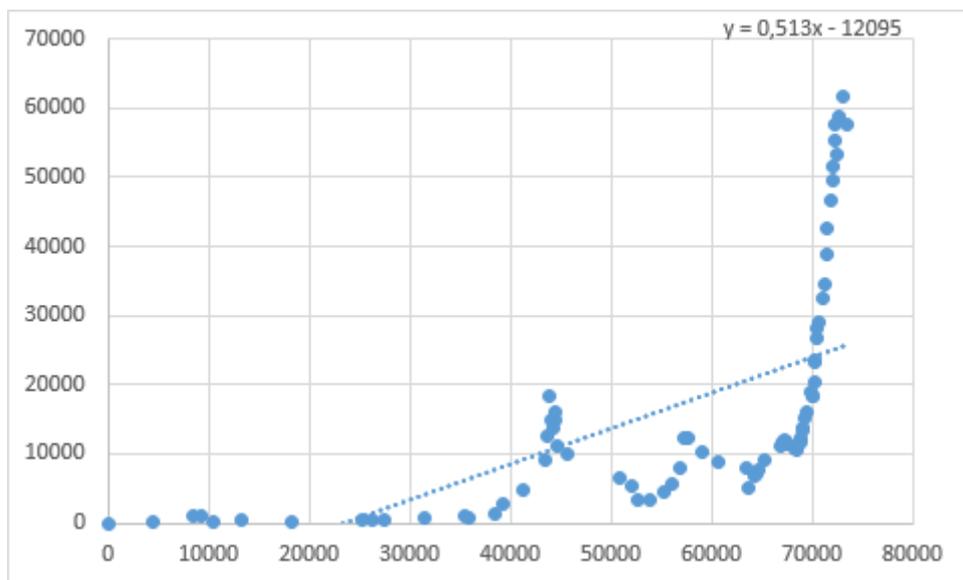
Los posteriores coeficientes son logrados: **A = -12094,7503** y **B = 12,31197**.

Es visible que mientras B es 24 veces mayor que antes, por lo que la proclividad es considerablemente más grande; A permanece de la misma manera que al principio, sin alternar, puesto que el punto de corte con el eje sigue siendo igual que previamente.

### 2.1.2 Cálculo en Excel

La herramienta Excel tiene en sus índices la opción de insertar, donde te aparecen las alternativas de gráficos disponibles. A través de la recolecta de los datos estudiados de las dos variables dependiente (precio) e independiente (tiempo), se ha representado la gráfica. Además, a pesar de que ya se han obtenido los elementos de la ecuación con el cálculo matricial, este programa también facilita la posibilidad de mostrar la línea de regresión junto con su respectiva fórmula.

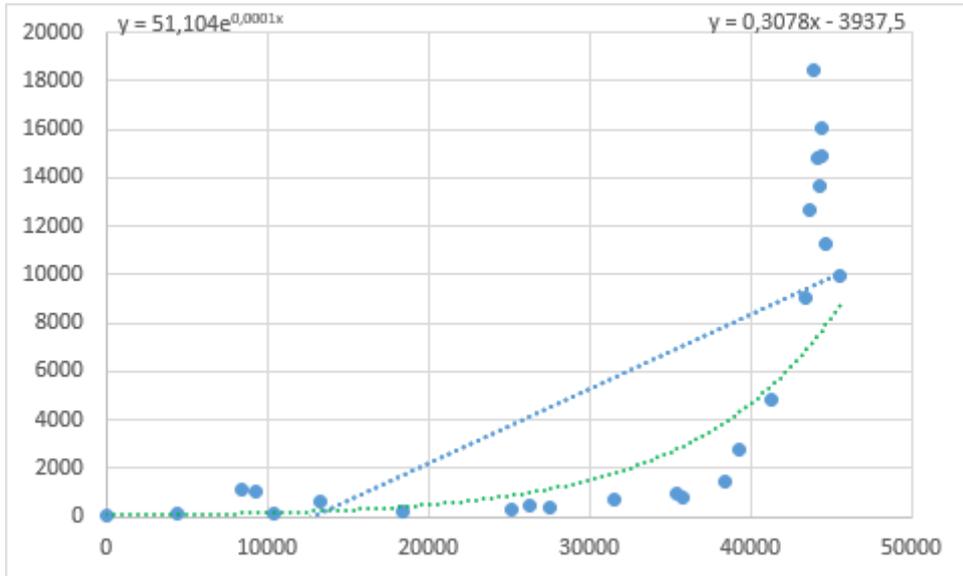
Gráfica 40: Regresión Pre-Restricciones



Fuente: Realización propia con Excel

Claramente, parece que la recta conseguida no es muy ajustada, ya que hay una primera tendencia alcista exponencial de 2012 a 2018, y otra segunda tendencia al alza, más fuerte que la previa, de 2018 a 2021. Es por ello que veremos ambas por separado debido a su interés, terminando con las restricciones en China sobre la criptomoneda.

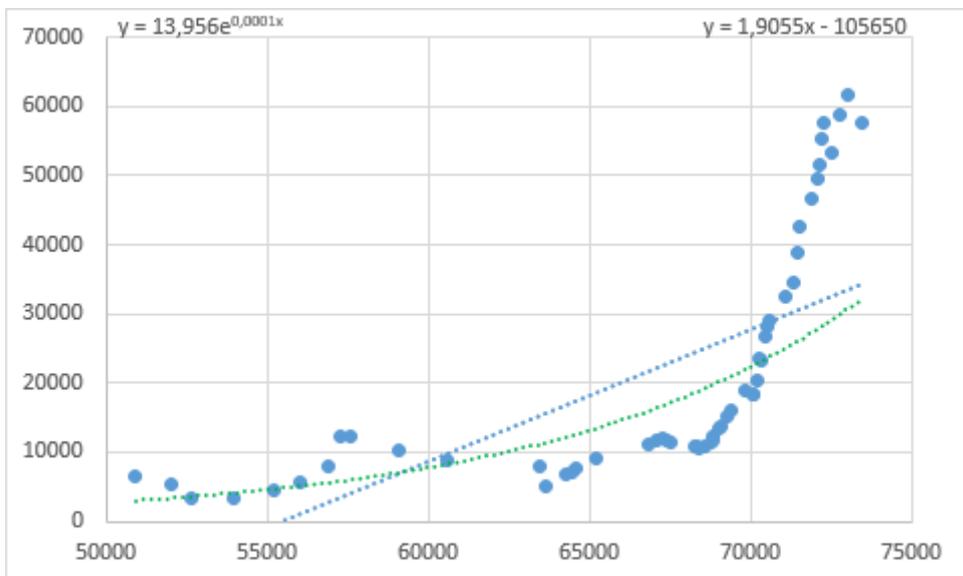
Gráfica 41: Regresión para 13/12/2012-24/02/2018



Fuente: Realización propia con Excel

La gráfica señala como efectivamente la tendencia lineal (en azul), con ecuación  $y = 0,3078x - 3937,5$ , no se ajusta bien. La exponencial (en verde), por otro lado, sí que se aproxima mejor a los puntos; con fórmula  $y = 51,104e^{0,0001x}$ . En la gráfica de 2018 a la crisis de las restricciones es visible el incremento tan sustancial del precio del Bitcoin:

Gráfica 42: Regresión para 04/10/2018-01/05/2021



Fuente: Realización propia con Excel

Haciendo lo mismo en esta segunda fase que en la anterior, tenemos que las líneas azul (función polinómica) y verde (función exponencial), no se ajustan adecuadamente a los puntos establecidos. Sus ecuaciones son  $y = 1,9055x - 105650$  e  $y = 13,956e^{0,0001x}$ , respectivamente. Teniendo comprobado que estas curvas no aparentan ser las que logran la más apropiada optimización, habrá que emplear el programa Matlab con el objetivo de estudiar la exactitud de estas regresiones, y distinguir la relación de magnitudes con el menor error cuadrático posible.

Existe en la herramienta Excel una alternativa llamada ‘Regresión’, dentro del ‘Análisis de datos’, que se activa en las opciones del mismo. Este instrumento de análisis técnico tiene capacidad para enseñar las características de la línea, tales como el error típico o el coeficiente de correlación múltiple, junto con los coeficientes ya estudiados (mírese el ejemplo del Anexo 4).

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,60362851
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,36436738
R <sup>2</sup> ajustado	0,35621824
Error típico	13242,549
Observaciones	80

<i>Coeficientes</i>
-12094,7503
0,51299874

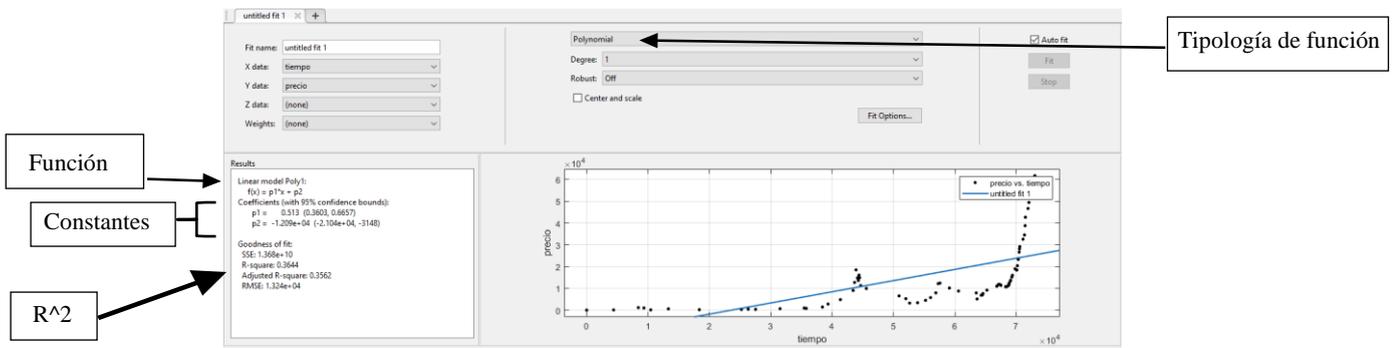
Los coeficientes coinciden con los calculados mediante la gráfica de Excel y el procedimiento de matrices, por lo que son precisos. Por otra parte, el R<sup>2</sup> no es el idóneo, a causa de que se encuentra bastante alejado de 1. Es concluyente que el estudio resultante de la etapa Pre-Restricciones se acerca poco a los datos, de modo que habrá que servirse de otras metodologías para alcanzar la meta propuesta. Posteriormente, la búsqueda de la función más adecuada será retomada.

Finalmente, se ha realizado una estadística descriptiva de los precios utilizando un nivel de confianza del 95%, con lo que conseguiremos explicar y entender los rasgos del conglomerado de datos concreto. Entonces, tenemos que el promedio del Bitcoin alternará entre los extremos 12.662,467 y 19.895,748 con un alfa de 0,05 (mírese el ejemplo del Anexo 2).

### 2.1.3 Cálculo en Matlab

Matlab es un software que nos permitirá obtener la función con el mejor coeficiente de determinación  $R^2$ . Emplearemos una aplicación llamada Curve Fitting dentro del anterior programa con la finalidad de ver su representación gráfica. Para ello, el primer paso será introducir los Excels con los datos recopilados del tiempo y precio del Bitcoin (mírese el ejemplo del Anexo 1).

Gráfica 43: Matlab-Curve Fitting

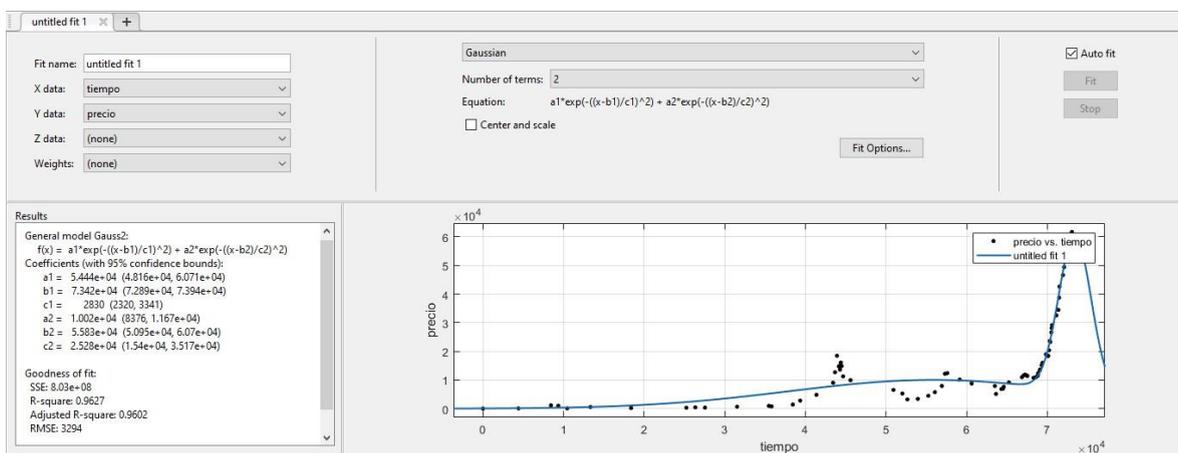


Fuente: Gráfica de Realización propia con Matlab

Se ha logrado el posterior modelo con respecto a la etapa Pre-Restricciones:

- Función gaussiana con dos términos:

Gráfica 44: Matlab-Curve Fitting



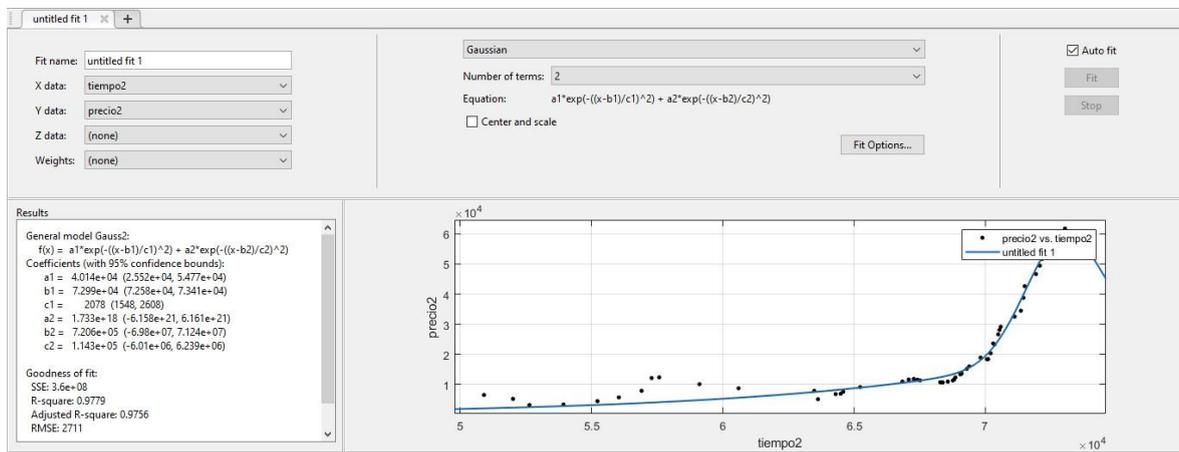
Fuente: Gráfica de Realización propia con Matlab

Finalmente, es comprobable como la función gaussiana tiene un  $R^2$  aún mejor que las anteriores funciones estudiadas, llegando a estar en 0,9627. Por lo tanto, para este lapso de tiempo conjunto de la fase previa a las restricciones en China, nos quedaremos con este último análisis. A continuación, se realizará un estudio del periodo diferenciado en los años finales debido al increíble crecimiento de este.

Así, conseguimos el posterior resultado entre el 04/10/2018 y el 01/05/2021:

- Función gaussiana con dos términos:

Gráfica 45: Matlab-Curve Fitting



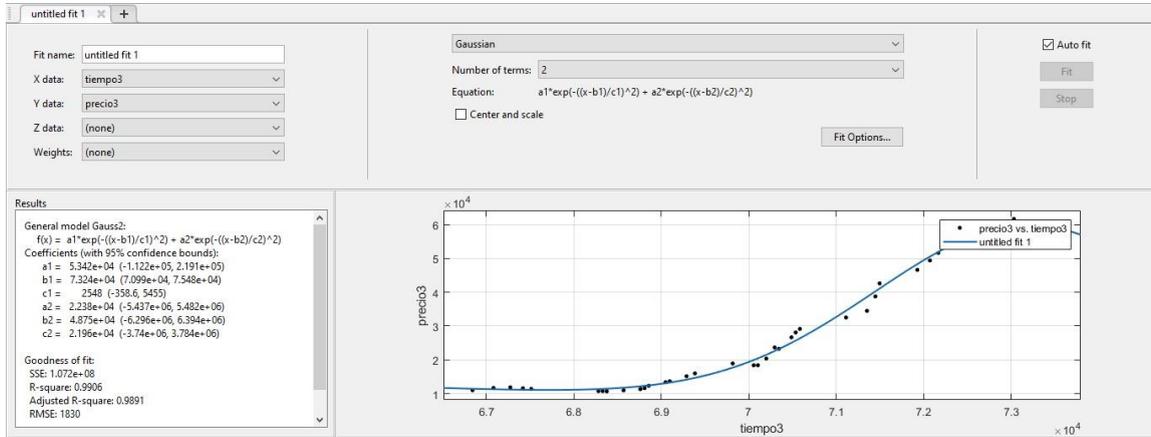
Fuente: Gráfica de Realización propia con Matlab

La función de Gauss muestra la posibilidad de que una variable aleatoria, obtenida de una distribución gaussiana, se localice dentro de la media y z desviaciones típicas por abajo o arriba de esta. La forma más característica de la anterior es la campana. El ajuste es parcialmente superior al de los previamente realizados, por lo que nos quedaremos con este.

Si dividimos esta segunda parte de la vida del Bitcoin antes de las restricciones, cogiendo solamente los años 2020 y 2021, se visualizará aún mejor esta espectacular proclividad al alza:

- Función gaussiana con dos términos:

Gráfica 46: Matlab-Curve Fitting

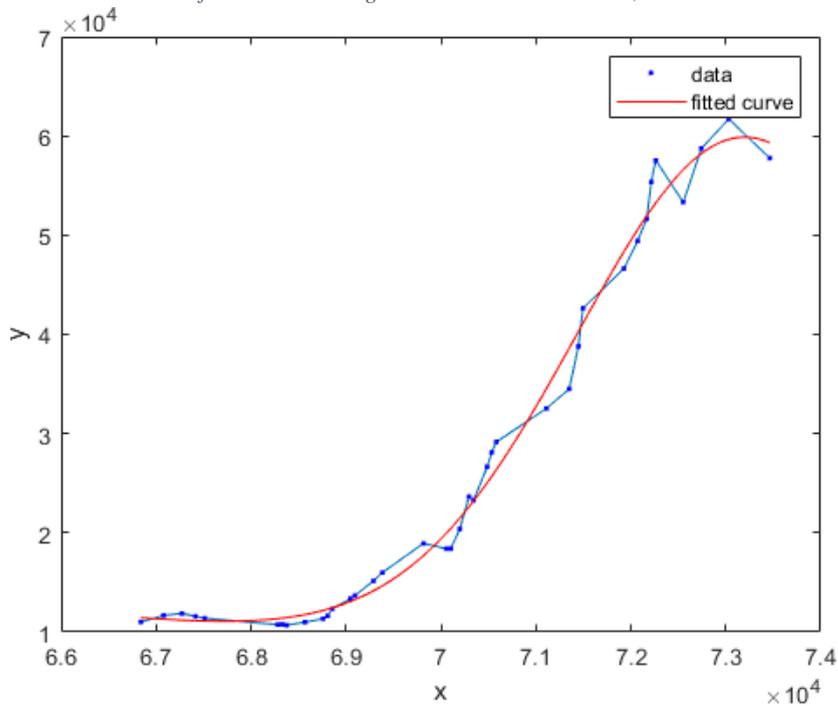


Fuente: Gráfica de Realización propia con Matlab

En última instancia, nos quedaremos con un  $R^2$  que representa una explicación casi perfecta de la variación total de la variable independiente (precio) por el modelo matemático. La ecuación resultante es:

$$y = 5,342e+04 * \exp(-((x-7,324e+04)/2548)^2) + 2,238e+04 * \exp(-((x-4,875e+04)/2,196e+04)^2)$$

Gráfica 47: Función gaussiana con dos términos, 2020-2021



Fuente: Realización propia con Matlab

## 2.2 Etapa 2

La fecha de inicio de esta segunda etapa es el 1 de mayo de 2021, puesto que es en este mes cuando el valor del Bitcoin cae notoriamente; y finaliza el 20 de julio de ese año, con el último mínimo provocado por las secuelas de las medidas restrictivas en el país chino. La muestra utilizada para este transcurso de tiempo es de 35 datos de cada variable. Al igual que en la primera etapa, nos serviremos de la medida temporal horaria, así como de la misma metodología aproximativa.

### 2.2.1 Cálculo de matrices

Con el fin de calcular los coeficientes se utilizará de nuevo la fórmula matricial expuesta en la fase Pre-Restricciones, donde multiplicábamos la matriz inversa por la matriz de la variable dependiente.

M equivale a	35	2601624	1441946,9	$\Sigma p_i$	
	2601624	1,93397E+11	1,0702E+11	$\Sigma p_t$	
M' equivale a	435,2789591	-0,005855482	Constantes	A	993067,1106
	-0,005855482	7,87746E-08		B	-12,80561756

Se consiguen los siguientes elementos constantes: **A= 993067,1106** y **B= -12,80561756**

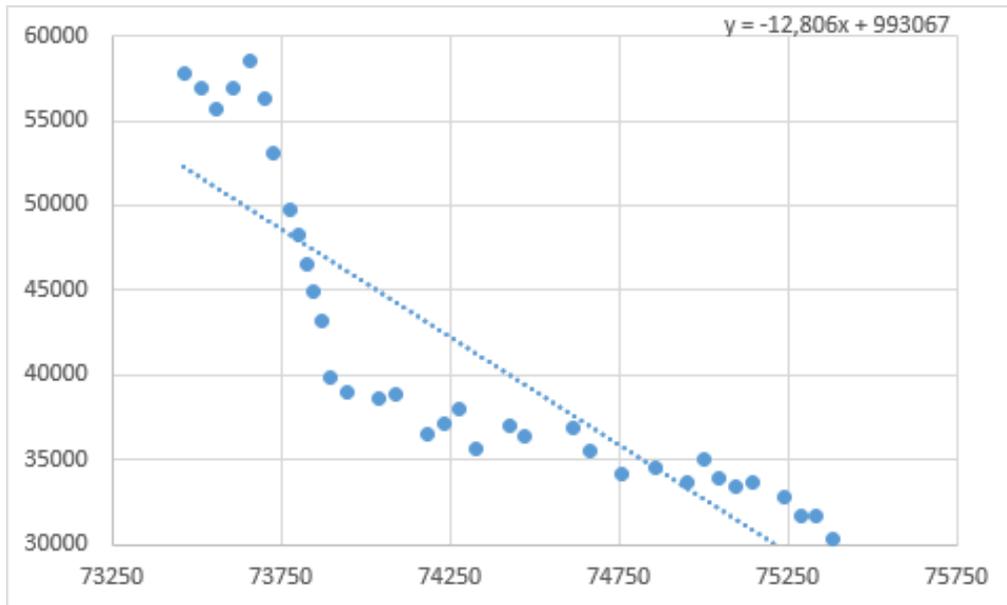
En consiguiente, la fórmula resultante quedaría de la subsiguiente manera:

$$y = -0,140841x + 182,461545$$

### 2.2.2 Cálculo en Excel

Mediante la posibilidad que ofrece Excel de insertar gráficos de dispersión, se han representado a continuación los precios en su momento del tiempo concreto.

Gráfica 48: Regresión Lineal- Crisis Restricciones



Fuente: Realización propia con Excel

Los coeficientes coinciden con los obtenidos previamente, por lo que se confirma el correcto cómputo de los primeros. La línea no aparenta encontrarse del todo acorde con los puntos de la gráfica; sin embargo, gracias a Matlab, lograremos hallar notables mejorías a posteriori.

Una vez más, haremos uso de la herramienta ‘Regresión’ que dispone Excel dentro del apartado ‘Análisis de datos’, para mostrar las estadísticas de la regresión (mírese el ejemplo del Anexo 4).

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,87236304
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,76101728
R <sup>2</sup> ajustado	0,75377538
Error típico	4450,78329
Observaciones	35

*Coefficientes*

993067,1106

-12,80561756

Curiosamente, un ajuste obtenido de 0,76 no es tan pequeño como el que en principio parecía haber en base a la dispersión de los puntos al trazo. No obstante, hay que intentar seguir mejorándolo a través de otras opciones.

Además, se han logrado unos intervalos de confianza de 38.226,921 y 44.170,045, con un nivel de confianza del 95% (mírese el ejemplo del Anexo 2). Esto es, que hay una gran probabilidad de que la media en dólares del Bitcoin para esta etapa se encuentre entre estos extremos.

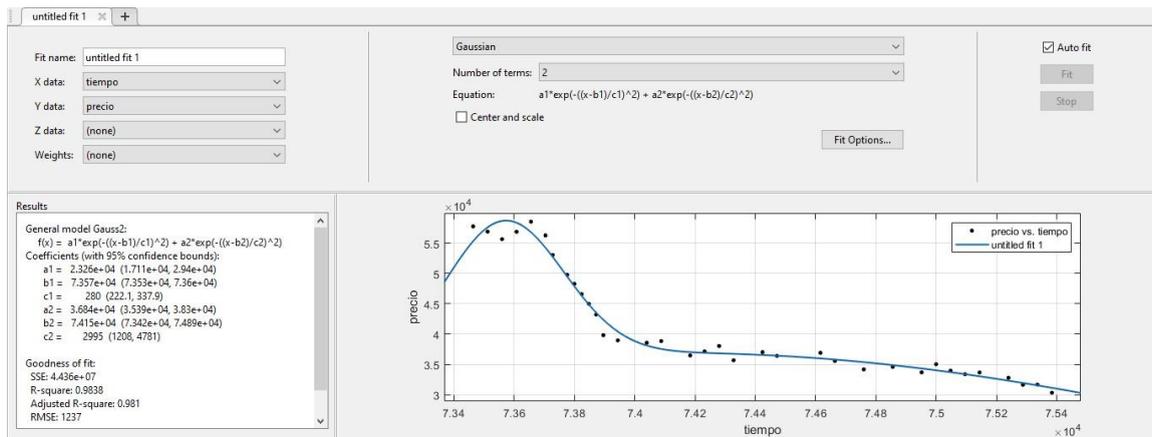
### 2.2.3 Cálculo en Matlab

Cabe aclarar que, pese a que la fecha de inicio de esta etapa es el 1 de mayo, la fecha exacta de comienzo de las restricciones en China es el día 19 del mismo mes. Con lo cual, se analizará en primer lugar todo el periodo conjunto y, después, examinaremos esta segunda fase de crisis de manera más detenida, siendo esta última la más relevante para el estudio.

Se ha conseguido el subsecuente resultado en esta segunda etapa de la vida del Bitcoin:

- Función gaussiana con dos términos:

Gráfica 49: Matlab-Curve Fitting



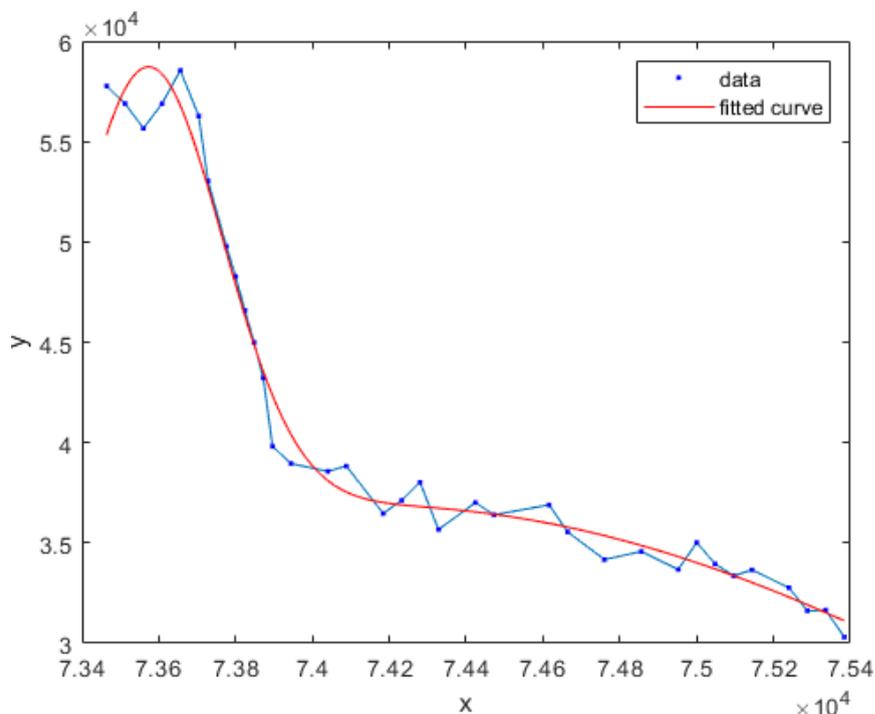
Fuente: Realización propia con Matlab

Una vez probada multitud de opciones, como polinómicas, potenciales o exponenciales; es concluyente que la optimización del ajuste es lograda por esta función, teniendo un  $R^2$  de 0,98. La ecuación obtenida es la siguiente:

$$y = 2,326e+04 \cdot \exp(-((x-7,357e+04)/280)^2) + 3,684e+04 \cdot \exp(-((x-7,415e+04)/2995)^2)$$

Representación gráfica:

Gráfica 50: Función gaussiana con dos términos, Crisis Restricciones

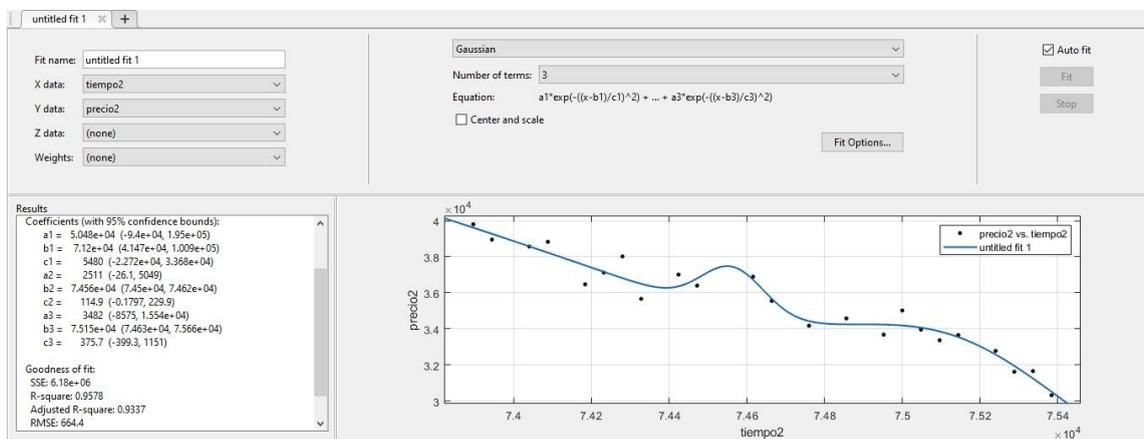


Fuente: Realización propia con Matlab

En esta fase del 19 de mayo al 20 de julio se han hallado las posteriores gráficas para el análisis de los ajustes:

- Función gaussiana con tres términos:

Gráfica 51: Matlab-Curve Fitting



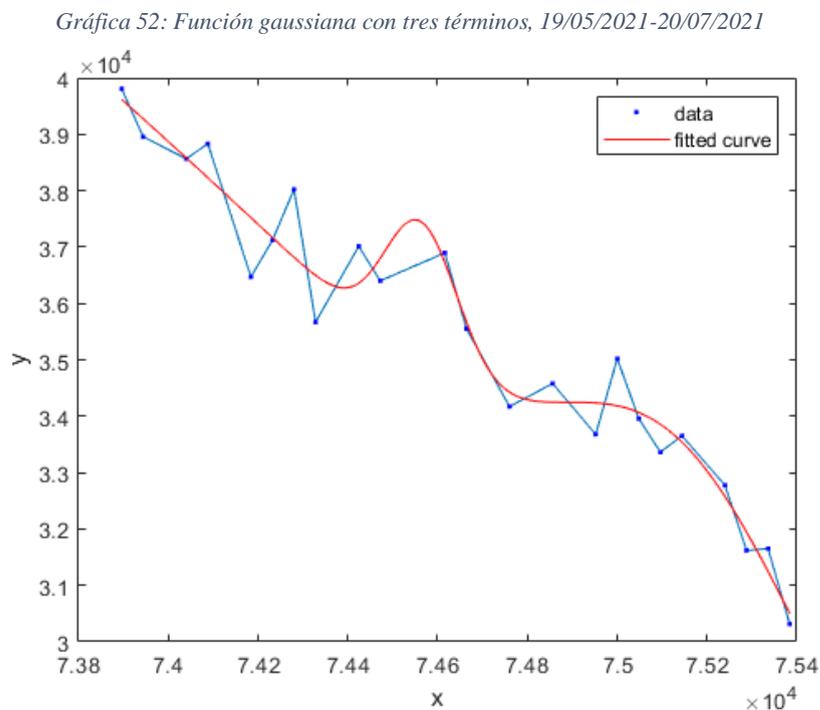
Fuente: Realización propia con Matlab

Finalmente, esta función de Gauss nos permitirá conseguir un muy buen ajuste al tener un coeficiente de determinación de 0,9578. El trazo tiene muchos momentos en los que

toca con varios puntos. Aun así, nos quedará una ecuación todavía más larga que las previamente vistas, teniendo un total de 9 elementos constantes distintos:

$$y = 5,048e-04 * \exp(-((x-7,12e+04)/5480)^2) + 2511 * \exp(-((x-7,456e+04)/114,9)^2) + 3482 * \exp(-((x-7,515e+04)/375,7)^2)$$

Representación gráfica:



Fuente: Realización propia con Matlab

### 2.3 Etapa 3

La etapa Post-Restricciones inicia el día 20 de julio de 2021, última fecha de la declinación progresiva del valor del Bitcoin por la crisis; y finaliza el 10 de noviembre del mismo año, jornada en la cual se da por terminada la proclividad al alza. Se ha empleado una muestra de n=40 para este periodo, junto con la reiterada unidad temporal de las horas. Es conveniente puntualizar que este transcurso de tiempo tiene dos tendencias alcistas con una corrección entremedias. Así, realizaremos un análisis de toda la etapa al completo, y más adelante veremos por separado estas dos fases de incremento de los precios de la reconocida criptomoneda.

### 2.3.1 Cálculo de matrices

Hemos utilizado las metodologías expuestas en los apartados anteriores con el fin de analizar la información recolectada (mírese el ejemplo del Anexo 5).

M equivale a	40	3071352	2000038,1	$\Sigma p_i$		
	3071352	2,35857E+11	1,53839E+11	$\Sigma p_t$		
M' equivale a	216,9066454	-0,002824576	Constantes	A		-708714,1261
	-0,002824576	3,67861E-08		B		9,881186898

De este modo, alcanzamos unos coeficientes tal que **A= -708714,1261** y **B= 9,881186898**.

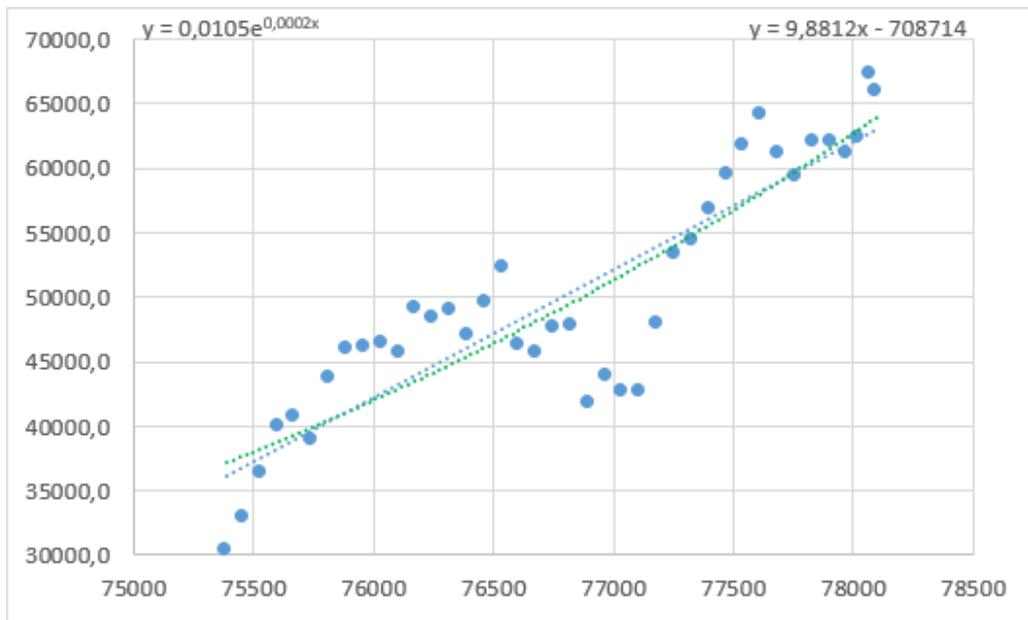
La igualdad obtenida es la siguiente:

$$y = 9,881186898x - 708714,1261$$

### 2.3.2 Cálculo en Excel

A continuación, aparece la representación del periodo completo:

Gráfica 53: Regresión tercera etapa



Fuente: Realización propia con Excel

El trazo azul (polinómica) y el verde (exponencial) son bastante similares. Al apreciarse que ninguno de los previos tiene una óptima aproximación a los puntos, habrá que buscar en el programa Matlab la función que mejor logre este objetivo. Por otra parte, se afirma el cómputo correcto de los coeficientes al obtener la misma ecuación que en el proceso matricial.

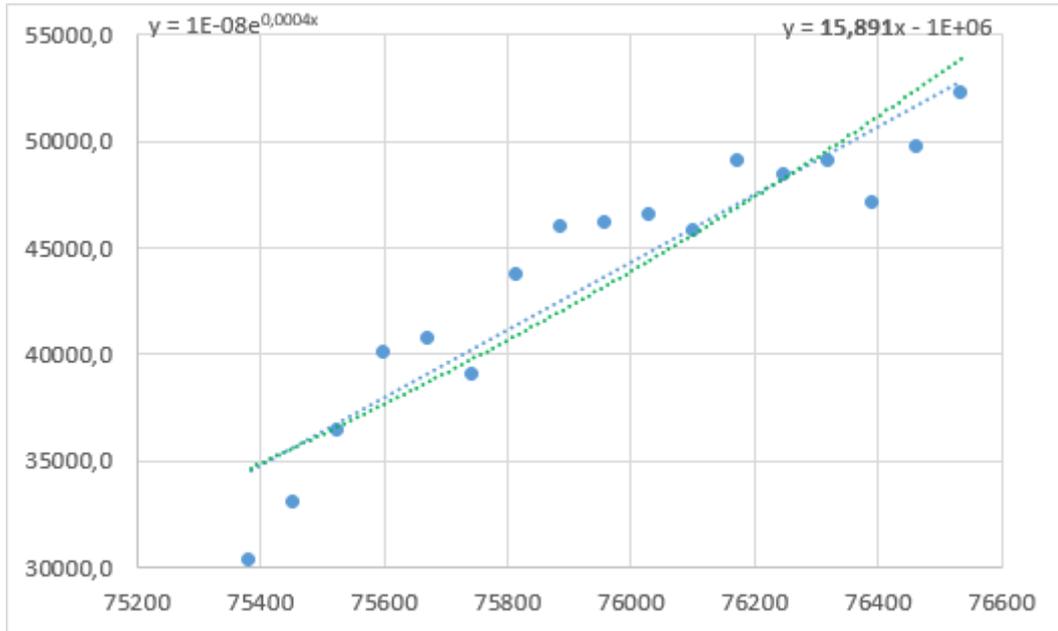
La herramienta ‘Regresión’ del ‘Análisis de datos’ nos permite una vez más conseguir las posteriores estadísticas (mírese el ejemplo del Anexo 4).

Estadísticas de la regresión		Coeficientes	
Coefficiente de correlación múltiple	0,88495894		
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,78315232		
R <sup>2</sup> ajustado	0,77744581		
Error típico	4397,74236		
Observaciones	40		
			-708714,1261
			9,881186898

Parece ser que el ajuste no es pésimo, con un R<sup>2</sup> de 0,78. No obstante, todavía se espera lograr una mejora significativa con los estudios que se van a realizar a posteriori. Por otro lado, es relevante señalar otra vez que los coeficientes calculados con los distintos procesos coinciden entre sí.

La gráfica de la primera tendencia alcista es la presentada posteriormente:

Gráfica 54: Regresión para 20/07/2021-06/09/2021

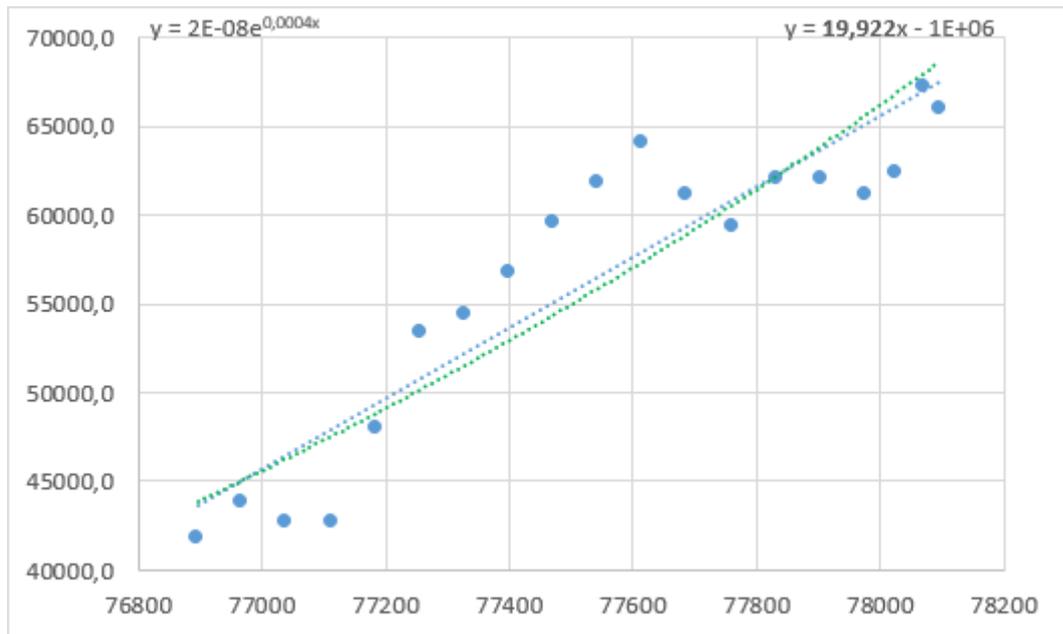


Fuente: Realización propia con Excel

Aparentemente, ambas líneas siguen siendo muy parecidas. Sin embargo, estas están más cerca de los puntos, por lo que el ajuste será notoriamente mejor. Más adelante con Matlab, elegiremos aquella función que tenga el  $R^2$  más elevado entre una multitud de alternativas.

La segunda tendencia alcista queda representada de la subsiguiente manera:

Gráfica 55: Regresión para 21/09/2021-10/11/2021



Fuente: Realización propia con Excel

Viendo la pendiente de la segunda tendencia es perceptible como esta es más elevada que en la primera, por lo que el incremento fue mayor en este lapso de tiempo. Esta comprobación se realiza mediante la observación del coeficiente que acompaña a la variable dependiente en las respectivas ecuaciones polinómicas, señalado en negrita en las gráficas 75 y 76.

### 2.3.3 Cálculo en Matlab

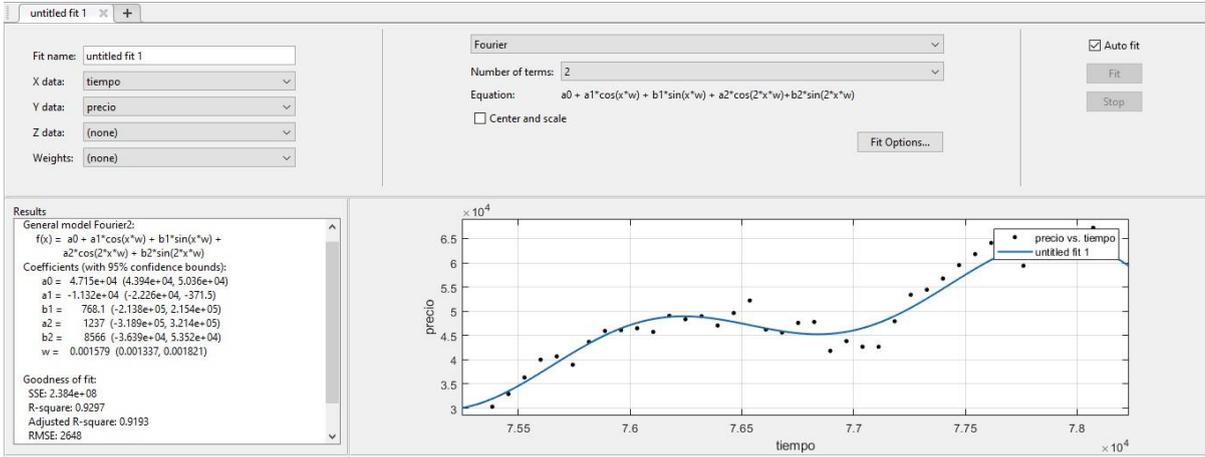
Este análisis estará separado en tres secciones:

- Etapa 3
- 1° tendencia alcista
- 2° tendencia alcista

Etapa 3:

- Análisis de Fourier con dos términos:

Gráfica 56: Matlab-Curve Fitting

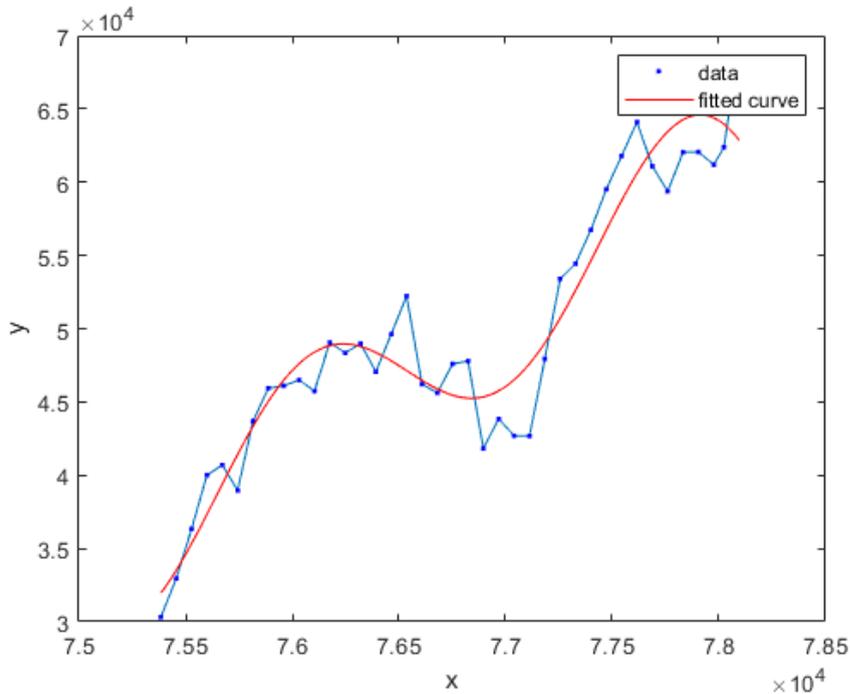


Fuente: Realización propia con Matlab

Aquí, el coeficiente de determinación es notablemente mejor que en el resto de funciones empleadas, por la que nos quedaremos con esta última. Su fórmula queda expresada de la subsecuente forma:

$$y = 4,715e+04 - 1,132e+04 * \cos(x * 0,001579) + 768,1 * \sin(x * 0,001579) + 1237 * \cos(2 * x * 0,001579) + 8566 * \sin(2 * x * 0,001579)$$

Gráfica 57: Análisis de Fourier con dos términos, Post-Restricciones

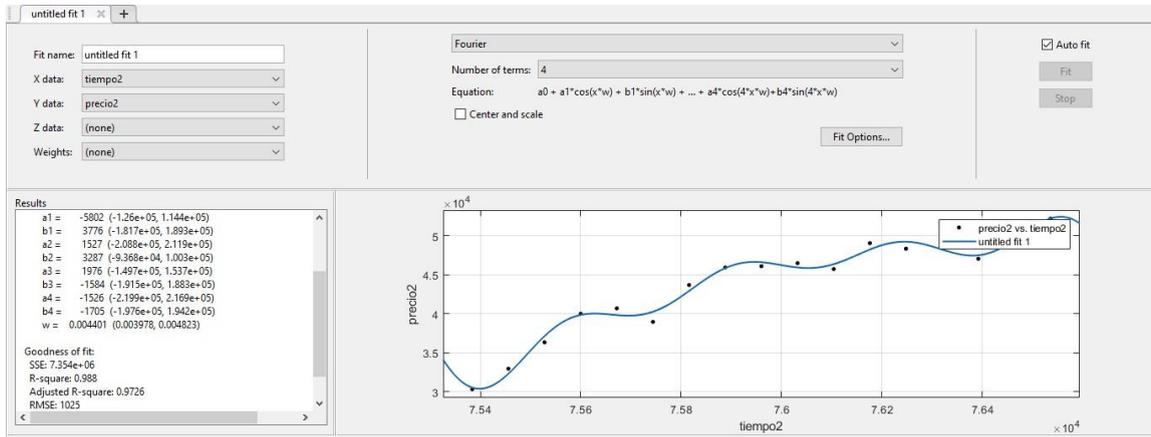


Fuente: Realización propia con Matlab

1º tendencia alcista:

- Análisis de Fourier con cuatro términos:

Gráfica 58: Matlab-Curve Fitting



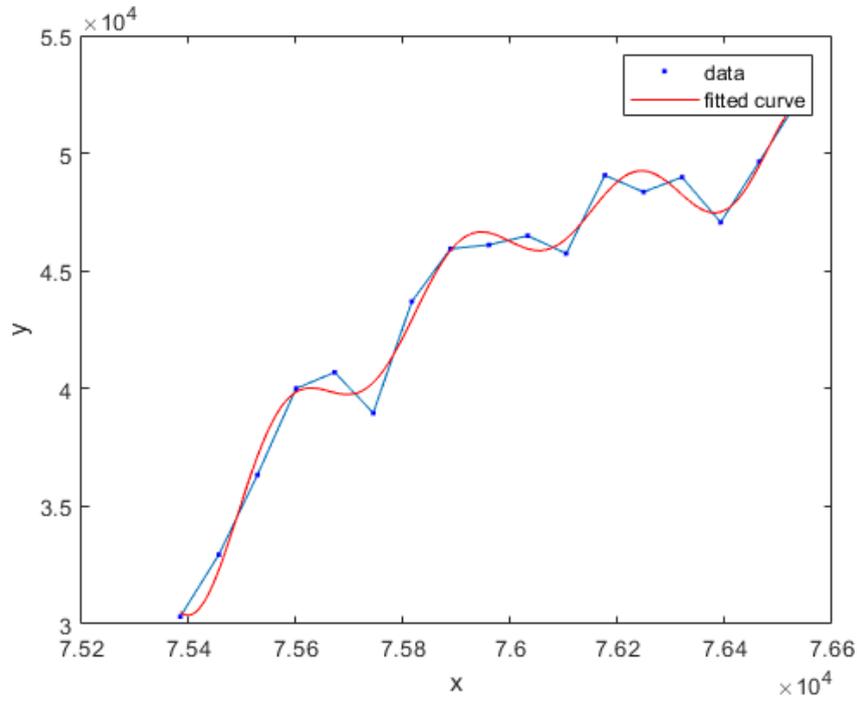
Fuente: Elaboración propia con Matlab

Es concluyente que la elección más idónea es esta, con un coeficiente de determinación prácticamente de 1, exactamente de 0,988. La línea tiene una excelente aproximación a los puntos, llegando a hacer contacto con los mismos en múltiples instantes. La fórmula final conseguida, con sumas trigonométricas simples, es la posteriormente mostrada:

$$y = 4,365e+04 + -5802 \cdot \cos(x \cdot 0,004401) + 3776 \cdot \sin(x \cdot 0,004401) + 1527 \cdot \cos(2 \cdot x \cdot 0,004401) + 3287 \cdot \sin(2 \cdot x \cdot 0,004401) + 1976 \cdot \cos(3 \cdot x \cdot 0,004401) - 1584 \cdot \sin(3 \cdot x \cdot 0,004401) - 1526 \cdot \cos(4 \cdot x \cdot 0,004401) - 1705 \cdot \sin(4 \cdot x \cdot 0,004401)$$

Así, gráficamente la función quedaría de esta manera:

Gráfica 59: Análisis de Fourier con cuatro términos, 1º tendencia alcista

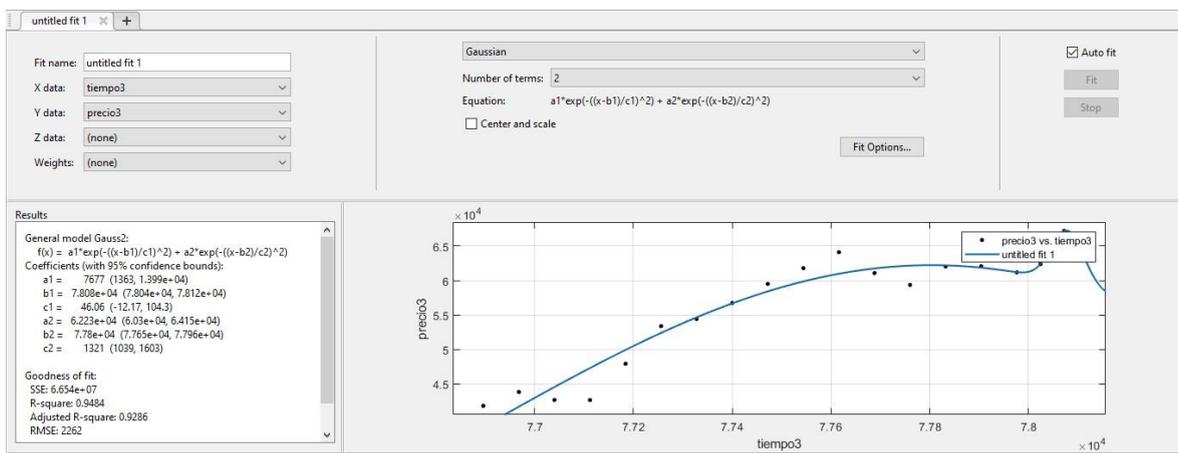


Fuente: Realización propia con Matlab

2º tendencia alcista

- Función gaussiana con dos términos:

Gráfica 60: Matlab-Curve Fitting

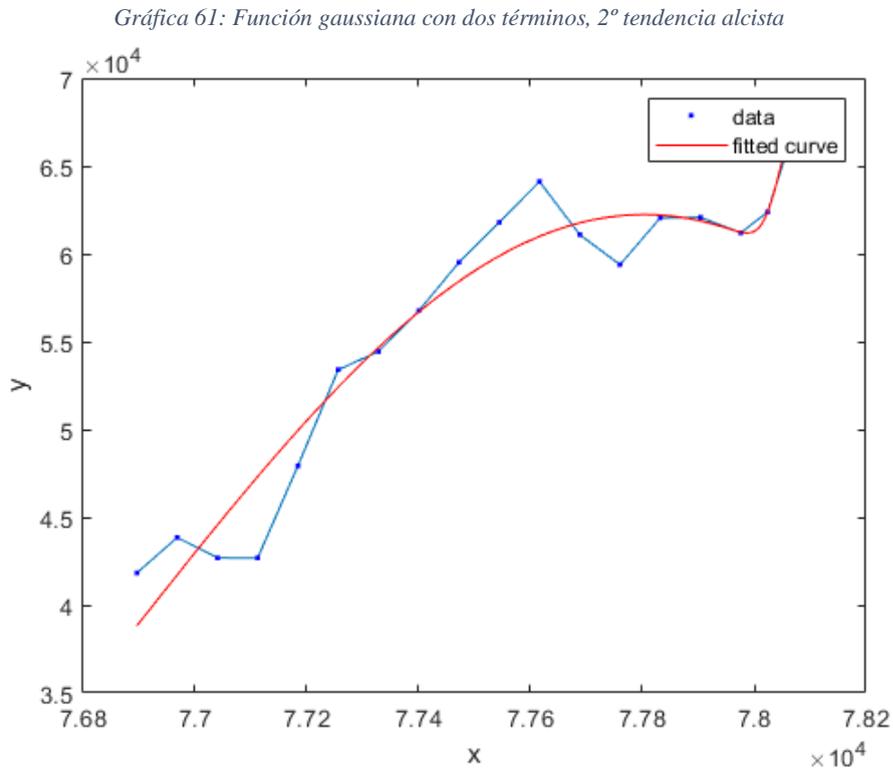


Fuente: Realización propia con Matlab

Volvemos a encontrarnos con una función de Gauss que presenta un R<sup>2</sup> por encima de 0,9. Obviamente, este resultado es excelso, con una proximidad sobresaliente a las señales del precio y tiempo. Así, esta será la elección finalmente escogida, cuya ecuación es:

$$y = 7667 * \exp(-((x - 7,808e+04) / 46,06)^2) + 6,223e+04 * \exp(-((x - 7,78e+04) / 1321)^2)$$

Entonces, tenemos que gráficamente la función es representada así:



Fuente: Realización propia con Matlab

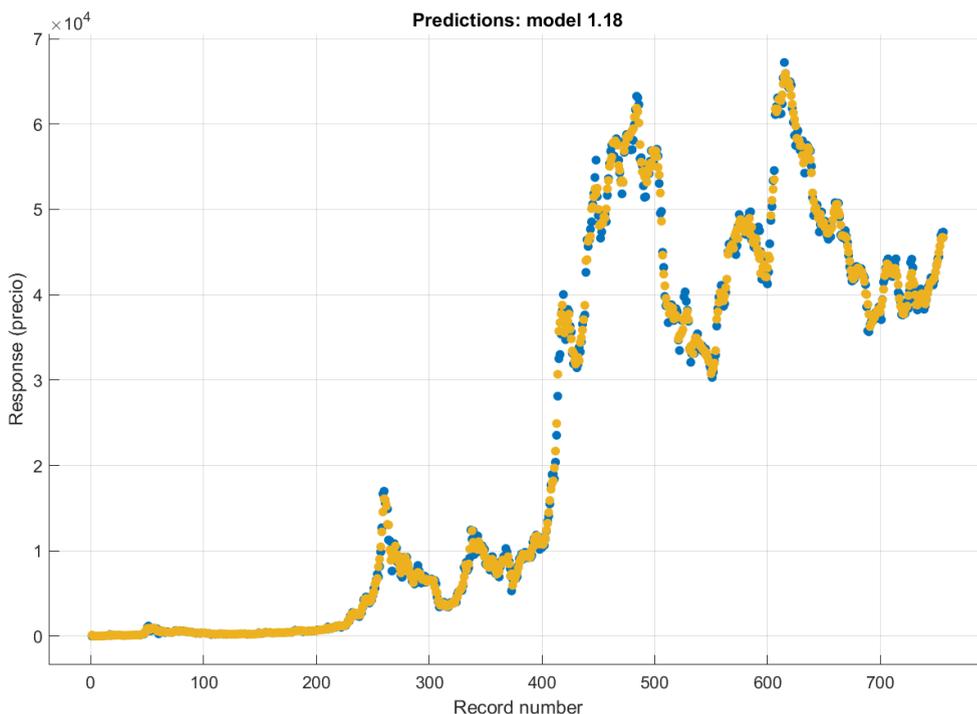
## 2.4 Machine Learning e Intervalos de Confianza

*Machine learning* es una clase de inteligencia artificial que se caracteriza por el aprendizaje a través de la experiencia. Este resulta de mucha utilidad cuando no se tiene una ecuación o fórmula que explique el sistema en un problema complejo, que necesitaría de una cantidad importante de información. El *machine learning* es muy apropiado para realizar análisis de datos en constante cambio, como es el caso del Bitcoin. Esta herramienta se sirve de dos técnicas distintas, que son el Unsupervised Learning y el Supervised Learning. Mientras que la meta del primero son los patrones escondidos de un conjunto de datos introducidos, el segundo tiene de objetivo un modelo de datos de output e input inciertos que estudia la evolución del precio. En este caso nos serviremos de este último tipo (ver 19 y 20).

Con el fin de evaluar los datos del Bitcoin a través de la elección del mejor modelo, nos apoyaremos en la aplicación Regression Learner dentro de Matlab. Usaremos los datos de la criptomoneda desde el año 2012 al 2022, reflejando su etapa bursátil al completo. Mediante esta app podremos examinar la data, seleccionar las características, concretar sistemas de validación, optimar los hiper-parámetros y medir los resultados del modelo.

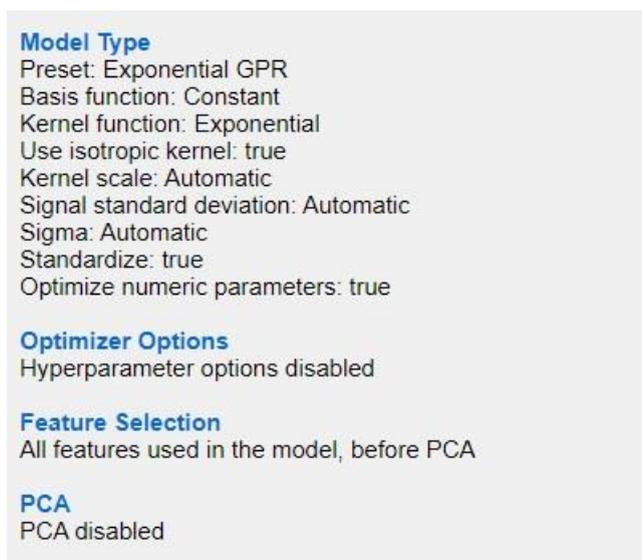
De esta manera, empezando una nueva sesión hay que elegir de primera mano la data set variable que queremos utilizar, que en este caso es el tiempo. Lo que trataremos de evaluar en esta prueba será el precio medio. Una vez hecho esto, estudiaremos qué tipo de modelo de *machine learning* se adecúa mejor a nuestra información, tal que hay multitud de variedades como el conjunto de regresión de árboles, la regresión lineal, las máquinas de soporte de vector o el proceso gaussiano, entre un total de 40. Matlab ofrece la posibilidad de seleccionar todos los modelos al mismo tiempo, y elegimos aquel que tenga el menor RMSE en la lista de la historia; que en este ejemplo es el proceso de regresión gaussiana con un valor de 808,9 y  $R^2$  de validación en 1. Así, tenemos el ajuste de la misma en la gráfica 62, junto con sus características en la gráfica 63.

Gráfica 62: Matlab- Machine Learning



Fuente: Realización propia con Matlab

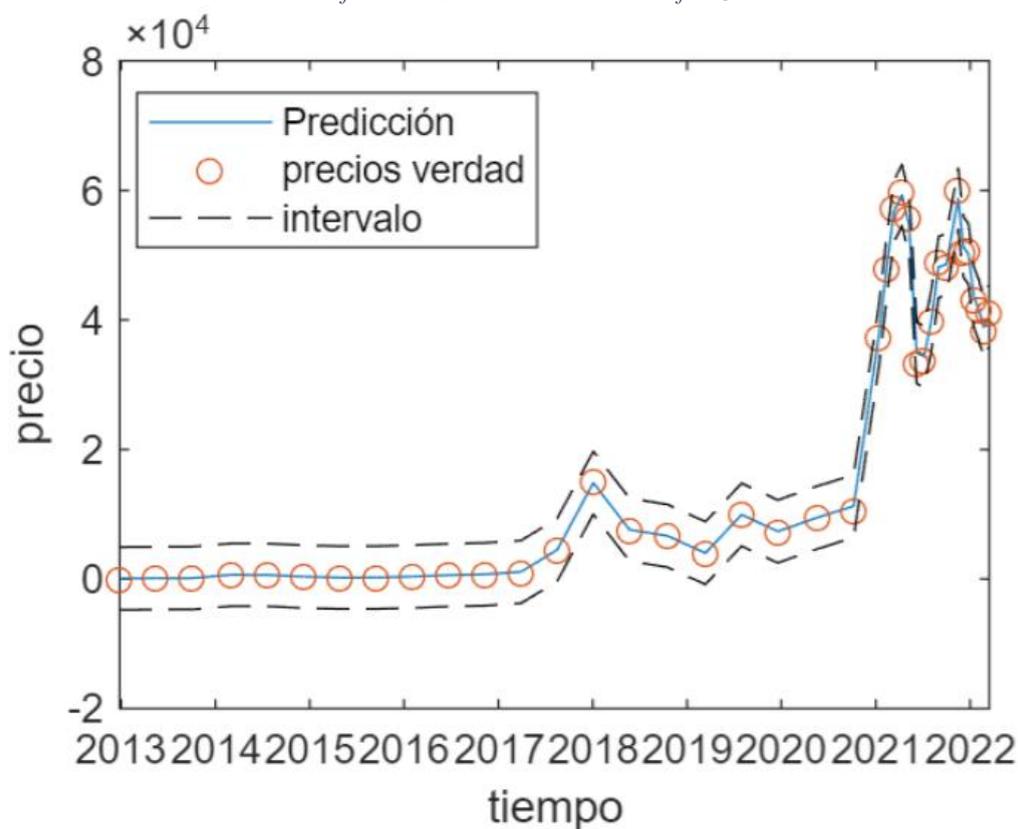
Gráfica 63: Matlab-Machine Learning



Fuente: Realización propia con Matlab

Una vez hecho esto realizaremos un intervalo de confianza del precio a través de esta función obtenida (gráfica 64). Esto quiere decir que hay mucha probabilidad de que nuestro precio se encuentre entre el intervalo de arriba y el de abajo.

Gráfica 64: Matlab-Intervalo de Confianza



Fuente: Realización propia con Matlab

## 2.5 Conclusiones finales

En general la **función gaussiana** ha funcionado excelentemente para las distintas tres etapas. Esta forma de arco de la anterior ecuación se da por grandes cambios en los precios, donde se pasa a nuevos máximos o mínimos (gráficas 47, 50, 52, 61 en las páginas 56, 60, 61, 69 respectivamente). En la primera etapa de Pre-Restricciones, la función exponencial logra un buen ajuste, así como la de potencia; sin embargo, es la de Gauss con dos términos la que termina por escogerse. A continuación, en el propio periodo de restricciones, aunque se aprecia que las polinómicas y Fourier se ajustan de manera correcta, son las gaussianas de dos y tres términos las que prevalecen. En último lugar, en la tercera etapa a diferencia de las previas, parece ser que el Análisis de Fourier también logra la optimización idónea, tras haber probado diversas alternativas entre polinómica, exponencial y gaussiana. Por último, gracias a *machine learning* hemos obtenido un modelo gaussiano que explica muy bien los datos del Bitcoin a lo largo de su vida; y con el que más adelante hemos desarrollado unos intervalos de confianza para ver la situación de su precio.

## TERCER CAPÍTULO- Análisis estadístico

El análisis estadístico que vamos a realizar se centrará en la comparación del movimiento del valor de la anterior, con respecto a otras criptodivisas, el activo refugio del oro y empresas de índole tecnológica. Para ello emplearemos la herramienta del coeficiente de correlación. Por supuesto, nos serviremos de la referencia bibliográfica mencionada al principio del trabajo de fin de grado (ver 6,15).

### 3.1 Comparación de Bitcoin con valores de interés y relacionados:

La información empleada se ha extraído de las plataformas de Investing y Google Finance. Así, logramos una precisa recolección de data que probablemente sería más difícil de conseguir de otra manera. Los datos se han cogido desde el 1 de mayo de 2021, puesto que es en este mes cuando comienza esta gran deceleración del valor, hasta el 20 de julio del mismo año, jornada que marca el final definitivo de esta tendencia a la baja.

#### 3.1.1 Bitcoin-Ethereum-Cardano

Ethereum y Cardano han sido las criptomonedas seleccionadas para realizar este análisis. Previamente a la ejecución del estudio se hará una pequeña introducción de ambas monedas digitales, mostrando por qué es atractivo llevar a cabo una comparativa de las mismas.

En primer lugar, es de vital importancia puntualizar que realmente Ethereum y Cardano no son activos digitales en sí, sino sistemas de *blockchain* cuyas monedas representativas son el Ether y el Ada, respectivamente. Es por ello que de ahora en adelante se hará referencia concretamente a estas últimas.

El Ether fue creado por el programador ruso Vitalik Buterin en el año 2015. Su sistema de cadena de bloques representa una segunda generación puesto que permite ir más allá de simplemente intercambiar dinero, como es el caso del Bitcoin, e introduce la posibilidad de manejar contratos inteligentes de préstamos o seguros, entre muchas operaciones financieras. De la misma manera, se utilizan los *smart contracts* con el propósito de establecer las condiciones en el acuerdo. Una característica que comparte con el BTC es que su creación depende también de un proceso de minería.

Ada, por otro lado, utiliza una prueba de participación para desarrollarse, que difiere completamente de la resolución algorítmica a realizar por los mineros. Su año de lanzamiento fue el 2017 y su creador es el matemático estadounidense Charles Hoskinson. Esta surge con la idea de ofrecer un internet de todas las *blockchain*, donde se permita realizar intercambios directos entre distintas criptomonedas, tal que se podría cambiar un Bitcoin por un Litecoin, por ejemplo. Esto supone ir más allá que los precedentes, llegando a consistir en una tercera generación. Otro rasgo de esta es que utiliza el método del *peer review* en su regulación, de tal forma que cualquier cambio efectuado en su mecanismo estará previamente constatado por expertos.

Excel ofrece la posibilidad de comparar la relación que existe entre el precio de las tres criptomonedas a través de la opción ‘Coeficiente de correlación’ dentro de la sección de ‘Análisis de datos’. Así, se crea una matriz donde aparece la intensidad de relación señalada por una gran similitud, cercano a 1, o una fuerte disparidad, próximo a -1.

- Matiz de correlación de las tres criptomonedas:

*Tabla 2: Correlación entre Bitcoin, Ether y Ada*

	<i>Bitcoin</i>	<i>Ether</i>	<i>Ada</i>
<i>Bitcoin</i>	1		
<i>Ether</i>	0,8847648	1	
<i>Ada</i>	0,9099024	0,8297293	1

*Fuente: Tabla de realización propia con Excel*

Por supuesto, los datos empleados han sido los referentes al ciclo recesivo que tuvo el mercado de criptoactivos durante los meses de mayo, junio y julio. Es observable como las tres divisas digitales tienen una fuerte relación mutua. Con todo, resulta curioso que el Bitcoin tenga una mayor semejanza con el Ada que con el Ether, pese a tener más características en común con la segunda.

¿Cuál es la trampa? Nosotros hemos escogido los datos desde principios de mayo, en función de la progresiva decadencia del valor de monedas virtuales en este lapso, pero en realidad la crisis en China empieza oficialmente el 19 de este mes. De esta manera se ha

hecho otro análisis empezando desde la fecha exacta de las restricciones hasta el 20 de julio.

- Matriz de correlación entre las tres criptomonedas desde el 19 de mayo:

*Tabla 3: Correlación entre Bitcoin, Ether y Ada*

	<i>Bitcoin</i>	<i>Ether</i>	<i>Ada</i>
<i>Bitcoin</i>	1		
<i>Ether</i>	0,8508082	1	
<i>Ada</i>	0,2964077	0,2708504	1

*Fuente: Tabla de realización propia con Excel*

Aquí se puede apreciar verdaderamente el impacto que tuvo este tipo de medidas restrictivas sobre el valor de cada moneda digital. Conviene recordar que una de las prioridades del gobierno chino era, no solo prohibir todo tipo de transacciones con este tipo divisas, sino perseguir el acometimiento del proceso de minería. Es por ello que aquí es visible el gran efecto que tienen estas decisiones sobre el ETH y el BTC, porque China sigue siendo la mayor base minera de todo el planeta. Consecuentemente, en las siguientes figuras se puede apreciar un declive más pronunciado en las monedas del Bitcoin y Ether en comparación al Ada:

*Figura 7: Cotización de Bitcoin*



*Fuente: Realización propia mediante Google Finance*

Figura 8: Cotización de Ether



Fuente: Realización propia mediante Google Finance

Figura 9: Cotización de Ada



Fuente: Realización propia mediante Google Finance

A su vez, también es comprobable como las tres divisas consiguen retomar la tendencia alcista tras estos acontecimientos. De igual manera, aunque se advierte que el conjunto de criptodivisas llegan a nuevos máximos, la inclinación al alza es mucho más pronunciada en el Ada, después en el Ether y finalmente en el Bitcoin.

### 3.1.2 Bitcoin-Oro

El motivo de la comparativa entre el Bitcoin y este mineral amarillo radica en que el primero ha sido denominado muchas veces “oro digital”. Esto es debido a que el BTC tiene muchos elementos en común con el antiguo metal precioso, tales como la capacidad de no ser degradado, ofrecer una diversificación en la cartera de inversión, tener un límite real de oferta, y presentar en principio una protección contra la inflación. En el año 2020, con el progresivo incremento de la adopción del Bitcoin por MicroStrategy y Tesla, entre otros inversores institucionales, su precio experimentó crecimientos increíbles, provocando que los inversionistas dejaran de lado el oro para invertir en esta moneda virtual (ver 4).

Este estudio ha sido realizado a través de los datos importados del apartado oro, sección de materias primas, de la plataforma Investing. Es importante mencionar que existen numerosos factores que afectan al mineral dorado. Uno de estos es la manipulación de los tipos de interés por parte de la Reserva Federal de Estados Unidos. Así, en junio de 2021 los anteriores incrementan por miedo a la subida de los precios del dólar, lo que causa preocupación debido a una posible competencia mayor de activos más rentables como los bonos. Esto provocó que en este mes el valor del oro sufriera una considerable caída, a pesar del incremento sostenido que había tenido desde hace unas semanas previas. Esta precedente subida había sido provocada en su mayoría por el descenso generalizado del sector de las criptomonedas, dando vía libre a distintos activos.

El Bitcoin y oro presentan la posterior correlación durante la etapa de restricciones:

*Tabla 4: Correlación entre Bitcoin y el oro*

	<i>Bitcoin</i>	<i>Oro</i>
<i>Bitcoin</i>	<b>1</b>	
<i>Oro</i>	<b>0,58628829</b>	<b>1</b>

*Fuente: Tabla de realización propia con Excel*

Como se puede observar existe una correlación moderada entre estos dos elementos, en el lapso que va del 19 de mayo al 20 de julio de 2021. La razón de esto es que de manera generalizada los dos precios experimentan un constante declive. No obstante, se ha explicado anteriormente que en el mes de mayo el oro tuvo un relevante aumento, impulsado sobre todo por la caída del Bitcoin; de ahí que la relación no sea tan fuerte. La

misma prueba solo durante el quinto mes del año habría dado sin lugar a dudas una afinidad completamente inexistente, mostrando un resultado totalmente opuesto al de la precedente tabla. Ahora veremos qué coeficiente se obtiene durante el último periodo anual con el fin de comparar la añada entera.

Coeficiente de correlación para el año 2021:

*Tabla 5: Correlación entre Bitcoin y el oro*

	<i>Bitcoin</i>	<i>Oro</i>
<i>Bitcoin</i>	1	
<i>Oro</i>	-0,4616899	1

*Fuente: Tabla de realización propia con Excel*

Mientras que el precio del Bitcoin ha estado creciendo exponencialmente, junto un transcurso de tiempo intermedio de grandes caídas por las restricciones sobre la criptomoneda en China; el valor del oro ha permanecido generalmente constante en el conjunto de los doce meses.

Es de vital trascendencia aclarar que correlación es un término que no expresa lo mismo que causalidad. Por una parte, tenemos que el primero señala la conexión entre dos variables, exhibiendo un movimiento conjunto de ambas. Por otro lado, el segundo implica que una de estas es la causa de la otra, siendo el motivo de su origen. Por consiguiente, aunque se de una relación inversa, esto no quiere decir que el cambio del valor del BTC haya sido provocado necesariamente por la variación en la valía del oro.

Si nos vamos un poco más atrás en el tiempo hasta el inicio del COVID-19, es apreciable como durante los meses de marzo y febrero de 2020 hay una fuerte correlación entre ambos valores:

*Tabla 6: Correlación entre Bitcoin y el oro*

	<i>Bitcoin</i>	<i>Oro</i>
<i>Bitcoin</i>	1	
<i>Oro</i>	0,8243717	1

*Fuente: Tabla de realización propia con Excel*

Esto tiene de motivo un tramo temporal de bajadas globales de los precios en todos los ámbitos, donde en un primer momento estuvieron afectadas las acciones, materias primas y criptomonedas, entre otros activos.

Volviendo de nuevo a los momentos más recientes, concretamente a las circunstancias actuales en los meses de febrero y marzo de 2022, se quiere comprobar el efecto que está teniendo la invasión rusa de Ucrania:

*Tabla 7: Correlación entre Bitcoin y el oro*

	<i>Bitcoin</i>	<i>Oro</i>
<i>Bitcoin</i>	1	
<i>Oro</i>	-0,3274982	1

*Fuente: Tabla de elaboración propia con Excel*

Esta correlación negativa se puede explicar por la inconsistencia del Bitcoin durante estas primeras semanas del conflicto, con bajadas y subidas dispares, en comparación con el equilibrado crecimiento del oro.

Si por el contrario hacemos la misma prueba con empresas tecnológicas, es perceptible que existe una sólida relación, en base al decremento global de esta divisa junto a este tipo de compañías:

*Tabla 8: Correlación entre Bitcoin y Apple*

	<i>Bitcoin</i>	<i>Apple</i>
<i>Bitcoin</i>	1	
<i>Apple</i>	0,776290475968647	1

*Fuente: Tabla de realización propia con Excel*

*Tabla 9: Correlación entre Bitcoin y Microsoft*

	<i>Bitcoin</i>	<i>Microsoft</i>
<i>Bitcoin</i>	1	
<i>Microsoft</i>	0,779988700798519	1

*Fuente: Tabla de realización propia con Excel*

*Tabla 10: Correlación entre Bitcoin y Google*

	<i>Bitcoin</i>	<i>Google</i>
<i>Bitcoin</i>	1	
<i>Google</i>	0,810282761404408	1

*Fuente: Tabla de realización propia con Excel*

### 3.2 Conclusiones finales

En este tercer capítulo ha sido interesante comparar las tres criptomonedas, donde se apreciaba el descenso conjunto de todas durante los meses de mayo, junio y julio; pero en especial la relación existente entre el **Bitcoin** y el **Ether** a partir de la fecha 19 de mayo, jornada exacta del comienzo de las restricciones, mostrando esta alta relación debido a la dependencia de ambas al proceso de minería. En lo que se refiere a la conexión entre el BTC y el oro, ha sido apreciable la relación de ambas en algunos momentos puntuales, como fueron los meses iniciales de febrero y marzo de la etapa COVID-19. Con todo, queda visible la moderada correlación o incluso muchas veces inversa de ambos valores, en base al mantenimiento generalmente sostenible del precio del mineral dorado, con respecto a la gran volatilidad de la popular criptomoneda. Además, recordemos que los anteriores son en multitud de casos sustitutivos el uno del otro al tener varios rasgos comunes, siendo en menor o mayor medida activos refugio. Finalmente, se ha hecho una comparativa entre la evolución de algunas empresas tecnológicas con el Bitcoin, en vistas de las recientes circunstancias acaecidas en el territorio ucraniano; resultando en una fuerte afinidad a casusa de un paulatino declive común.

## CUARTO CAPÍTULO- Análisis estocástico

Este capítulo cuatro indagará el estudio estocástico, que consiste en una serie interminable de variables aleatorias. Esto es, considerar colecciones infinitas arbitrarias de funciones que aportan un número real a cada dato de la muestra. Para ello emplearemos el símbolo “t” como el tiempo, siendo “xt” la condición de un conjunto al momento temporal t. Este conjunto es todo fenómeno que evolucione sin orden a lo largo de la temporalidad, y la condición del mismo es la medición de una variable de importancia. En un proceso a tiempo discreto, se realizará el supuesto de que t toma características dentro de T, teniendo el último la numeración 1,2,3, etc., progresivamente. En un proceso a tiempo continuo, T cogerá valores de 0 a  $\infty$ . Además, xt toma números de un subconjunto S de la recta real. Una vez considerado esto, concretaremos en el tipo de proceso, que será el Movimiento Browniano. El anterior es un movimiento al azar que se aprecia en fragmentos diminutos dentro de un líquido, hallado por el médico británico Robert Brown en el año 1827 (ver 9). En 1905, Albert Einstein puso de manifiesto que esta alteración era causada por la actividad térmica de los átomos.

Este Movimiento Browniano será analizado bidimensionalmente, aportando los rasgos de que un cuerpo cambiará de izquierda a derecha junto a la posibilidad de ser p o q, donde  $1=p+q$ . Más adelante, este cuerpo variará longitudinalmente causando que se mueva en zigzag con un desarrollo alterno, lo que provoca la aleatoriedad característica de estas fluctuaciones.

Consecuentemente, la parte final a realizar en este trabajo de fin de grado será la elaboración de los modelos estocásticos. Las rectas, logradas en el segundo capítulo de ajuste de datos a funciones, nos permitirán acercarnos al movimiento real del precio mediante una representación simplificada. La idea es cambiar de un trazo a la variación distintiva de los precios en el mercado, a través de una sucesión de crecimientos y descensos.

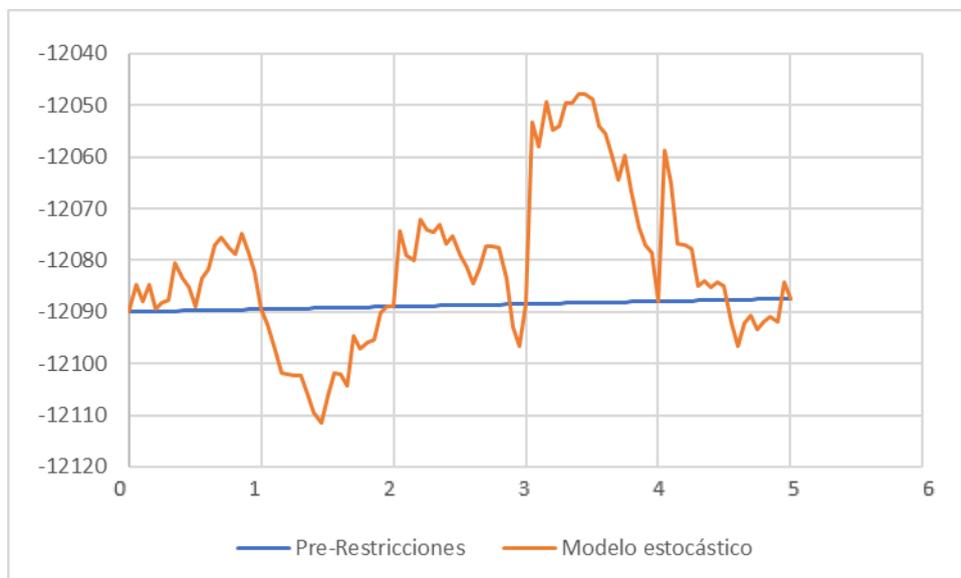
Las herramientas empleadas en este análisis son la hoja de cálculo Excel y la plataforma Matlab. Mientras que con Matlab se han utilizado los puntos de corte reales, los periodos, la desviación típica y la pendiente; en Excel se ha dispuesto de la función real obtenida en los capítulos anteriores, junto a la desviación típica y valores de tiempo teóricos. La mayor disparidad entre ambos es el uso de un *brownian bridge* por parte del segundo con

respecto al primero. Este puente es empleado para explicar determinadas funciones aleatorias que se originan en la estadística no paramétrica; a su vez, por ejemplo, también es muy útil como modelo de los precios de aquellos instrumentos financieros que están cotizando en bolsa con un valor de rendición concreto, en una fecha de vencimiento determinada. Además, es posible adoptar diferentes desviaciones típicas en función de cuál convenga más al modelo, por lo que veremos en adelante la idoneidad de su variación en los distintos gráficos. Por supuesto, se continúa con la diferenciación de etapas establecida en el capítulo 2.

#### 4.1 Pre-Restricciones

- Proceso Estocástico de la etapa Pre-Restricciones elaborado con Excel (mírese el ejemplo del Anexo 3):

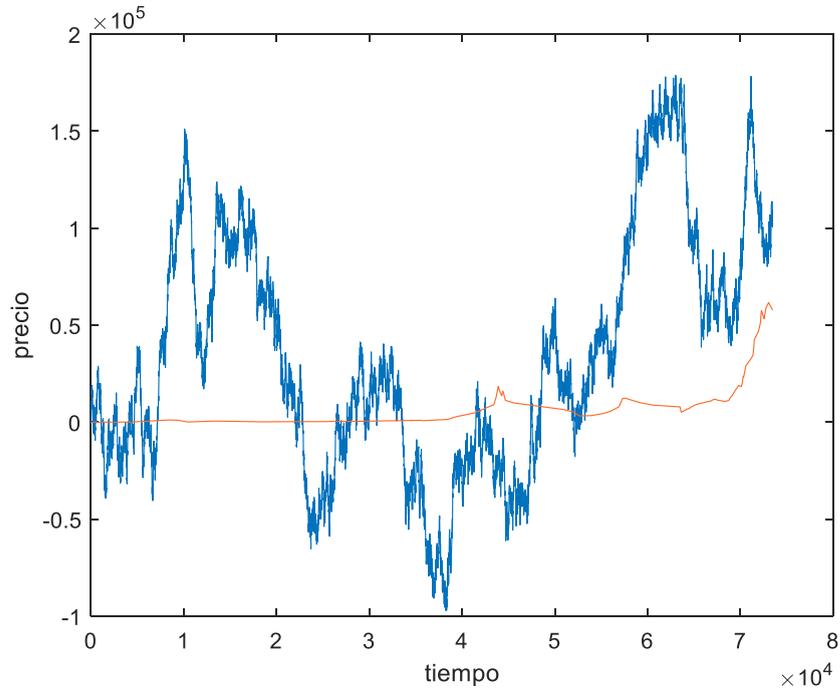
*Gráfica 65: Modelo estocástico Pre-Restricciones*



*Fuente: Gráfica de realización propia con Excel*

- Proceso Estocástico de la etapa Pre-Restricciones, relativamente con mayor desviación típica, elaborado a través de Matlab:

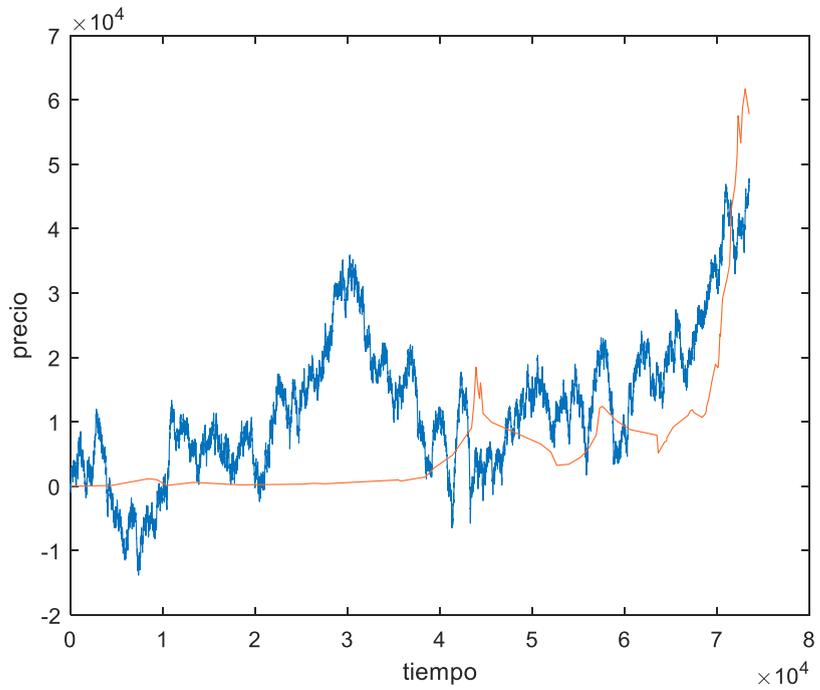
Gráfica 66: Modelo estocástico Pre-Restricciones



Fuente: Realización propia mediante Matlab

- Proceso Estocástico de la etapa Pre-Restricciones, relativamente con menor desviación típica, elaborado a través de Matlab:

Gráfica 67: Modelo estocástico Pre-Restricciones

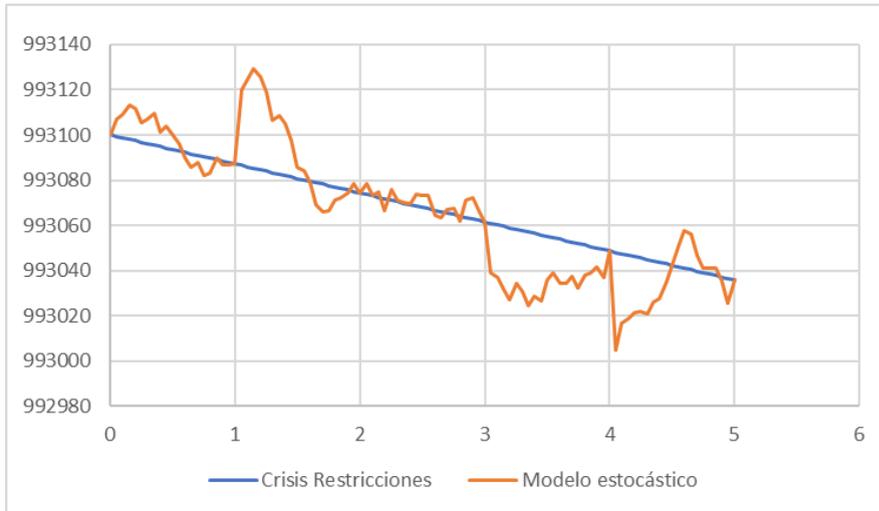


Fuente: Realización propia mediante Matlab

## 4.2 Crisis-Restricciones:

- Proceso Estocástico de la etapa Crisis Restricciones, elaborado con Excel (mírese el ejemplo del Anexo 3):

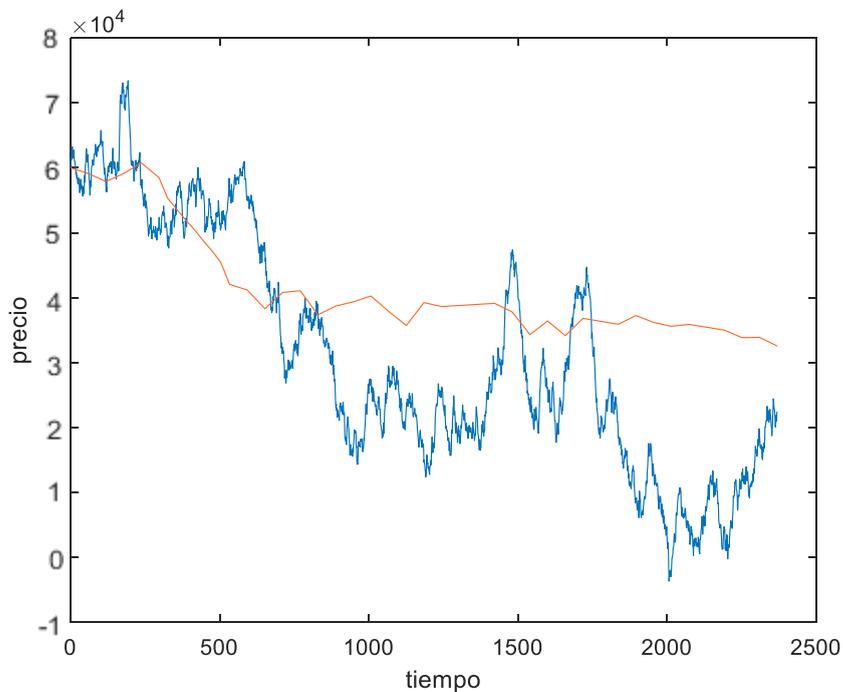
Gráfica 68: Modelo estocástico-Crisis Restricciones



Fuente: Realización propia mediante Excel

- Proceso Estocástico de la etapa Crisis Restricciones, relativamente con mayor desviación típica, elaborado a través de Matlab:

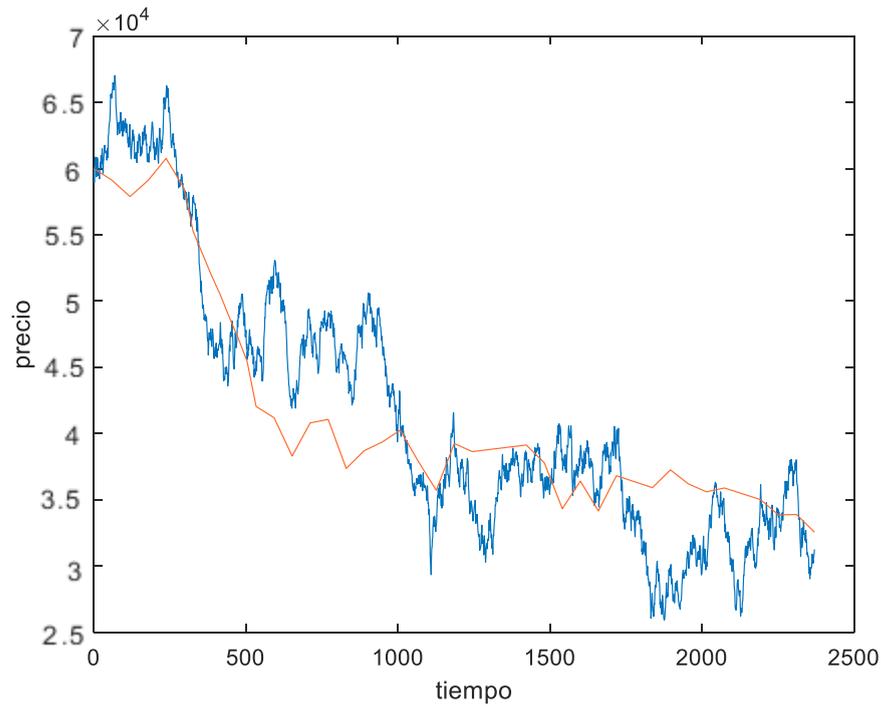
Gráfica 69: Modelo estocástico- Crisis Restricciones



Fuente: Realización propia mediante Matlab

- Proceso Estocástico de la etapa Crisis Restricciones, relativamente con menor desviación típica, elaborado a través de Matlab:

*Gráfica 70: Modelo estocástico-Crisis Restricciones*

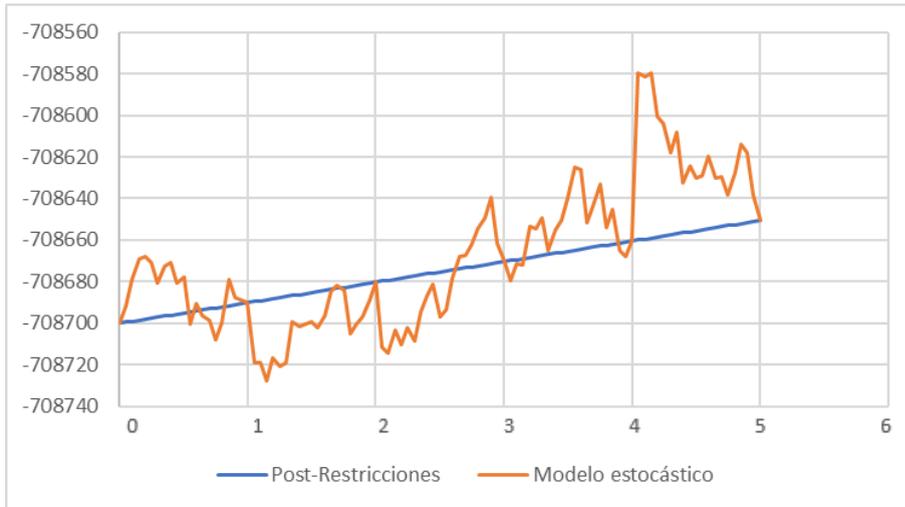


*Fuente: Realización propia mediante Matlab*

### 4.3 Post-Restricciones:

- Proceso Estocástico de la etapa Post-Restricciones, elaborado con Excel (mírese el ejemplo del Anexo 3):

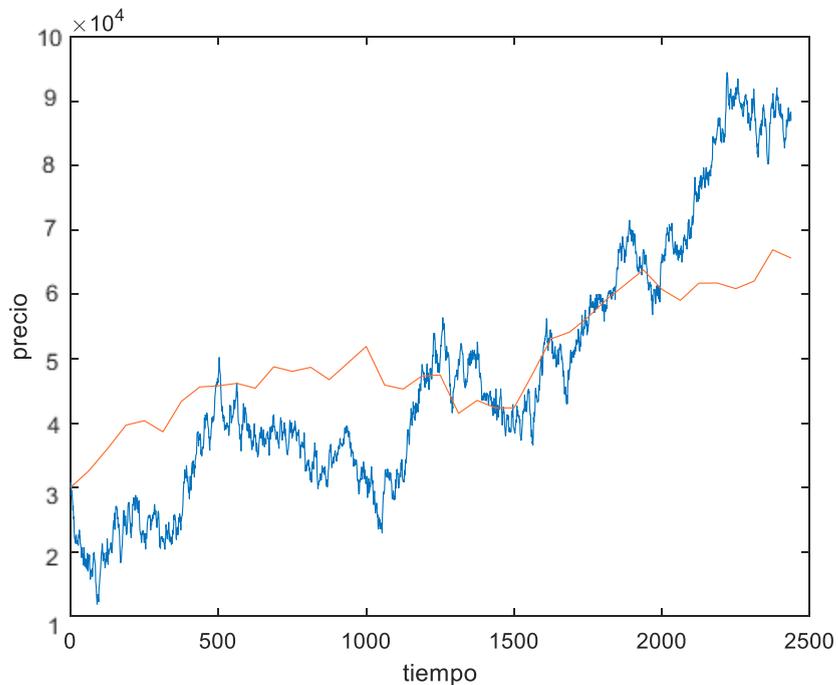
Gráfica 71: Modelo estocástico Post-Restricciones



Fuente: Realización propia mediante Excel

- Proceso Estocástico de la etapa Post-Restricciones, relativamente con mayor desviación típica, elaborado a través de Matlab:

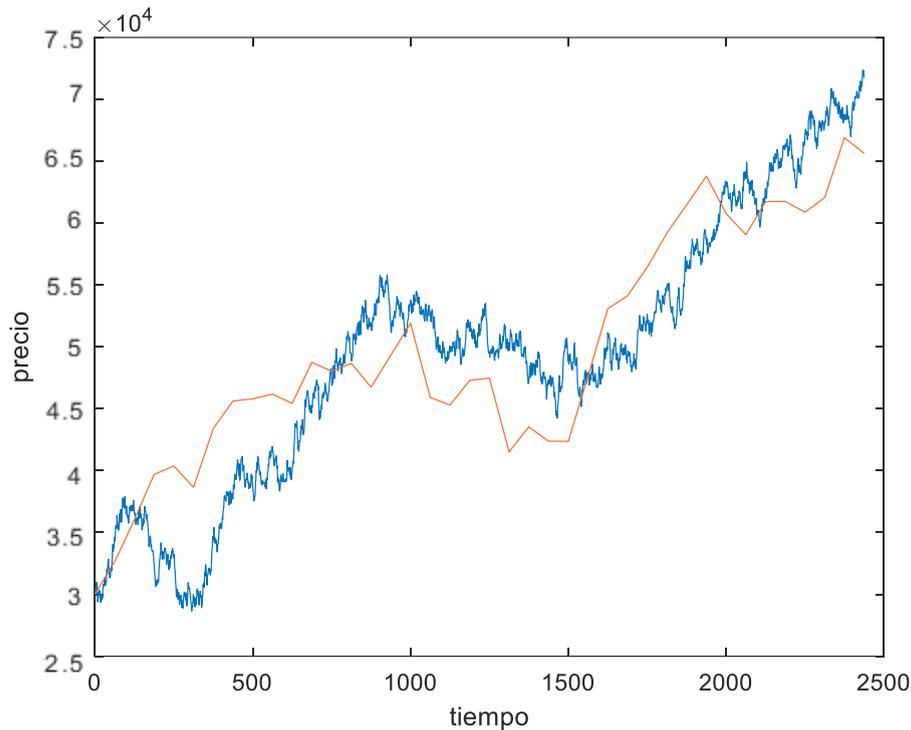
Gráfica 72: Modelo estocástico Post-Restricciones



Fuente: Realización propia mediante Matlab

- Proceso Estocástico de la etapa Post-Restricciones, relativamente con menor desviación típica, elaborado a través de Matlab:

Gráfica 73: Modelo estocástico Post-Restricciones



Fuente: Realización propia mediante Matlab

#### 4.4 Conclusiones finales

Los modelos estocásticos permiten predecir el beneficio que se generaría con distintos resultados, en diferentes condiciones, a través del uso de variables aleatorias. Esto puede ayudar en cierta medida a tomar decisiones de inversión. Este capítulo 4 ha dispuesto de un uso más notable de fórmulas, teniendo en consideración diversos elementos, lo que hace que este abarque una gran complicación numérica. Con todo, ha sido interesante realizar este estudio para valorar en una representación conjunta el movimiento de ambas líneas de cotización real y del modelo estocástico. La desviación estándar nos ha servido para modelar la volatilidad de la gráfica, tal que una desviación típica baja permite mostrar variaciones menos fuertes que una alta. La gráfica de Post-Restricciones con menor variación es la que más se asemeja a la realidad.

## QUINTO CAPÍTULO- Predicciones

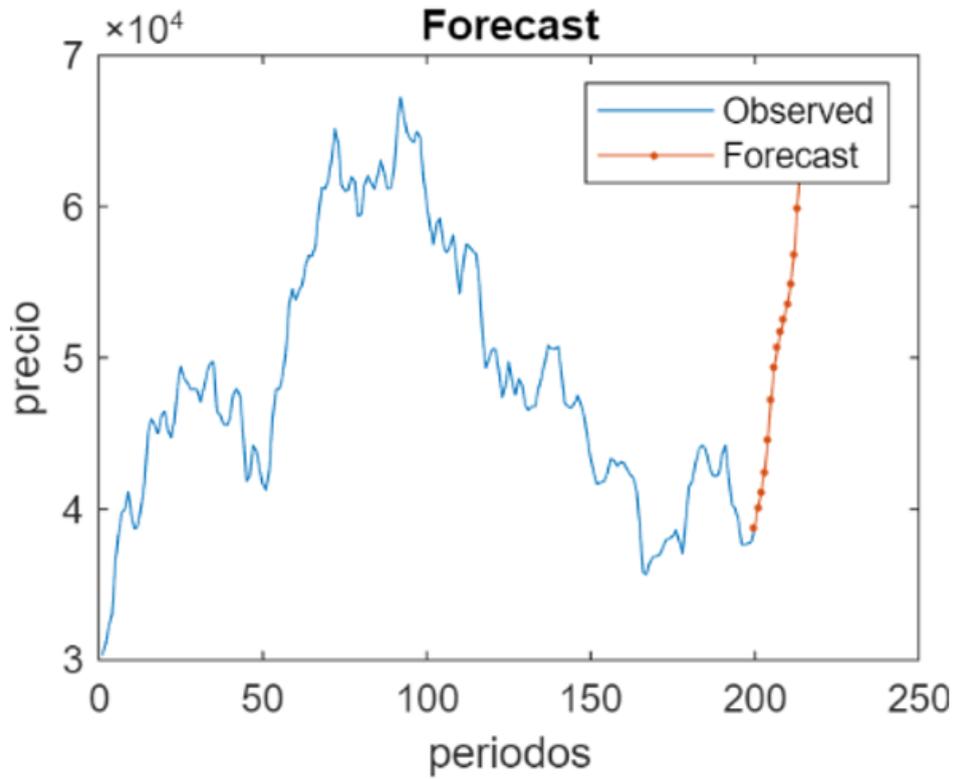
Este quinto capítulo de predicciones tendrá como base la elaboración de un proceso de predicciones de series temporales que permita pronosticar la evolución del valor del Bitcoin al corto plazo. Elegiremos de fecha de inicio el 20 de marzo, tal que nos prediga el precio el precio en los días 26 y 27 de marzo. Más adelante se explicará cómo funciona esta predicción. Gracias a esto lograremos poner en práctica una estimación de los precios a futuro y comprobar si realmente ha sido efectiva. Esto tiene siempre una relevancia importante al intentar desarrollar modelos que intenten predecir la actuación del valor de los diferentes activos bursátiles, entre otros.

### 5.1 Predicción con series temporales

Para realizar la predicción nos hemos servido entonces de las series temporales. Las series temporales son sucesiones de  $N$  datos ordenados, que tienen la misma distancia cronológicamente sobre una o varias características (ver 21). En este caso hemos tomado los valores del Bitcoin desde 2012 a 2022. Concretamente, le hemos indicado a Matlab que nos muestre los últimos periodos. Así, obtenemos la siguiente gráfica 77. Aquí podemos ver como hay una serie de puntos en naranja que indican el forecast o predicción realizado; junto con un RMSE de 17619,32 (gráfica 78). En esta predicción nos fijaremos de los primeros 6 y 7 puntos señalados, ya que después el pronóstico deja de tener sentido.

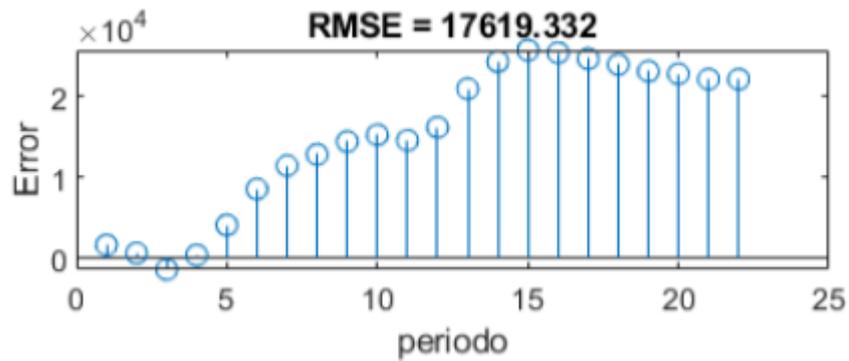
Debido a que los últimos datos empleados de la muestra son de las últimas semanas de marzo de 2022 (última fecha de 20 de marzo), nos fijaremos en cómo evoluciona el precio en función de la curvatura del forecast. Finalmente, podemos comprobar que a finales del mes de marzo el precio se encuentra, según esta predicción, en los 48.000\$ a los 6 días y a los 50.000\$ al de una semana.

Gráfica 74: Modelo de predicción con serie temporal



Fuente: Realización propia mediante Matlab

Gráfica 75: RMSE



Fuente: Realización propia mediante Matlab

## 5.2 Comprobación de predicción con series temporales

A pesar de que la predicción estaba encaminada por buen camino al llevar una tendencia alcista, se apresuró demasiado puesto que a día 26 de marzo el precio se encuentra alrededor de los 44.000\$ (gráfica 79) y a 27 de marzo sobre los 46.000\$ (gráfica 80). Con todo, siempre tiene increíble interés realizar predicciones a futuro. Obviamente, es muy difícil predecir los movimientos de los precios en el mercado, puesto que siempre están alternando; viéndose afectados por multitud de factores como hemos visto en este trabajo de fin de grado. Siendo las restricciones en China sobre el Bitcoin un claro ejemplo de ello.

Gráfica 76: Cotización Bitcoin, 26/03/2022



Fuente: Realización propia mediante eToro

Gráfica 77: Cotización Bitcoin, 27/03/2022



Fuente: Realización propia mediante eToro

## CONCLUSIONES

**Se rechaza la hipótesis inicial presentada al comienzo del trabajo de fin de grado.**

Esto es debido a que queda confirmada una contundente ruptura del canal, resultante de las bajadas de precios originadas a partir de las medidas restrictivas sobre la criptomoneda y la minería impuestas en China. Aunque el valor del Bitcoin tardó unos meses en recuperarse, más adelante experimentó uno de sus incrementos más notables llegando a superar su anterior record a principios de noviembre de 2021. Teniendo en cuenta este crecimiento **exponencial** previamente mencionado, podemos afirmar que hasta cierto punto esta crisis ha tenido un efecto **positivo** en el BTC. No obstante, realmente esta subida de su valoración tiene su origen en diversos motivos, como son la aceptación por parte de los inversores institucionales y comerciales, o el lanzamiento al mercado de los ETF de futuros de Bitcoin.

En el primer capítulo de **análisis técnico** se comprueba que la **ruptura** de la línea de apoyo del canal al alza es causada por el descenso de precios en el mes de mayo, intensificado enormemente por las circunstancias acaecidas en China acerca de la criptomoneda. A finales del mes de julio comenzó la primera tendencia alcista, que se vio frenada en septiembre por una corrección a la baja. Posteriormente, acaece la segunda tendencia alcista, alcanzando este nuevo máximo en el penúltimo mes del año. La herramienta de más provecho, en función de su plenitud y adaptabilidad, ha sido el **MACD**. Conjuntamente, este capítulo tiene gran utilidad para visualizar todo tipo de tendencias.

Es posible **modelar** el precio en tres fases en base a las siguientes funciones: gaussiana con dos términos en las etapas Pre-Restricciones y Restricciones, y el Análisis de Fourier con dos términos en la etapa Post-Restricciones. Por supuesto, las anteriores han sido seleccionadas en base a su  $R^2$ , siendo este próximo a 1. Así, logramos las subsecuentes ecuaciones:

- Etapa Pre-Restricciones:

$$y=5,342e+04*\exp(-((x-7,324e+04)/2548)^2)+$$

$$2,238e+04*\exp(-((x-4,875e+04)/2,196e+04)^2);R^2=0,9838$$

- Crisis Restricciones:

$$y = 2,326e+04 * \exp(-((x-7,357e+04)/280)^2) + 3,684e+04 * \exp(-((x-7,415e+04)/2995)^2); R^2=0,9838$$

- Desde el 19/05/2021:

$$y = 5,048e+04 * \exp(-((x-7,12e+04)/5480)^2) + 2511 * \exp(-((x-7,456e+04)/114,9)^2) + 3482 * \exp(-((x-7,515e+04)/375,7)^2); R^2=0,9578$$

- Etapa Post-Restricciones:

$$y = 4,715e+04 - 1,132e+04 * \cos(x * 0,001579) + 768,1 * \sin(x * 0,001579) + 1237 * \cos(2 * x * 0,001579) + 8566 * \sin(2 * x * 0,001579); R^2=0,9297$$

- 1º tendencia alcista:

$$y = 4,365e+04 - 5802 * \cos(x * 0,004401) + 3776 * \sin(x * 0,004401) + 1527 * \cos(2 * x * 0,004401) + 3287 * \sin(2 * x * 0,004401) + 1976 * \cos(3 * x * 0,004401) - 1584 * \sin(3 * x * 0,004401) - 1526 * \cos(4 * x * 0,004401) - 1705 * \sin(4 * x * 0,004401); R^2=0,988$$

- 2º tendencia alcista:

$$y = 7677 * \exp(-((x-7,808e+04)/46,06)^2) + 6,223e+04 * \exp(-((x-7,78e+04)/1321)^2); R^2=0,9484$$

Cabe aclarar, a su vez, que a través de *machine learning* hemos logrado obtener un modelo gaussiano para obtener una explicación idónea de los precios del Bitcoin en su vida completa; además de utilizar este mismo para realizar un intervalo de confianza. Finalmente, con estas ecuaciones conseguimos dibujar el trazo que tiene mejor aproximación a los datos, los cuales han sido mensurados en la moneda de facto **dólares** (y=precio), y en la temporalidad de **horas** (x=tiempo). Indudablemente, el programa Matlab ha facilitado enormemente este trámite.

El análisis estadístico ha aportado el resultado obtenido por los coeficientes de **correlación** desde la fecha exacta del inicio de las restricciones, donde aparecía cómo la prohibición de la minería había tenido un efecto similar en el Ether y Bitcoin, al contrario que el Ada, ya que las primeras dependen directamente de este proceso. El contraste con el oro ha señalado la palpable diferencia en su inclinación en la mayoría de casos, junto una correlación **baja** o a veces incluso inversa. El resultado más destacable es la gran

diferencia de actuación de estos dos valores en fases de conflicto mundial, donde en la invasión de Rusia a Ucrania se ha advertido el aumento continuado del oro, en comparación con la irregularidad e incluso descenso del BTC, siendo el último más semejante a las grandes multinacionales tecnológicas. Esto nos hace dudar de la consideración de activo refugio o de “oro digital” por parte de la criptomoneda.

El cuarto capítulo de modelaje de procesos **estocásticos** ha servido de estimación de diversas alternativas posibles a partir de una serie de variables **aleatorias**, lo que puede ayudar en cierta medida como sistema de valoración de diferentes escenarios posibles. En concreto, el Movimiento Browniano o Proceso de Wiener tiene gran trascendencia, aportando un tipo de temporalidad continua. Es resaltable la capacidad de la **desviación típica** para conseguir un mayor acercamiento a la línea en base a su manipulación, tal que una cifra más pequeña logra alcanzar una preferible optimización de los precios. A su vez, el uso de las aplicaciones de Excel y Matlab ha proporcionado distintas perspectivas gracias a las diversas representaciones gráficas elaboradas, reconociendo la utilidad de las dos plataformas. Nos mantenemos imparciales a la hora de elegir entre las previas.

El quinto capítulo de **predicciones** ha contribuido al desarrollo de un pronóstico de los precios mediante la obtención de una serie de gráficas de series temporales a través de Matlab. Así, se ha obtenido la evolución del precio en la primera semana a partir de los datos aportados. Por supuesto, lograr vaticinar el futuro es bastante complicado, con lo que rara vez se confecciona una resolución acertada. Pese a ello, el estudio del porvenir en el mercado siempre tiene valor especial.

El día de mañana podría seguir estudiando los **movimientos** de los precios en el mercado, no solo de criptomonedas, sino también de minerales y acciones de empresa, entre otros activos. Es fascinante ver cómo fluctúan los valores a causa de las circunstancias acaecidas mundialmente, siendo el conflicto ruso-ucraniano un ejemplo de acontecimiento global que afecta a todos los sectores. Creo firmemente que, una mayor profundización en estas herramientas de análisis matemático usadas en el trabajo, me permitirá perfeccionar un mejor entendimiento de las fluctuaciones **bursátiles**.

Por motivos de limitaciones prácticas con el uso de exponentes demasiado elevados en funciones gaussianas, hemos empleado otras ecuaciones, de menor  $R^2$ , para la representación de los **modelos estocásticos**. Por lo tanto, habría sido más idóneo utilizar las de Gauss, al ser estas las que tenían un ajuste superior. Pese a eso, se intentó

afinar el sistema de la mejor manera posible, proveyendo el conjunto de elementos en conformidad.

Sería interesante seguir profundizando en el futuro acerca de los mejores modelos obtenidos a partir de *machine learning*. De tal forma que, no solo analicemos el modelo **gaussiano** conseguido para la etapa completa en el segundo capítulo, sino también otro tipo de funciones que puedan funcionar de manera correcta con el Bitcoin. Así, podremos realizar nuevos intervalos de confianza para precios, junto con predicciones de series temporales.

**Me habría gustado** utilizar la página web de Binance, puesto que está fundamentalmente centrada en el mercado de criptoactivos, pero debido a una serie de problemas técnicos de la misma me he tenido que servir de eToro. La dificultad que tiene la última es que a medida que acortas la temporalidad de las velas, tal que pasas de semanas a días o de horas a minutos, el periodo de tiempo mostrado es más acotado, por lo que obstaculiza el análisis pormenorizado de los precios en diversos lapsos. De la misma manera cabría la posibilidad de conseguir los **datos** del BTC a través de multitud de fuentes a fin de lograr la precisión deseable de su valor. Por último, se podría hacer un estudio más extenso acerca de la **valía** real de esta criptomoneda con respecto a la potencial utilidad efectiva que aporta su pertenencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Sergeev, A.** (29 de septiembre de 2021). *China Crypto Bans: A Complete History*. Obtenido de CoinDesk: <https://www.coindesk.com/learn/china-crypto-bans-a-complete-history/>
2. **Becedas, M., Nieves, V.** (19 de mayo de 2021). *El bitcoin se desploma tras el bofetón de China y pone en peligro un soporte clave para su futuro*. Obtenido del Economista: <https://www.economista.es/divisas/noticias/11223831/05/21/El-bitcoin-se-desploma-tras-el-bofeton-de-China-y-pone-en-peligro-un-soporte-clave-para-su-futuro>
3. **Favre, J.** (18 de octubre de 2021). *What is an ETF? And why is it driving Bitcoin back to record high prices?* Obtenido de The Conversation: <https://theconversation.com/what-is-an-etf-and-why-is-it-driving-bitcoin-back-to-record-high-prices-170095>
4. **Barnes, T.** (01 de diciembre de 2020). *Institutional investors blast bitcoin prices to new stratosphere*. Obtenido de Forkast: <https://forkast.news/video-audio/institutional-investors-blast-bitcoin-prices-to-new-stratosphere/>
5. **Edwards, J.** (04 de enero de 2021). *Bitcoin's Price History*. Obtenido de Investopedia: <https://www.investopedia.com/articles/forex/121815/bitcoins-price-history.asp>
6. **Font Ferrer, A.**, *Análisis técnico bursátil*, Profit editorial, (2010).
7. **Murphy, J.**, *Análisis técnico de los mercados financieros*, (1986).
8. **Álvarez Ramirez J.**, *Métodos numéricos I*, Universidad de Tabasco, 2006.
9. **Vélez Ibarrola, R.**, *Introducción al Movimiento Browniano*, UNED.
10. **Evans L.**, *An Introduction to Stochastic Differential Equations, notes departament of Berkeley*.
11. **Ruíz-Maya Pérez, L., Martín Pliego, F.**, *Fundamentos de inferencia estadística*, Alfa Centauro, 2003.
12. **Øksendal B.**, *Stochastic Differential Equations\_ An Introduction with Applications*, Springer, (1998).
13. **Uriel, E., Contreras D., Moltó M. Peiró, A.**, *Econometría. El modelo lineal*, Editorial AC, (1990).
14. **Arnaiz Vellando, G.**, *Introducción a la estadística teórica*, Lex nova, (1978)
15. **Novalés, A.**, *Econometría*, Mc Graw Hill, Segunda edición (1993).

16. **Shin, F.** (31 de enero de 2022). *What's behind China's cryptocurrency ban?*  
Obtenido de <https://www.weforum.org/agenda/2022/01/what-s-behind-china-s-cryptocurrency-ban/>
17. **Xie, R.** *Washington University Global Studies Last Review* (2019).
18. **Nakamoto, S.** *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System* (2008).
19. **Bishop, C.M.** *Pattern recognition and Machine learning* (2006).
20. **Michalski, R. S., Carbonell, G., Mitchell, T. M.** *Machine Learning. An Artificial Intelligence Approach* (2013).
21. **Houcque, D.** *Introduction to Matlab for engineering students* (2005).
22. **Mauricio, A. J.,** *Análisis de series temporales* (2007)

## ANEXOS

### Anexo 1: Ejemplo de coordenadas usadas en Matlab

```
%importar datos desde excel

[v3]=xlsread('Datos completos Segundo Capitulo Tercera etapa.xlsx')

tiempo=v3(:,1)
precio=v3(:,2)

plot(tiempo,precio)
hold on
[v1]=xlsread('Datos completos Segundo Capitulo Tercera etapa trasposición tiempo.xlsx')
[v2]=xlsread('Datos completos Segundo Capitulo Tercera etapa trasposición precio.xlsx')
f = fit(v1.',v2.','fourier2')
plot(f,v1,v2)
hold off
```

### Anexo 2: Ejemplo de cálculo de intervalos de confianza y datos estadísticos

	A	B	C	D	E	F
1	<i>Bitcoin</i>					
2				Intervalos de confianza	19895,74811	
3	Media	16279,108			12662,46689	
4	Error típico	1845,2587				
5	Mediana	11367,775				
6	Desviación estándar	16504,496				
7	Varianza de la muestra	272398376				
8	Curtosis	1,1648703				
9	Coefficiente de asimetría	1,4464755				
10	Rango	61688,55				
11	Mínimo	13,7				
12	Máximo	61702,25				
13	Suma	1302328,6				
14	Cuenta	80				
15	Mayor(1)	61702,25				
16	Menor(1)	13,7				
17	Nivel de confianza	95%				
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						

Estadística descriptiva

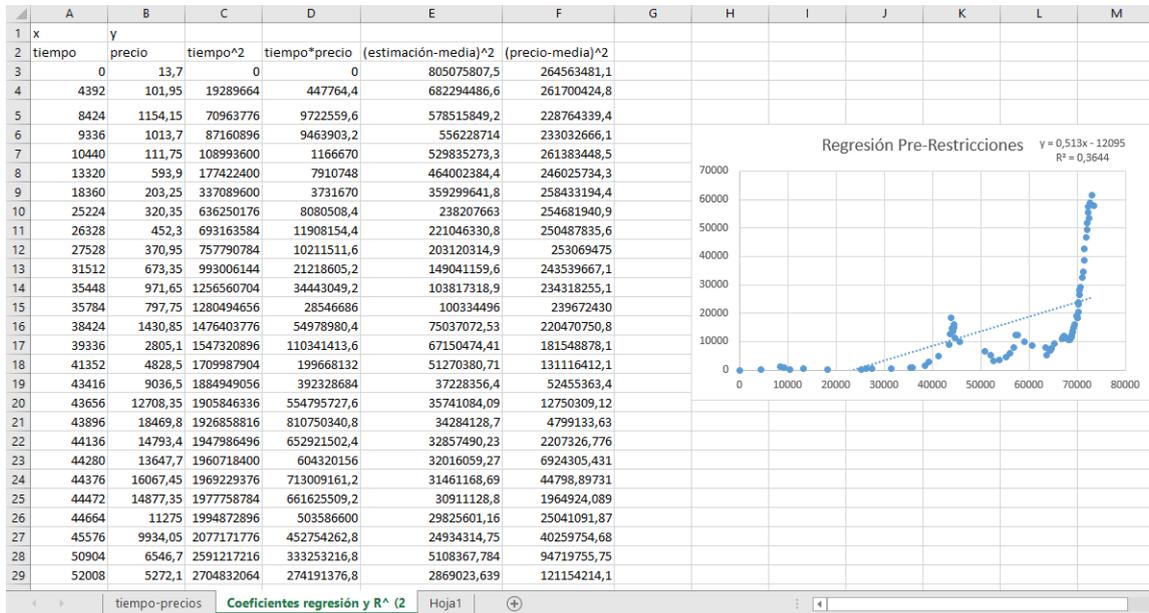
### Anexo 3: Ejemplo de datos introducidos para hacer la representación gráfica del Movimiento Browniano

	B	C	D	E	F	G	H
1						Fourier con 2 términos	
2	tiempo	Aleatoria	W_t	Movimiento Browniano	Brownian Bridge	Post-Restricciones	Modelo estocástico
3	0	0,89130846	3,900721978	0	0	37067	37067
4	0,05	0,5278319	0,22079313	3,900721978	3,561798166	37068,41322	37071,97502
5	0,1	0,36587302	-1,084040884	4,121515108	3,443667485	37069,82649	37073,27016
6	0,15	0,30547437	-1,608712797	3,037474224	2,02070279	37071,23979	37073,2605
7	0,2	0,6929244	1,59428375	1,428761427	0,073066181	37072,65314	37072,7262
8	0,25	0,24841769	-2,148696443	3,023045177	1,32842612	37074,06652	37075,39495
9	0,3	0,14392437	-3,361035425	0,874348734	-1,159194135	37075,47994	37074,32075
10	0,35	0,33380918	-1,357942	-2,486686691	-4,859153371	37076,89341	37072,03425
11	0,4	0,99256056	7,701137731	-3,84462869	-6,556019182	37078,30691	37071,75089
12	0,45	0,3729664	-1,024599842	3,856509041	0,806194738	37079,72045	37080,52664
13	0,5	0,53853924	0,305963915	2,831909199	-0,557328916	37081,13403	37080,5767
14	0,55	0,79170239	2,568852019	3,137873114	-0,590288812	37082,54765	37081,95736
15	0,6	0,57740698	0,617479987	5,706725133	1,639639395	37083,96131	37085,60095
16	0,65	0,77717285	2,411805741	6,324205119	1,91819557	37085,37501	37087,2932
17	0,7	0,08082438	-4,425758972	8,736010861	3,9910775	37086,78875	37090,77982
18	0,75	0,27553718	-1,885195005	4,310251889	-0,773605283	37088,20252	37087,42892
19	0,8	0,69972637	1,655811821	2,425056884	-2,9977241	37089,61634	37086,61862
20	0,85	0,49883226	-0,009256306	4,080868705	-1,68083609	37091,0302	37089,34936
21	0,9	0,90275684	4,10280586	4,071612399	-2,029016207	37092,44409	37090,41507
22	0,95	0,32944883	-1,39594203	8,17441826	1,734865842	37093,85802	37095,59289
23	1	0,35443346	-1,180725827	6,778476229	0	37095,272	37095,272
24	1,05	0,15971602	-3,148444948	5,597750403	6,369076513	37096,68601	37103,05509
25	1,1	0,79068669	2,557669784	2,449305455	3,991957676	37098,10006	37102,09202
26	1,15	0,16631119	-3,063757796	5,006975239	7,32095357	37099,51415	37106,8351
27	1,2	0,2983466	-1,673356613	1,943217443	5,028521885	37100,92828	37105,9568

### Anexo 4: Ejemplo de Estadísticas de la Regresión

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1		Resumen															
2																	
3		<b>Estadísticas de la regresión</b>															
4		Coefficiente	0,6036285														
5		Coefficiente	0,3643674														
6		R <sup>2</sup> ajustado	0,3562182														
7		Error típico	13242,549														
8		Observación	80														
9																	
10		<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>															
11		Grados de libertad de cuadrado de los cua				F	Valor crítico de F										
12		Regresión	1	7,841E+09	7,841E+09	44,712393	3,089E-09										
13		Residuos	78	1,368E+10	175365104												
14		Total	79	2,152E+10													
15																	
16																	
17		Intercepción	-12094,75	4494,1869	-2,6911988	0,0087076	-21041,989	-3147,5115	-21041,989	-3147,5115							
18		Variable X	0,5129987	0,0767189	6,6867326	3,089E-09	0,3602632	0,6657343	0,3602632	0,6657343							
19																	
20																	
21																	
22		Análisis de los residuales				Resultados de datos de probabilidad											
23																	
24		Observación	Residuos	Residuos estandarizados		Percentil	Y										
25		1	-12094,75	12108,45	0,9202021	0,625	13,7										
26		2	-9841,6598	9943,6098	0,7556814	1,875	101,95										
27		3	-7773,2489	8927,3989	0,6784527	3,125	111,75										
28		4	-7305,3941	8319,0941	0,6322236	4,375	203,25										
29		5	-6739,0435	6850,7935	0,5206376	5,625	320,35										
30		6	-5261,6071	5855,5071	0,4449991	6,875	370,95										
31		7	-2676,0934	2879,3434	0,2188206	8,125	452,3										
32		8	845,12995	-524,77995	-0,0398815	9,375	593,9										
33		9	1411,4806	-959,18056	-0,0728945	10,625	673,35										
34		10	2027,0791	-1656,1291	-0,1258603	11,875	797,75										
35		11	4070,866	-3397,516	-0,2582	13,125	971,65										
36		12	6090,0291	-5118,3791	-0,3889798	14,375	1013,7										
37		13	6262,3967	-5464,6467	-0,415295	15,625	1154,15										

## Anexo 5: Ejemplo de recopilación de los precios del Bitcoin



## Anexo 6: Ejemplo de Análisis de Velas

	A	B	C	D	E	F	G
1		Tiempo	Verde/Rojo				
2		1	1	Tiempos	80		
3		2	1	Sumatorio	46		
4		3	1	Probabilidad	0,575		
5		4	0	Prob. Subida	0,425		
6		5	1				
7		6	0				
8		7	0				
9		8	1				
10		9	1				
11		10	0				
12		11	1				
13		12	1				
14		13	1				
15		14	1				
16		15	1				
17		16	0				
18		17	1				
19		18	1				
20		19	0				
21		20	1				
22		21	0				
23		22	1				
24		23	0				
25		24	1				
26		25	0				
27		26	1				
28		27	1				
29		28	1				
30		29	0				
31		30	0				
32		31	1				
33		32	0				