

Universidad Nacional Autónoma de México

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATEMÁTICAS
APLICADAS Y SISTEMAS

DETECTANDO TRANSICIONES CRÍTICAS EN SERIES DE TIEMPO DE CRIPTOMONEDAS CON ANÁLISIS TOPOLÓGICO DE DATOS

Proyecto Minería de datos

Autores:

Barajas Cervantes Alfonso

Flores Tiburcio Luis Fernando

Yañez Espindola José Marcos

Vázquez Rojas José David

Diciembre 2021

Índice

1. Marco teórico	3
2. Introducción	3
3. Preliminares	4
3.1. Objetivo	4
3.2. Alcance	5
3.3. Marco Estratégico	5
3.4. Definiciones	6
3.5. Entendimiento del área de aplicación (Criptomonedas)	9
3.5.1. ¿Qué es una criptomoneda?	9
3.5.2. ¿Cómo una criptomoneda es enviada y recibida?	9
3.5.3. El Auge de la criptomoneda	10
3.5.4. Gran caída de los precios en criptomonedas	10
3.5.5. ¿Las criptomonedas cumplen con las 3 funciones de dinero?	11
3.5.6. Ventajas de las Criptomonedas	13
3.5.7. Desventajas de las Criptomonedas	14
3.5.8. Dificultades con el Gobierno	15
3.5.9. Principales criptomonedas en el mercado	16
3.5.10. Barreras para entrar al mundo de las Criptomonedas	17
3.5.11. Impacto del COVID-19 en el precio de las Criptomonedas	18
4. Desarrollo	18
4.1. Limpieza de Datos	18
4.2. Integración de la Información	19
4.3. Variables Totales	19
4.4. Composición de la ABT	20

4.4.1. Exploración	20
4.5. Modelación	23
4.5.1. Particiones de datos	23
4.5.2. Modelo	23
4.5.3. Métricas de Evaluación	24
4.6. Tablas de resultados	25
5. Resultados	25
6. Conclusiones	26

1. Marco teórico

El Análisis Topológico de Datos es una área emergente para analizar datos complejos. Dado a sus herramientas de matemáticas puras y topología algebraica, se puede realizar un efectivo **aprendizaje estadístico** de la estructura de los datos. Usaremos la rama de la Topología Computacional, el cual tiene su intersección entre conceptos fundamentales de la topología con ciencias de la computación y consisten de dos partes: *calcular la estructura topológica de un espacio y la homología persistente*, que en palabras simples trata de obtener información de la estructura subyacente de los datos y detectar momentos en la serie de tiempo que se comportan de manera distinta al resto de los demás días.

Todo el proceso se realizó mediante el lenguaje de Python, aunque existen múltiples alternativas disponibles para llevarlo a cabo, algunas de ellas son gratuitas y simples de usar. La decisión de llevarlo a cabo mediante este lenguaje de programación es debido a la sencillez de su sintaxis, a la amplia disponibilidad de librerías para análisis y visualización de datos. En particular, de librerías abiertas a la comunidad para implementar el análisis topológico de datos.

La información contenida en este proyecto de minería de datos, resultará atractiva para inversionistas, gestores de portafolios, corredores de bolsa, analistas, administradores de riesgo y en general para personas interesadas en finanzas bursátiles y criptomonedas.

Aunque existen diversas investigaciones de Análisis Topológico de datos aplicadas a temas del clima y sistemas dinámicos en Medicina, muy pocas de ellas están enfocadas en temas financieros, y más reducido aún, a las criptomonedas. Esto representa una área de oportunidad importante para los inversores en mercados de criptomonedas, teniendo en cuenta que en las empresas de servicios de inversión, el gran porcentaje de las transacciones se realizan de forma automatizada, usando modelos complejos para la toma de decisiones en la forma de invertir en dichos activos financieros descentralizados.

2. Introducción

Actualmente, el desarrollo de avances en las tecnologías de análisis de datos e inteligencia artificial ha permitido lograr avances significativos en ramas como la medicina, realidad virtual, computación, las finanzas, por mencionar algunos. Particularmente en el caso de las finanzas, el uso de modelos de aprendizaje de máquina que son entrenados en las grandes cantidades de información, que inclusive operan directamente en los mercados bursátiles, explotan la ventaja competitiva de las computadoras con respecto al tiempo de procesamiento de cálculos, reconocimiento de patrones en cuestión de minutos o segundos, y ejecutando las órdenes en fracciones ínfimas de tiempo.

Una de las herramientas en la que sientan sus bases el aprendizaje de máquina es la minería de datos en la que plantea una metodología con pasos específicos a seguir para encontrar algoritmos capaces de encontrar relaciones existentes entre los datos para ser utilizables

para tareas futuras. En cuanto a aplicaciones financieras, en el área de finanzas bursátiles se emplea como auxiliares en la toma de decisiones de inversión basándose en información generada en forma de noticias, fluctuaciones en el precio de los activos, anuncios de gobiernos o instituciones, y publicaciones realizadas por dirigentes nacionales o de empresas en redes sociales como Twitter. Esta información que proviene de distintas fuentes, brinda mejores oportunidades para encontrar variables, o características del conjunto de datos que tengan mayor certeza a la hora de obtener una recomendación del modelo.

De cualquier manera, intentar pronosticar el comportamiento futuro de un activo financiero es empresa ardua, y se han desarrollado diversos enfoques para llevarla a cabo. Sin embargo, en este proyecto se intentará predecir el movimiento futuro de las criptomonedas. Las criptomonedas son relativamente impredecibles en comparación con los instrumentos financieros tradicionales. El aumento y la disminución del precio de Bitcoin con grandes porcentajes durante cortos períodos de tiempo es un fenómeno interesante que no se puede predecir en absoluto. Por tanto, se requiere de una herramienta nueva a las técnicas tradicionales para predecir el comportamiento futuro de estas criptomonedas.

Esta investigación tiene como objetivo desarrollar el modelo de *Análisis Topológico de Datos (TDA, por sus siglas en inglés)* para detección oportuna de transiciones críticas en criptomonedas, activos descentralizados que usan tecnologías entre pares (peer-to-peer) y cadenas de bloques (blockchain) con mayor capitalización de mercado, y volumen. En específico, Bitcoin (*BTC*), Ethereum (*ETH*), Litecoin (*LTC*) y Cardano (*ADA*).

3. Preliminares

3.1. Objetivo

Con base a la información de la serie de tiempo del precio de las criptomonedas y la obtenida mediante el Análisis Topológico de Datos, se busca obtener señales de alerta antes de que sucedan transiciones críticas en el comportamiento futuro del precio del activo.

Con transiciones críticas nos referimos principalmente a los crashes financieros que ocurren después de burbujas en el precio de activos, esto es, la caída del precio de un activo después de un crecimiento anormal.

Los activos financieros descentralizados que se analizarán serán las cuatro criptomonedas con más altas en cuanto a capitalización del mercado y volumen de transacciones. Se usarán datos de las criptomonedas *Bitcoin (BTC)*, *Ethereum (ETH)*, *Litecoin (LTC)* y *Cardano (ADA)*.

El objetivo principal es probar si el análisis topológico de datos es capaz de detectar los crashes financieros de *Bitcoin* detectados en [1] antes de que ocurran, esto es, usando solo la información que se tiene antes de la caída, además aplicaremos el mismo análisis para las otras criptomonedas en el crash ocurrido a principios de 2018.

3.2. Alcance

El alcance de este proyecto es la obtención de **señales tempranas** de *transiciones críticas* de las series de tiempo en determinadas fechas que se catalogan como *big crashes* y *mini crashes* de las series de tiempo de las criptomonedas ya mencionadas. Estas fechas se encuentran entre los periodos de 2016 – 2018, incluyendo la que sucedió con Bitcoin a mediados del primer semestre de 2021. Los resultados se podrán comparar con respecto a la continuación de la serie de tiempo.

3.3. Marco Estratégico

Se siguieron los pasos de la metodología CRISP-DM (*Cross-Industry Standard Process for Data Mining*) para la correcta realización de este problema financiero. A continuación, mostramos las distintas estrategias para los pasos de esta metodología:

1. Entendimiento del problema de Negocio

- Investigación de fundamentos financieros de las criptomonedas en cuestión.
- Investigación de ventajas y desventajas de invertir en criptomonedas.
- Impacto de COVID-19 en los precios de las criptomonedas.

2. Entendimiento de los Datos

- Obtención de reportes de estadísticas de los datos de las criptomonedas (Cierre, Apertura, Máx, Mín, Vol., % Var)
- Visualizaciones de la variable objetivo de las criptomonedas (Cierre)
- Exploración de las series de Tiempo (Medias móviles, Log-retornos y su función de densidad)

3. Limpieza y Preprocesamiento de los Datos

- Limpieza de serie de datos para la correcta lectura y análisis de la serie de tiempo (fecha de string a tiempo, y limpieza de caracteres en números de precios)
- Procesamiento de variables iniciales a variables derivadas de las primeras (Medias Móviles, Log-retornos, etc...)
- Procesamiento de serie de datos para el formato que acepta el modelo (Nube de puntos, encaje)
- Selección de distintos periodos de fechas a estudiar.

4. Modelado

- Desarrollo de la metodología de Análisis Topológico de Datos a las series de tiempo de las criptomonedas en cuestión.

5. Evaluación

- Evaluación de señales de alarma obtenidos del modelo por medio de lo que sucedió después en la serie de tiempo original.

3.4. Definiciones

Definiciones de análisis topológico de datos y de crashes financieros

1. **Burbuja de activos financieros** Una burbuja de activos ocurre cuando activos como la vivienda, las acciones o el oro aumentan drásticamente de precio durante un período corto que no está respaldado por el valor del producto. El sello distintivo de una burbuja es la exuberancia irracional, un fenómeno en el que todos compran un activo en particular. Cuando los inversores acuden en masa a una clase de activos, como bienes raíces, su demanda y precio aumentan.

Durante una burbuja, los inversores siguen subiendo el precio de un activo más allá de cualquier valor real y sostenible. Con el tiempo, la burbuja 'estalla' cuando los precios se desploman, la demanda cae y, a menudo, el resultado es una reducción del gasto empresarial y familiar y una posible caída de la economía.

2. **Detección de burbujas** Identificar una burbuja después de que sucedió parecería un trabajo sencillo, pero no lo es. En el sentido más amplio, una burbuja podría definirse como un gran aumento anormal de precios, que luego estalla en un colapso. Sin embargo, esta descripción intuitiva es bastante difícil de conceptualizar y está llena de trampas, ya que requiere la definición implícita tanto de 'crecimiento anormal de precios' como de 'caída'.

Para medir aumentos anormales de precios, se debe definir un marco de referencia o proceso contra el cual se puedan medir las desviaciones. Sin embargo, cuando se emplea un proceso de referencia de este tipo, una burbuja puede diagnosticarse incorrectamente debido a un modelo de referencia subyacente falso, un problema que hace que el diagnóstico de una burbuja sea un problema de hipótesis conjunta, de manera intuitiva una 'long-bubble' es una burbuja financiera corresponden a movimientos de precios más grandes porque las burbujas tienen más tiempo para crecer y una 'short-bubble' por otro lado, corresponden a movimientos de precios relativamente menores.

En [1] los autores construyen un marco de referencia que proporciona una definición clara de burbujas (long y short) como regímenes transitorios super-exponenciales.

3. **Big-Crashes en criptomonedas:** Del mismo modo, un crash tampoco es fácil de definir. Sin embargo, se puede describir como el cambio de tendencia en un largo periodo de tiempo. En este caso, un ejemplo sería que la criptomoneda tuvo un periodo de un año alcista, sin embargo, al término de este se cambia de alcista a bajista, y ésta tendencia sigue por un periodo largo de tiempo (años, generalmente).

4. **Mini-Crashes en criptomonedas:** Se puede definir, como la caída abrupta en un periodo corto de tiempo (semanas) para proseguir con la tendencia en la que se encontraba.
5. **Encajes:** Dada una serie temporal, $\{x_0, x_1, x_2, \dots, x_T\}$ para aprovechar los teoremas de la teoría de sistemas dinámicos usamos el 'encaje' en d dimensiones de la serie, este es el conjunto de puntos formado por

$$\{(x_0, x_1, \dots, x_d), (x_1, x_1, \dots, x_{d+1}), \dots, (x_{T-d}, x_{T-d+1}, \dots, x_T)\}.$$
6. **Ventana deslizante:** Para nuestra serie de tiempo 'encajada' $\{(z_0, z_1, \dots, z_{T-d})\}$ tomaremos ventanas de tiempo de 50 días para analizar su estructura el cambio de esta a través del tiempo.
7. **Complejo simplicial de Vietoris-Rips:** Dado una nube de puntos (como lo son las ventanas deslizantes), se le puede asociar una estructura geométrica conocida por 'complejo simplicial de Vietoris - Rips', intuitivamente es el objeto que se forma al unir las aristas entre puntos que miden menos que un valor dado.
8. **Filtración de un complejo simplicial de Vietoris-Rips:** Una filtración es una sucesión de sub-estructuras de un complejo de Vietoris-Rips que 'evolucionan' a este último.
9. **Diagrama de persistencia:** Dada una filtración de un complejo simplicial de Vietoris-Rips, podemos medir en cada paso de la sucesión que 'características topológicas' van cambiando, esto nos da una noción de la importancia de estas características en tal complejo, el diagrama de persistencia es el registro paso a paso de estos cambios en la filtración.
10. **Paisaje de persistencia:** Dado un diagrama de persistencia, el paisaje de persistencia es una representación 'funcional' de dicho diagrama que no pierde información y que gana la ventaja de poder ser utilizado para tareas de aprendizaje.
11. **Norma L^1 del diagrama de persistencia:** Como mencionamos antes, el paisaje de persistencia es una representación en forma de una función del paisaje de persistencia, así que podemos obtener la norma L^1 , que no es más que la integral del valor absoluto de dicha función. Es decir, la norma L^1 es sólo un número asociado al complejo simplicial de Vietoris-Rips de una nube de puntos y por tanto es un buen candidato para la entrada de algoritmos de clasificación, inferencia, etc.
12. **Norma C^1 de una ventana deslizante:** Si tenemos una ventana deslizante $\{(w_1, \dots, w_n)\}$ calculamos la norma L^1 de dichas ventanas, la norma C^1 será solamente la suma de estas normas más el valor absoluto de la diferencia de las normas consecuentes.
Es significativa porque además de considerar toda la estructura de una ventana considera la evolución en el tiempo de dicha ventana.
13. **K-Means:** Es un algoritmo de aprendizaje de máquina para encontrar agrupaciones en un conjunto de datos. Tiene un parámetro: K , el cual es el número de clústers que uno desea encontrar en los datos. La palabra en inglés *Means*, hace referencia a que en el algoritmo se usan centroides o puntos medios dentro de los grupos.

14. **Método 'Silueta':** Es un indicador para poder evaluar un algoritmo de agrupación, como el K-means. Este indicador se encuentra entre -1 y $+1$. Mientras más cerca de -1 , indica que la agrupación es incorrecta, mientras que más cerca de $+1$, la agrupación obtenida es correcta y densa. Una puntuación de 0, significa que los grupos se superponen.
15. **Método 'El codo':** Es un método gráfico para poder evaluar un algoritmo de agrupación, como el K-means. Consiste en obtener un punto de corte k en donde mientras más clústers agreguemos, no mejora el ajuste de la información que explican los clústers. Esto significa, que hemos hallado el número ideal de clústers que se encuentran en los datos.

Definiciones con respecto a las variables de los datos:

1. **Cierre:** Precio de la moneda al final del día
2. **Apertura:** Precio de la moneda al inicio del día
3. **Máximo:** Maximo precio de la moneda alcanzado en el día
4. **Mínimo:** minimo precio de la moneda alcanzado en el día
5. **Volumen:** El volumen es un indicador técnico (para algunos traders, para otros es un dato más) presentado en histograma que nos indica el número de transacciones que se llevaron a cabo en determinado periodo de tiempo.
6. **%var:** VaR (Value at Risk) en un día al 95 % de confianza

Definiciones con respecto a variables derivadas de las variables originales de los datos:

1. **Date:** Fecha del registro indicando el Día-Mes-Año.
2. **Close tmw:** Valor del cierre del precio de moneda al final del día anterior.
3. **PriceDiff:** Diferencia entre el precio de moneda del día anterior y precio de cierre del día actual.
4. **Return:** División de la diferencia del precio entre el precio de cierre.
5. **Direction:** 1 si el precio de la moneda incrementó respecto al día anterior o -1 si el precio decreció
6. **MA50:** El promedio del precio de los últimos 50 días
7. **MA200:** El promedio del precio de los últimos 200 días
8. **LogReturn:** La resta de los logaritmos del precio cierre menos el precio cierre del día anterior respectivamente

Definiciones con respecto a variables que forman parte del modelo:

1. **y_embedded**: Transformación de serie de datos a nube de puntos para ingresarlo al modelo.
2. **norms**: Una lista que tiene una entrada por cada ventana en **y_embedded** y que contiene 2 valores, la norma L^1 y la diferencia con la norma L^1 de una ventana anterior.
3. **y**: Un dataframe que contiene por cada fecha el precio de cierre la criptomoneda, la norma L^1 , la diferencia entre las norma L^1 y la norma C^1 .

3.5. Entendimiento del área de aplicación (Criptomonedas)

3.5.1. ¿Qué es una criptomoneda?

Una *criptomoneda* o moneda virtual, es un medio de cambio, basado en el la red de internet, en la que se usa funciones criptográficas para conducir transacciones financieras. Las criptomonedas aprovechan la tecnología de bloques de cadena (*blockchain*) para ganar descentralización, transparencia e inmutabilidad. [3]

A la criptomoneda es llamado así, porque el mantenimiento del proceso del consenso es asegurado con fuertes funciones criptográficas. Esto hace que terceros y la confianza ciega como un concepto completamente redundante. La Criptomoneda también está marcado por el control descentralizado. Su suministro y el valor son controlados por las actividades de sus usuarios y protocolos altamente complejos integrados en su códigos, no las decisiones conscientes de bancos centrales u otras autoridades reguladoras. Dado que no están regulados por los gobiernos nacionales, también se consideran como monedas alternativas.

Los protocolos criptográficos enmascaran identidades de usuarios de criptomonedas, realizando transacciones y flujos de fondos difícil de atribuir a individuos o grupos específicos. La mayoría de las monedas criptográficas se caracterizan por un suministro finito. Su fuente Los códigos contienen instrucciones que describen el número exacto de unidades que puede existir y existirá siempre.

3.5.2. ¿Cómo una criptomoneda es enviada y recibida?

La criptomoneda se puede intercambiar directamente entre dos partes mediante el uso de claves privadas y públicas. Estos transferencias se pueden realizar con mínimo costo de honorarios (fees). Permitiendo a los usuarios evitar el costo grande que imponen las instituciones financieras tradicionales.

Una transacción de criptomoneda técnicamente no se finaliza hasta que se agrega a la cadena de bloques, lo que generalmente ocurre en cuestión de minutos. Una vez que se finaliza la transacción, es irreversible. A diferencia de los procesadores de pagos tradicionales, como

PayPal y tarjetas de crédito, la mayoría de las monedas criptográficas no tienen funciones integradas de reembolso o devolución de cargo, aunque algunas las monedas más nuevas tienen características de reembolso rudimentarias.

Durante el tiempo de retraso entre el inicio y la finalización de la transacción, las unidades no están disponibles para su uso por cualquiera de las partes. En cambio, se mantienen en una especie de depósito en garantía: limbo, a todos los efectos. Secundaria especial Los intercambios permiten a los titulares intercambiar sus tenencias de criptomonedas por las principales monedas fiduciarias, como los Estados Unidos. dólar y euro, y otras criptomonedas a un tipo de cambio variable. A cambio de sus servicios, toman un pequeño recorte del valor de cada transacción, generalmente menos del 1 %. Algunas de las monedas criptográficas más famosas son Bitcoin, Ethereum y Litecoin, mientras que Libra de Facebook también tiene recibió una buena parte del protagonismo. Aunque aún no se ha podido concretar esta criptomoneda.

3.5.3. El Auge de la criptomoneda

La criptomoneda fue creada para ser la solución a un problema acerca de la independencia personal financiera pero se convirtió en una enorme propiedad de inversión. A medida que las monedas se hicieron más populares, su valor intrínseco comenzó a subir.

Pero fue en 2017 cuando los precios de las criptomoneda realmente salieron del mapa. Alguno de ella fue estimulada por la popularidad de las monedas y el aumento de la conciencia pública de su utilidad en la sociedad y parte de ella fue impulsada por esa vieja máxima de inversión del miedo a perderse, con los inversores se apresuraron a involucrarse en la criptomoneda aunque, en algunos casos, no tenían idea de qué realmente lo fue. El repentino y meteórico ascenso de Bitcoin atrajo a inversores no calificados, algunos de los cuales pusieron todo ellos tenían en las criptomonedas a pesar de conocer la inversión que estaban .

3.5.4. Gran caída de los precios en criptomonedas

El colapso de la criptomoneda de 2018 (también conocido como el colapso de Bitcoin y el Gran colapso criptográfico) fue la venta masiva de la mayoría de las criptomonedas a partir de enero de 2018. El precio de Bitcoin cayó alrededor de un 65 % durante el mes a partir del 6 de enero hasta el 6 de febrero de 2018. Para septiembre de 2018, las criptomonedas colapsaron un 80 % desde su máximo en enero de 2018, haciendo que el colapso de la criptomoneda de 2018 peor que el colapso del 78 % de la burbuja de las páginas punto com. Los intercambios de Bitcoin dijeron que la caída en precio tuvo mucho que ver con las noticias negativas sin noticias positivas para infundir confianza en bitcoin.

No hay un gran desarrollo tecnológico en el mundo de las criptomonedas para impulsar los sentimientos. Bitcoin y el resto de el mercado de criptomonedas se ha estabilizado un poco en los últimos meses. Sin embargo, las monedas por su naturaleza, son tienen volatilidad que probablemente se mantendrá hasta que comiencen a establecerse como útiles para un gran porcentaje de la población. Una de las cosas que impiden que la criptomoneda suba a niveles

anteriores es el hecho de que no suficientes de las monedas se han utilizado realmente en las situaciones para las que estaban destinadas. Eso significa que Bitcoin no es aceptado por muchos lugares como pago, a pesar de que gana más tracción cada día. También significa que muchas de las monedas de segunda generación aún no han entregado el tipo de innovaciones que cambian el juego que prometieron.

3.5.5. ¿Las criptomonedas cumplen con las 3 funciones de dinero?

De acuerdo a [3], las tres características fundamentales del dinero son:

- Medio de intercambio: Dado que es aceptado por todas las personas para pagar la compra y venta de los bienes y servicios.
- Valor estándar: Permite fijar los precios de los bienes y servicios. Sin él no sabríamos cuánto cuestan.
- Reserva de valor: que tiene un valor real estable en el mercado, evitando fuertes fluctuaciones a lo largo del tiempo.

Medio de Intercambio

Las criptomonedas no pueden ser usadas como un medio de intercambio. Vamos colocar un ejemplo de las dos criptomonedas más famosas: Bitcoin y Ethereum. En años, Bitcoin ha recorrido un largo camino desde el dinero digital para geeks y un token para distribuidores de droga a llegar a la capitalización del mercado de un billón de dolares. Ethereum se convirtió en la mas grande red descentralizado contra miles de desarrolladores, y su número solo está creciendo con el tiempo. Actualmente, solo unas pocas tiendas aceptan Bitcoin y casi nadie acepta Ethereum. ¿Por qué es ese el caso?.

‘Si no puedes hacerlo rápido, no puedes hacerlo lento’. La razón de esto es la falta de escalabilidad en estas redes. Ambos Bitcoin y Ethereum tienen un rendimiento muy bajo (la cantidad de material o artículos que pasan a través de un sistema o proceso). Este es el problema heredado de ambas redes, ya que fueron las primeras. blockchain destinado a resolver sus problemas específicos. Ethereum ni siquiera se consideraba un medio potencial de intercambio; fue diseñado para ser un descentralizado red informática.

De todos modos, estas son las dos redes más grandes y ni siquiera se pueden usar para comprar un café. ¿Qué sucede si intentas comprar café con Bitcoin? Se enfriará mucho antes de que su dinero llegue a la billetera del vendedor de café. Si el mundo entero de repente tuviera que cambiar a Bitcoin en sus pagos, las filas en las cajas de la tienda serían enorme: toda la red estaría sobrecargada y atascada. Su desarrollador probablemente no pensó que su creación ganaría tal popularidad, por lo que sacrificó la escalabilidad para que fuera lo más seguro y descentralizado posible.

Escalabilidad era una preocupación lejos de su mente en ese momento. Hoy, sin embargo, es una historia diferente. Ya que Bitcoin no se puede utilizar como un medio de pago, a menudo

se llama 'oro digital', y es tan frío y tan difícil cuando se trata de gastarlo como lo es el oro. Si queremos pagos en criptomonedas tenemos que buscar otras formas u otras redes.

Valor estándar

Uno de los mayores problemas es el estado de las criptomonedas como reserva de valor. Tomemos el ejemplo de Bitcoins. La utilidad de Bitcoin como reserva de valor depende de su utilidad como medio de intercambio. Basamos esto a su vez en el supuesto de que para que algo se utilice como reserva de valor debe tener algún valor intrínseco, y si Bitcoin no logra el éxito como medio de intercambio, no tendrá ninguna utilidad práctica y, por lo tanto, no tiene valor intrínseco y no será atractivo como reserva de valor.

Al igual que las monedas que expiden los gobiernos, Bitcoin no está respaldado por cualquier mercancía física o metal precioso. A lo largo de gran parte de su historia, el valor actual de Bitcoin ha sido impulsado principalmente por el interés especulativo. Bitcoin ha exhibido características de una burbuja con drásticos aumentos de precios y una locura de atención de los medios. Es probable que esto disminuya a medida que Bitcoin continúe viendo más adopción generalizada, pero el futuro es incierto.

La utilidad y transferibilidad de Bitcoin son desafiadas por dificultades en torno a los espacios de almacenamiento e intercambio de criptomonedas. En los últimos años, la moneda digital los intercambios han estado plagados de hackeos, robos y fraudes. Por supuesto, los robos también ocurren en la moneda nacional. En esos casos, sin embargo, la regulación está mucho más asentada, proporcionando un poco más. medios sencillos de reparación.

Reserva de valor

Los activos que actúan como reserva de valor se revalorizan cuando hay inflación o incertidumbre, protegiendo al inversor de la volatilidad. La elevada volatilidad del bitcoin hace que resulte casi imposible imaginar que se convierta en una reserva de valor o en un medio de cambio fiable. Sin embargo, existe una situación en la que sí se puede entender el entusiasmo provocado por el bitcoin u otras criptomonedas, esto es cuando sucede una alarmante falta de confianza en la moneda de curso legal. Sería el caso de algunas economías en vías de desarrollo o emergentes donde a menudo no se puede confiar en los bancos centrales ni invertir en moneda extranjera. En esos casos, atesorar los ahorros en moneda digital resulta atractivo.

Conclusión

Se puede concluir que las criptomonedas tienen un largo camino por recorrer antes de ser consideradas capaces de cumplir con las tres funciones tradicionales del dinero. Al ser monedas electrónicas operativas desde cualquier dispositivo que puedan, sin embargo, cumplir fácilmente el papel de un medio de intercambio hasta cierto punto si se resuelve el problema de la escalabilidad. Sin embargo cumplir técnicamente ese papel es una cosa, y encontrar la demanda de ser utilizado como medio de intercambio es una pregunta diferente, dependiendo de la obtención de la demanda como reserva de valor o unidad de cuenta.

3.5.6. Ventajas de las Criptomonedas

1. Transacciones sin intermediario

Una de las ventajas de la criptomoneda las transacciones es que son asuntos uno a uno, que tiene lugar en una estructura de red peer-to-peer que hace que 'eliminar al intermediario' sea una práctica estándar. Esto conduce a una mayor claridad en el establecimiento de pistas de auditoría, menos confusión sobre quién debe pagar qué a quién, y mayor rendición de cuentas, en el que las dos partes involucradas en un cada uno sabe quiénes son.

2. Transferencia de activos

Uno financiero analista describe la criptomoneda de cadena de bloques como similar a una 'gran base de datos de derechos de propiedad', que en un nivel se puede utilizar para ejecutar y hacer cumplir contratos de dos partes sobre productos básicos como automóviles o bienes raíces.

3. Transacciones confidenciales

Bajo los sistemas de efectivo / crédito, todo su historial de transacciones puede convertirse en un documento de referencia para el banco o agencia de crédito involucrado, cada vez que realice una transacción. En el nivel más simple, esto podría implicar una verificación de los saldos de su cuenta, para garantizar que haya fondos suficientes. están disponibles. Para transacciones más complejas o críticas para el negocio, un examen más exhaustivo de su el historial financiero podría ser necesario.

4. Costo de Transacciones

Desde los mineros de datos (sistemas informáticos remotos y separados) que hacen el número desbloqueador el cual genera Bitcoin y otro criptomonedas, reciben su compensación De el red de criptomonedas involucrada, las tarifas de transacción generalmente no se aplican, puede haber algunas tarifas externas involucrado si contrata los servicios de un servicio de administración de terceros para mantener su criptomoneda Billetera, todavía es probable que sean mucho menores que los cargos de transacción incurridos por las finanzas tradicionales.

5. Mayor acceso a crédito

Digital datos criptomonedas. Así que transferencia estos y servicios el Internet son son potencialmente el Medio disponible Para cualquier persona que tenga una conexión de datos viable, algún conocimiento de las redes de criptomonedas en ofrecer y fácil acceso a sus sitios web y portales relevantes.

6. Facilidad de Intercambio Internacional

Aunque en gran medida no reconocido como moneda de curso legal en el país niveles en la actualidad, las criptomonedas por su propia naturaleza no están sujetas a los tipos de cambio, tasas de interés, cargos por transacciones u otros gravámenes impuestos por un país específico. Utilizando el mecanismo peer-to-peer de la tecnología blockchain, transferencias transfronterizas y Transacciones Mayo ser Realizado sin Complicaciones sobre divisa intercambiar Fluctuaciones y similares.

7. Propiedad individual

En un sistema bancario o de tarjeta de crédito tradicional, usted efectivamente gira administración de sus fondos a un tercero que pueda ejercer el poder de vida o muerte sobre sus activos. Quizás la mayor de todas las ventajas de la criptomoneda es que a menos que haya gestión delegada de su monedero a un servicio de terceros, usted es el único propietario de el correspondiente privado y público encriptación. Lleva eso hacer hacia arriba usted criptomoneda identidad o dirección de red.

8. Adaptabilidad

Aquí hay actualmente más de 1200 criptomonedas únicas o altcoins en circulación mundial. Muchos son bastante efímeros, pero se ha creado una proporción significativa para casos de uso que ilustran la flexibilidad del fenómeno de la criptomoneda. Por ejemplo, hay 'monedas de privacidad' que ayudan a enmascarar su identidad en la cadena de bloques, y tokens de la cadena de suministro que puede facilitar las operaciones de la cadena de suministro para varios tipos de industrias.

9. Fuerte Seguridad

Una vez que se ha autorizado una transferencia de criptomonedas, no se puede revertir como en el caso de las transacciones de "devolución de cargo" permitidas por las compañías de tarjetas de crédito. Esta es una protección contra el fraude que requiere que se celebre un acuerdo específico entre el comprador y el vendedor con respecto a los reembolsos en caso de error o política de devoluciones.

3.5.7. Desventajas de las Criptomonedas

1. Ciberseguridad en Bolsas que comercian Criptomonedas

Como tecnología digital, las criptomonedas estarán sujetas a violaciones de seguridad cibernética, y puede caer en manos de hackers. Como han sucedido casos de Bolsas de Valores en Japón y medio oriente.

2. Volatilidad de precio y falta de valor inherente

Valor es un ecosistema destacado como un problema burbuja. Eso y es Uno un de el importante específico preocupación Volatilidad de precios, ligada a una falta de inherente Preocupaciones pero ese Uno caracterizado cuál enlazar ser el criptomoneda superar por Vinculación el valor de la criptomoneda directamente a los activos tangibles e intangibles. El aumento de la adopción también debería aumentar confianza del consumidor y disminuir esta volatilidad.

3. Regulaciones

Incluso si perfeccionamos la tecnología y nos deshacemos de todos los problemas enumerados anteriormente, hasta la tecnología es adoptada por los gobiernos y regulada, habrá un mayor riesgo en la inversión en éste Tecnología. Otro Preocupaciones con el Tecnología son principalmente logístico en naturaleza. Para ejemplo Cambiar los protocolos, que se vuelve necesario cuando se mejora la tecnología, puede llevar bastante tiempo tiempo e interrupción del flujo normal de operaciones.

4. Escalabilidad

Probablemente las mayores preocupaciones con las criptomonedas son los problemas con el escalado que son Planteado. Si bien el número de monedas digitales y la adopción está aumentando rápidamente, todavía se ve empequeñecido por el número de monedas digitales. transacciones que el gigante de los pagos, VISA, procesa cada día. Además, la velocidad de una transacción es otra importante métrica ese criptomonedas no poder competir con en el mismo nivel como Jugadores gustar VISADO y MasterCard hasta que la infraestructura que ofrece estas tecnologías se amplíe masivamente.

5. Difícil de entender

La criptomoneda es una moneda digital basada en una cadena de bloques bastante compleja Tecnología. Esta tecnología se introdujo en la práctica a gran escala hace solo unos años. Hoy, lo mejor Expertos en criptomoneda y cadena de bloques enlatar ser contado en el dedos y estos Tecnologías son todavía Desarrollo. Para aprender criptomoneda o blockchain necesitas conocer muchos ajustes y curvas de curvas. Sin comprender los detalles de la criptomoneda, no es seguro lidiar con ella.

6. Criptomonedas solo para favoritos

Hoy todo Residentes de grande Ciudades han oído acerca de criptomoneda, especialmente Bitcoin, pero no todos pueden entender dónde comprarla y qué hacer con ella más tarde. Aunque la criptomoneda es un concepto global, y la gente ha adquirido suficiente conocimiento de ella, todavía no lo es. aceptado. Algunos países del mundo, como Rusia, los países de la CEI, Corea del Sur y otros, no lo han hecho. legitimado el uso de criptomonedas, y por esta razón, la compra y venta a través de criptomonedas todavía están incierto.

7. Seguridad de almacenamiento

La criptomoneda es dinero que no se puede llevar en billeteras físicas y tocar. Lo es dinero digital que es la esencia del problema del almacenamiento. Hoy en día hay muchos tipos de almacenamiento de dinero; uno de ellos es usar una billetera digital. Si un usuario olvida su contraseña de criptomoneda en la billetera, es imposible recuperar datos perdidos debido a la estricta integración de la cadena de bloques cifrada, que puede ser desastrosa para sus usuarios.

3.5.8. Dificultades con el Gobierno

El estado legal de las criptomonedas varía de un país a otro y está sujeto a cambios frecuentes como los gobiernos y los bancos centrales estudian y revisan sus puntos de vista y enfoque. La regulación de las criptomonedas plantea una pregunta pertinente: ¿cuál es la política óptima? ¿elección? Es un prohibición potencialmente más fructífero que ¿regulación? Aun si reglamentado será el ejecución ser ¿seguro? Estas son preocupaciones válidas, agravadas por el ritmo de evolución de esta tecnología.

Pero las preocupaciones más serias sobre se relacionan con su impacto en la capacidad de los gobiernos nacionales para generar ingresos y el capacidad de los bancos centrales

para regular conducta monetario política en caso el uso de Criptomonedas. En este caso se vuelve significativamente grande en comparación con el uso de monedas nacionales. Las monedas nacionales de hoy están respaldadas por reservas limitadas de oro, flujos de ingresos fiscales y el valor de todos. activos de propiedad del gobierno. Indirectamente, también están respaldados por el total de activos productivos y productivos. capacidades de la nación, que prestan apoyo a la confianza pública y la confiabilidad de un nacional divisa.

Las monedas nacionales de hoy están respaldadas por reservas limitadas de oro, flujos de ingresos fiscales y el valor de todos. activos de propiedad del gobierno. Indirectamente, también están respaldados por el total de activos productivos y productivos. capacidades de la nación, que prestan apoyo a la confianza pública y la confiabilidad de un nacional divisa.

Debido al anonimato de las criptomonedas, muchas entidades privadas y empresas utilizan este sistema para transferir fondos para fines privados fuera del alcance de los sistemas bancarios tradicionales. Por lo tanto, las criptomonedas tienen hacerse un asilo para gente y Empresas Para esconder su ilegal Actividades (tal como juego venta productos falsificados, venta/ compra de contenido pornográfico infantil, etc.), participan en el lavado de dinero y tiene también dio lugar incluso al narcotráfico.

3.5.9. Principales criptomonedas en el mercado

Las principales monedas virtuales que vamos a estudiar en este proyecto son las siguientes, y agregamos una pequeña descripción [3], como se describe en tal referencia :

1. **Bitcoin** (BTC):

En agosto de 2008, se registró el nombre de dominio bitcoin.org. El 31 de octubre de 2008 se publicó un artículo llamado 'Bitcoin: un sistema de efectivo electrónico de igual a igual'. Esto fue escrito por Satoshi Nakamoto, el inventor. de Bitcoin. Dato rápido: ¿Sabías que Bitcoin aumentó su precio en más del 2000 % en 2017?

2. **Ethereum** (EHT):

Ethereum fue lanzado por Vitalik Buterin el 30 de julio de 2015. Era un investigador y programador que trabajaba en Bitcoin Magazine, e inicialmente escribió un documento técnico en 2013 describiendo Ethereum. Buterin había propuesto que Bitcoin necesitaba un lenguaje de programación. Decidió desarrollar una nueva plataforma con un scripting más general de lenguaje cuando no pudo aceptar su propuesta.

3. **Litecoin** (LTC):

Charlie Lee, un ex empleado de Google, lanzó Litecoin en octubre de 2011. Era una bifurcación de Bitcoin con la principal La diferencia es un tiempo de generación de bloques más pequeño, un mayor número máximo de monedas y un script diferente. algoritmo basado.

4. **Cardano** (ADA):

Cardano es una plataforma de blockchain de prueba de participación que dice que su objetivo es permitir que los 'hacedores de cambios, innovadores y visionarios' generen un cambio global positivo. Cardano se fundó en 2017 y recibió su nombre del erudito italiano del siglo XVI Gerolamo Cardano.

3.5.10. Barreras para entrar al mundo de las Criptomonedas

1. Ineptitud técnica

El no comprender que cripto divisa es o cómo se compra, eso es peligroso. Aquellos que no están familiarizados con los intercambios, las billeteras y el comercio pueden perder mucho dinero. Más de nosotros reconocemos que no podemos escribir código y no somos buenos con las computadoras; esta realización a menudo nos asusta de invertir.

2. Mal servicio al consumidor

Estos sitios no son fáciles de usar y el soporte técnico es generalmente inexistente o inútil.

3. Manejo del riesgo

La tecnología emergente siempre es volátil. En este punto, las incógnitas superan a las conocidos. Los que recordamos el boom de las puntocom sabemos que muchos negocios fracasaron y muchos la gente perdió mucho dinero. Aquellos que respaldaron a las compañías correctas en los momentos correctos hicieron una gran cantidad de dinero. Pero, ¿a quién respaldas y cuándo los respaldas?

4. Lenguaje

Moneda descentralizada, red peer to peer, cadena de bloques, libro mayor digital, billeteras digitales, Clave API, código QR, autorización multifactor, moneda fiduciaria.

5. No se puede gastar

No es tangible; No puedo sostenerlo y no puedo gastarlo. Sé que muchas las empresas están trabajando para generalizar el gasto, pero el hecho es que el estigma permanece para muchos nuevos en la noción.

6. Viabilidad de la criptomoneda como reserva de valor

El uso de criptomonedas es uno de los muchas formas en que los individuos pueden elegir usar para almacenar su riqueza. Hay una variedad de razones por las que los individuos es posible que desee usar criptomonedas para hacer eso, tales como:

1. No quieren confiar en una corporación o banco
2. No les gusta la idea de un gobierno que controle su riqueza
3. Les preocupa que la inflación (controlada por un gobierno) carmeta su riqueza
4. Les preocupa que algún día ya no tengan acceso a sus fondos o que su riqueza pueda ser quitado de ellos por el gobierno o una institución financiera

5. Les preocupa que las transacciones se 'reviertan' (por ejemplo, si el individuo estaba cometiendo fraude) de la que se beneficiaron, no querrían que les quitaran esos fondos)
6. Quieren ocultar sus activos en un lugar al que solo tienen acceso, para una variedad de posibles Razones.

3.5.11. Impacto del COVID-19 en el precio de las Criptomonedas

Los comerciantes de criptomonedas están lidiando con mercados volátiles debido a Coronavirus. Desde el 22 de marzo de 2020 el número de nuevos COVID-19 los casos reportados en el resto del mundo han superado a los nuevos casos en China, según la Organización Mundial de la Salud. En total hay han sido 324.028 casos y 13.782 muertes.

El precio de bitcoin ha caído a su nivel más bajo en casi un año, perdiendo más de la mitad de su valor en medio de un la principal venta masiva de criptomonedas provocada por la propagación del coronavirus. £ 7,100) Bitcoin se cotizaba por encima de los 9.000 dólares (durante el fin de semana, pero cayó a casi \$4,000 el viernes mañana después de una serie de accidentes de flash que comenzaron el jueves.

Otras criptomonedas importantes experimentaron pérdidas similares, incluyendo ethereum, XRP y bitcoin cash. A medida que los gobiernos de todo el mundo imponen restricciones públicas drásticas para detener la propagación del virus y Las autoridades financieras luchan por implementar medidas para limitar el impacto económico del Covid-19, inversores están claramente abrumados por las malas noticias.

4. Desarrollo

4.1. Limpieza de Datos

Una vez descargados los datos de la plataforma investing.com para las criptomonedas:

- Bitcoin
- Ethereum
- Litecoin
- Cardano

En el periodo 09/10/16 a 09/11/21 para todas ellas y además, en el periodo 09/10/12 a 09/11/21 para bitcoin en particular. Notamos que estos vienen en un formato que no es el adecuado para trabajar directamente con ellos, ya que vienen en formato de texto, separando los números por comas y usando los sufijos K, M y B para expresar cantidades del orden

miles, millones y miles de millones respectivamente, y nosotros necesitamos que estén en formato flotante.

Por lo que primero eliminamos las comas, sustituimos los sufijos K, M y B por 3, 6 y 9 ceros respectivamente, también hicimos la sustitución adecuada para el porcentaje para tenerlo en punto decimal, y luego convertimos los datos a flotante para poder trabajar con ellos como números.

Finalmente, también convertimos las fechas en el formato adecuado para poder trabajar con ellas en Python.

4.2. Integración de la Información

Una vez limpios todos los datos, lo siguiente fue concatenar todas las tablas correspondientes a cada criptomoneda, para así tener una tabla con el valor de Cierre, Apertura, Min, Max, VaR y Vol para cada una de las criptomonedas y esto para cada una de las fechas desde 09/10/12 al 09/11/21. Es importante recalcar que para las criptomonedas Ethereum, Litecoin y Cardano tendremos NaNs desde el 09/10/12 al 09/10/16, ya que aquí es donde comienzan nuestros datos para estas mismas.

El resultado final después de la integración es un DataFrame con 30 columnas recordando que son 6 indicadores por criptomoneda y tenemos 4 criptomonedas, pero tenemos 2 tablas para bitcoin, es decir en total 5, y 3319 renglones correspondientes a las fechas desde 09/10/12 a 09/11/21. Esta tabla de datos, se usó para poder mantener la información en una sola tabla de datos en la que podamos trabajar y visualizar más fácilmente.

4.3. Variables Totales

Una vez limpiados los datos respectivos de las series de tiempo de las 4 criptomonedas. Se procedió a calcular variables derivadas de las variables originales, las que se encuentran en la subsección 3.4. Esto con el fin de poder realizar una exploración y análisis de serie de tiempo. A continuación, volvemos a colocar las variables totales:

1. **Date:** Fecha del registro indicando el Día-Mes-Año.
2. **Cierre:** Precio de la moneda al final del día
3. **Apertura:** Precio de la moneda al inicio del día
4. **Máximo:** Maximo precio de la moneda alcanzado en el día
5. **Mínimo:** minimo precio de la moneda alcanzado en el día
6. **Volumen:** El volumen es un indicador técnico (para algunos traders, para otros es un dato más) presentado en histograma que nos indica el número de transacciones que se llevaron a cabo en determinado periodo de tiempo.

7. **%var**: VaR (Value at Risk) en un día al 95 % de confianza
8. **Close tmw**: Valor del cierre del precio de moneda al final del día anterior.
9. **PriceDiff**: Diferencia entre el precio de moneda del día anterior y precio de cierre del día actual.
10. **Return**: División de la diferencia del precio entre el precio de cierre.
11. **Direction**: 1 si el precio de la moneda incrementó respecto al día anterior o -1 si el precio decreció
12. **MA50**: El promedio del precio de los últimos 50 días
13. **MA200**: El promedio del precio de los últimos 200 días
14. **LogReturn**: La resta de los logaritmos del precio cierre menos el precio cierre del día anterior respectivamente

Cabe recalcar, que no se usaron todas las variables para el modelo. Dado que estamos tratando con series de tiempo de activos financieros no tradicionales como las criptomonedas en un modelo para capturar información relevante del comportamiento del precio, se usaron las variables de **Cierre** y **LogReturn**.

4.4. Composición de la ABT

La *Analytical Base Table* lo conforman dos columnas: *LogReturn*, *Cierre*. El primero, es porque el modelo a implementar solamente necesita de los datos de **LogReturn** transformados a la variable **y_embedded**, vectores de puntos. Mientras que los datos del **Cierre** son necesarios para realizar clusters con *K-Means* para poder detectar las señales de alarma.

4.4.1. Exploración

Antes de comenzar con el modelado, se realizaron las siguientes exploraciones de los datos contenidos de las criptomonedas:

1. Estadísticas de Variables

Se desarrollaron visualizaciones de estadísticas de cada una de las variables originales, de cada una de las criptomonedas, para realizar un primer análisis exploratorio. En este apartado, podremos conocer las distribuciones de las variables por medio de histogramas, conocer sus valores faltantes, si tiene valores igual a zero, y estadísticas como Max, Mín, primer cuartil y tercer cuartil. Los cuales son importantes para comprender cómo se comportan los datos.

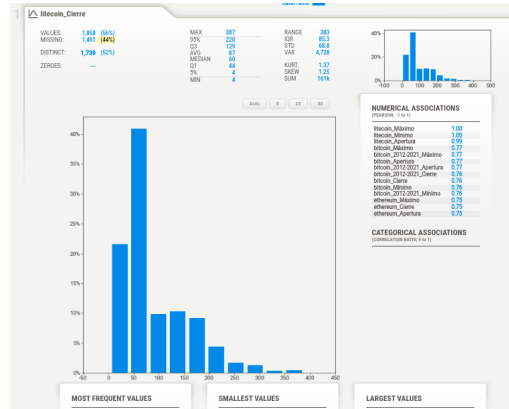


Figura 1: Precio de Cierre de Litecoin, visualizaciones

2. Analizando tendencias de Serie de Tiempo

Se analizó las tendencias de las distintas criptomonedas tomando el precio del cierre diario del activo, y sus respectivas *Medias Móviles* de 50 y 200 periodos, los cuales son usados ampliamente por especialistas financieros como alertas de cambios de tendencia en el mercado. La primera es una señal rápida, mientras que la segunda es conocida como una señal lenta.

Como se puede observar en la figura 2, tenemos que las tendencias siguen siendo bastante alcistas para la criptomoneda de Ethereum (ETH) si se toma en cuenta plazos largos de tiempo. De igual manera, se tiene que las demás criptomonedas a analizar se comportan de manera similar, exceptuando Litcoin (LTC), el cual parece ser que se encuentra estabilizando a lo largo de un periodo grande de tiempo.

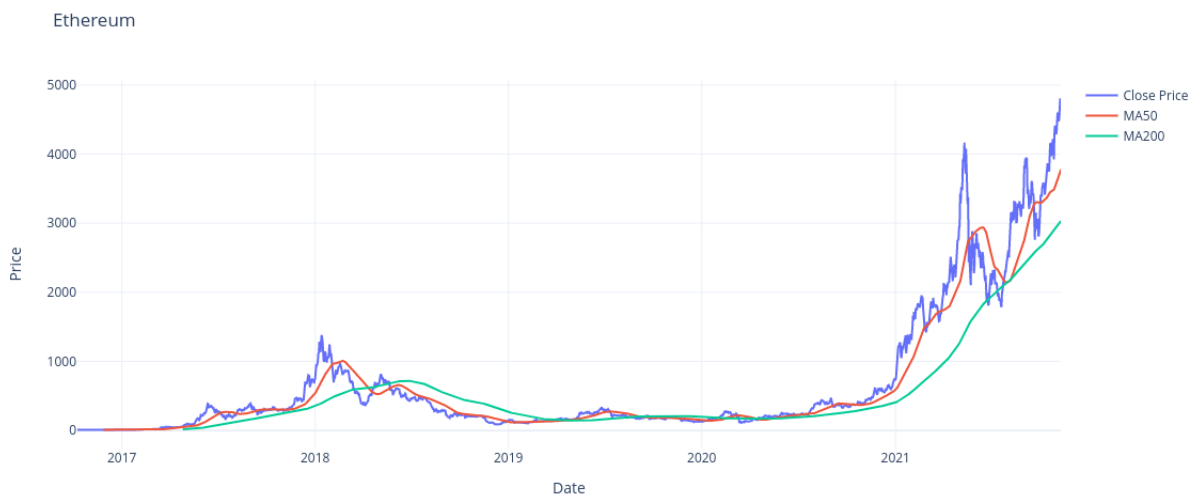


Figura 2: Análisis de Serie de tiempo de Ethereum

3. Análisis del Comportamiento de LogReturns

Por último, se analizaron los Retornos en Logaritmo de las criptomonedas. Y como podemos observar en la figura 3, se comporta como ruido blanco con media zero y varianza constante. Esto se puede comprobar en la figura 4, en la que se calculó la función de densidad y su histograma, el cual podemos observar que se comporta similar a una variable normal estándar.

Estos resultados, también se obtuvieron para las demás criptomonedas. Como podemos notar, algo relevante es que la media de los retornos de estar realizando trading día a día es que la ganancia en promedio es cero. Observamos que una distribución normal no se ajusta al histograma, esto nos dice que un análisis tradicional (GARCH, regresión, Black-Scholes) no nos asegura un buen rendimiento.

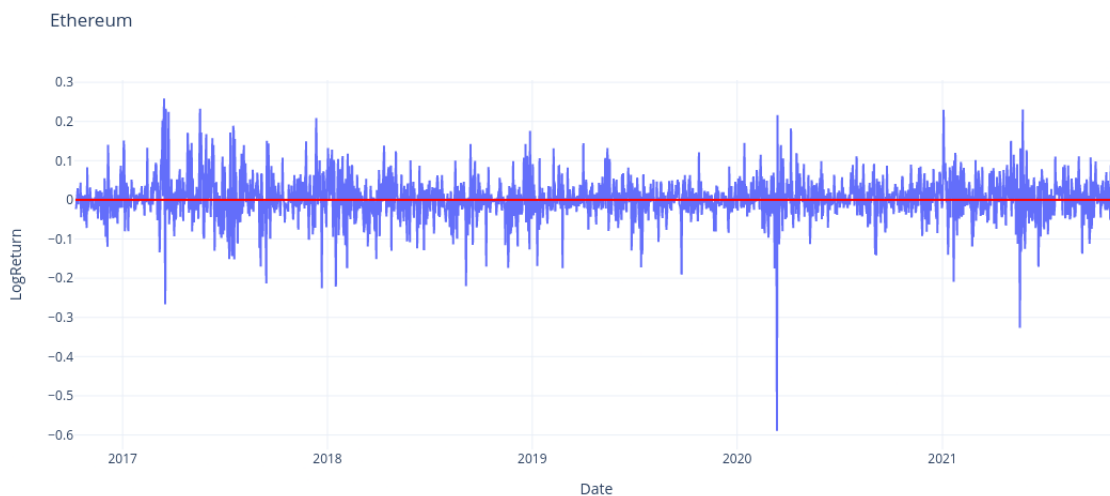


Figura 3: Gráfica de LogReturns a lo largo del tiempo de Ethereum

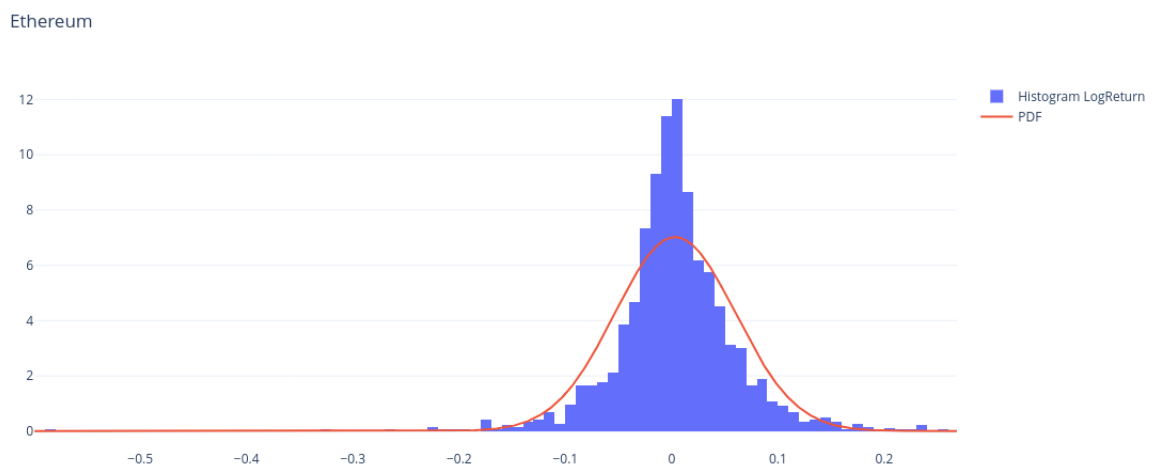


Figura 4: Histograma de LogReturns de Ethereum, con su función de densidad

Criptomoneda	Inicio periodo	final periodo
Bitcoin	2017/09/14	2018/01/07
Etherum	2017/09/14	2018/01/28
Litecoin	2017/09/14	2018/03/06
Bitcoin	2021/01/07	2021/05/08
Bitcoin	2016/01/15	2016/06/16
Bitcoin	2016/08/03	2017/01/04
Bitcoin	2017/03/24	2017/06/06
Bitcoin	2017/06/07	2017/09/01
Bitcoin	2021/05/10	2021/09/01
Cardano	2021/05/10	2021/09/01
Bitcoin	2014/06/30	2014/10/14
Bitcoin	2014/10/23	2015/03/11
Bitcoin	2015/04/13	2015/07/27
Bitcoin	2014/08/26	2015/11/14

4.5. Modelación

4.5.1. Particiones de datos

Para detectar las señales de alerta se uso el valor diario de cierre y los *log-returns* de las criptomonedas en las siguientes fechas:

La tabla anterior describe el inicio de una burbuja y el pico importante de esta burbuja antes de que suceda un 'big-crash' o un 'mini-crash'. Para el análisis usamos la serie temporal del precio y los *log-returns* en estas fechas.

4.5.2. Modelo

El modelo está inspirado en la teoría de sistemas dinamicos y en particular en el *Teorema de Takens*. Para cada serie temporal de *Log-returns* obtenemos su encaje en 4-dimensiones. Creamos ventanas de 50 días para cada encaje y obtenemos la norma C^1 de los diagramas de persistencia para la filtración de complejo de Vietoris-Rips de cada ventana.

Para todos estos pasos usamos la librería *giotto-tda* de *Python*.

Luego consideramos los puntos (x, y) para cada día, donde x es el precio de la criptomoneda en cuestión y y la norma C^1 de la ventana que termina en dicho día. Lo normalizamos y este conjunto de puntos (normalizado), lo utilizamos como entrada para el algoritmo de k -means.

Definimos como señal alerta a los clusters que satisfacen que

1. Tienen fechas continuas
2. El valor de sus entradas y es mayor a 0,5 para la mayoría de puntos en el cluster.

Además un cluster es una señal de alerta débil si satisface 1) y el valor de sus entradas y es cercano a 0,5.

Esta elección está inspirada en el análisis de [2].

4.5.3. Métricas de Evaluación

Uno de los principales métodos que se usaron en la sección del modelo de K-means fue principalmente el método de '**La Silueta**' y '**El codo**'. Ambos coeficientes son métricas para evaluar la calidad del agrupamiento obtenido con algoritmos de clustering. El objetivo de estos es identificar cuál es el número óptimo de agrupamientos. Por lo tanto, recordemos que los métodos consisten en lo siguiente:

1. El coeficiente de silueta es indicador del número ideal de clusters. Un valor más alto de este índice indica un caso más deseable del número de clusters. El coeficiente de Silueta para una observación i se denota como $s(i)$ y se define como:

$$s(i) = \frac{b - a}{\max(a, b)}$$

Donde:

- **a** es el promedio de las disimilitudes (o distancias) de la observación i con las demás observaciones del cluster al que pertenece i
- **b** es la distancia mínima a otro cluster que no es el mismo en el que está la observación i . Ese cluster es la segunda mejor opción para i y se lo denomina vecindad de i

Resumiendo:

- $s(i) \sim 1$, la observación i está bien asignada a su cluster
 - $s(i) \sim 0$, la observación i está entre dos cluster
 - $s(i) \sim -1$, la observación i está mal asignada a su cluster
2. **Metodo del codo:** Se tiene que calcular la distorsión promedia de los clústers, que es la distancia promedia del centroide a todos los puntos del clúster y se obtiene con el algoritmo K-Means en función del número de clústers. Así, cuando se va de una situación en la que el número de clústers es inferior al correcto a una situación en la que el número es el adecuado, el valor de la dispersión disminuye bruscamente, mientras que si aumenta el número de clústers al adecuado, el valor de la dispersión se reducirá más lentamente, formando un codo en la gráfica.

4.6. Tablas de resultados

A continuación, se presenta la tabla de resultados de alarmas detectadas de acuerdo al tipo de criptomoneda y periodo en el que fue evaluado con el modelo. Así mismo, la imagen correspondiente a las gráficas de agrupación con el modelo de K-means con 4 N-clusters para todos los casos según el criterio del codo que se fue tomado. Además, la etiqueta de alarma corresponde a la eficacia de la alarma, es decir:

- 2: en caso de que la alarma haya detectado una caída o alza abrupta
- 1: Si advirtió de una alza o baja no tanto considerable
- 0: Si la alarma es un falso positivo, es decir, que el modelo señala una alarma pero el precio de la moneda permanece estable en los días posteriores.

Por otra parte, se evaluaron varios periodos como ya se ha mencionado anteriormente con el fin de evaluar el modelo en diferentes escenarios, para ello, se agrega la etiqueta 'Crash' que corresponde a lo siguiente:

- Big: Si el periodo evaluado contiene una caída o alza abrupta
- Mini: Si el periodo evaluado contiene una caída o alza no tan considerable
- Act: Si las fechas evaluadas son recientes.

Criptomoneda	Inicio periodo	final periodo	Figure	Eficacia Alarma	Crash
Bitcoin	2017/09/14	2018/01/07	5	2	Big
Etherum	2017/09/14	2018/01/28	6	2	Big
Litecoin	2017/09/14	2018/03/06	7	2	Big
Bitcoin	2021/01/07	2021/05/08	8	2	Big
Bitcoin	2016/01/15	2016/06/16	9	0	Mini
Bitcoin	2016/08/03	2017/01/04	10	2	Mini
Bitcoin	2017/03/24	2017/06/06	11	2	Mini
Bitcoin	2017/06/07	2017/09/01	12	0	Mini
Bitcoin	2021/05/10	2021/09/01	13	2	Act
Cardano	2021/05/10	2021/09/01	14	2	Act
Bitcoin	2014/06/30	2014/10/14	15	2	Mini
Bitcoin	2014/10/23	2015/03/11	16	2	Mini
Bitcoin	2015/04/13	2015/07/27	17	1	Mini
Bitcoin	2015/08/26	2015/11/04	18	1	Mini

5. Resultados

Durante la obtención de resultados, se obtuvieron varias observaciones con relación al desempeño del método en diferentes escenarios. Además, recordemos que una de nuestras metodo-

logías era desprendernos un poco de las características y proponer una solución vía Análisis topológico de datos. En resumen, las siguientes observaciones fueron obtenidas a partir de la tabla de resultados:

- El desempeño del modelo fue eficaz para los escenarios de caídas (big crashes) o alzas abruptas considerables obteniendo así una alerta exitosa como advertencia anticipada.
- Al igual que el anterior, otro punto destacable es que es capaz de detectar en algunos de los escenarios anteriores el precio pico que la moneda puede alcanzar, mismos resultados que ayudaron a comprobar la eficacia del modelo.
- Uno de los puntos destacables es que no todos los Big crashes o mini crashes en las series fueron detectadas, sin embargo, para los comportamientos abruptos agresivos nos aseguró al menos una alerta exitosa.
- Por otro lado, para los comportamientos abruptos no considerables el modelo presenta dificultades, pues obtuvimos una eficacia de $1/3$ en estos escenarios. Además, es importante destacar que el modelo predijo una alerta para los mini crashes en los precios de la moneda pero se puede observar que el precio se mantuvo estable en los días siguientes de las monedas. En otros términos, para todos los casos fracasados se obtuvieron falsos positivos.

6. Conclusiones

Este trabajo presenta un enfoque para detectar transiciones críticas de criptomonedas utilizando TDA y datos de series de tiempo con signos sobresalientes de accidentes cortos y grandes.

Como línea de trabajo adicional, este trabajo buscará cubrir conjuntos de datos muy grandes con datos intradiarios para obtener señales dentro de la estructura de los datos de series temporales. Dos líneas adicionales son para adaptar otros marcos populares para la asignación de carteras al contexto de los métodos de TDA. Se podrían combinar desarrollos adicionales con el procesamiento del lenguaje natural (NLP) para medir el análisis de sentimientos del mercado de cifrado para las decisiones de inversión.

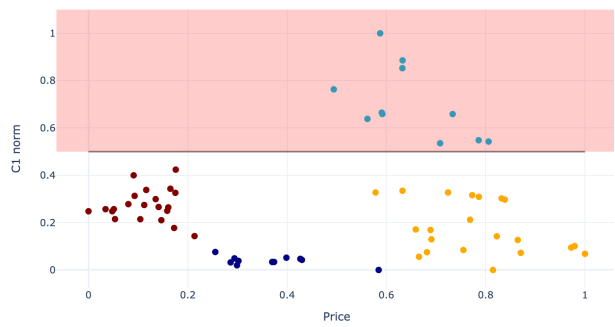
Como trabajo a futuro es posible usar esta metodología en el manejo de portafolios [4] aunque se requiere mucho poder computacional.

En general, TDA es un campo novedoso especialmente en combinación con el análisis de series de tiempo de criptomonedas. A medida que el campo crezca en los próximos años y lleguen nuevas aplicaciones comerciales, TDA se convertirá en una herramienta esencial para el científico de datos.

Referencias

- [1] J.C. Gerlach, G. Demos y D. Sornette. “Dissection of Bitcoin’s Multiscale Bubble History from January 2012 to February 2018”. En: <https://arxiv.org/pdf/1804.06261.pdf> (2019).
- [2] Marian Gidea y col. “Topological recognition of critical transitions in time series of cryptocurrencies”. En: *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 548 (2020), pág. 123843.
- [3] Dasksh Handa Priyansh Agrawal Aparna Aeri. “Decoding the concept of Cryptocurrency, A case study”. En: *InvestGRIP* (2020).
- [4] Rodrigo Rivera-Castro, Polina Pilyugina y Evgeny Burnaev. “Topological Data Analysis for Portfolio Management of Cryptocurrencies”. En: <https://arxiv.org/pdf/2009.03362.pdf> (2020).

Bitcoin 2017/09/14 - 2018/01/07



Bitcoin 2017/09/14 - 2018/03/06

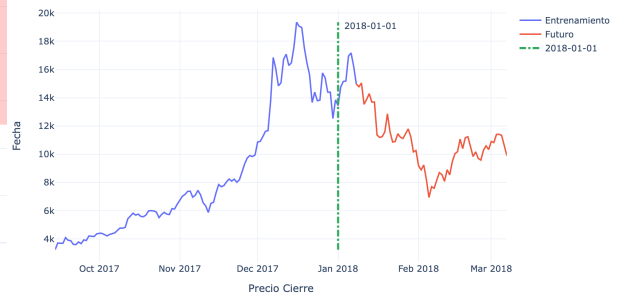
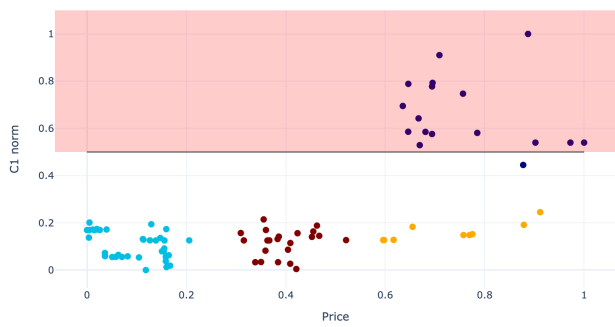


Figura 5: Bitcoin 2017/09/14-2018/01/07

Ethereum 2017/09/14 - 2018/01/28

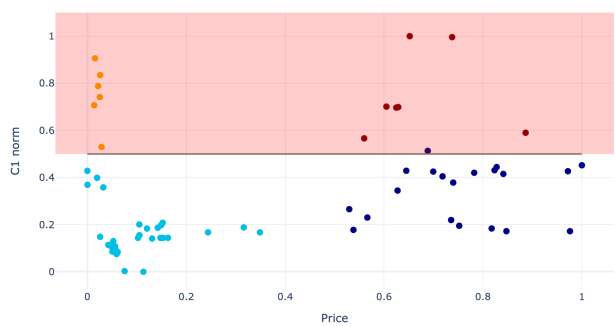


Ethereum 2017/09/14 - 2018/05/01



Figura 6: Ethereum 2017/09/14-2018/01/28

Litecoin 2017/09/14 - 2018/01/06



Litecoin 2017/09/14 - 2018/03/06



Figura 7: Litecoin 2017/09/14-2018/03/06

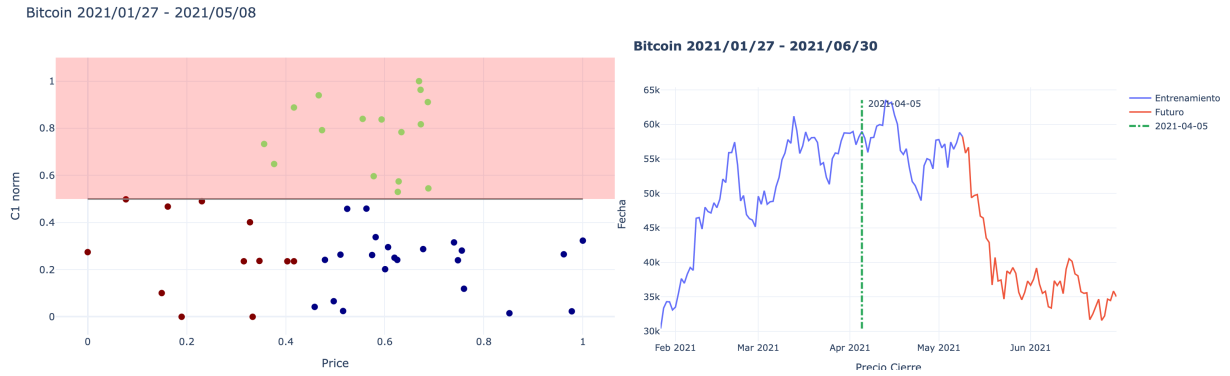


Figura 8: Bitcoin 2021/01/07-2021/05/08

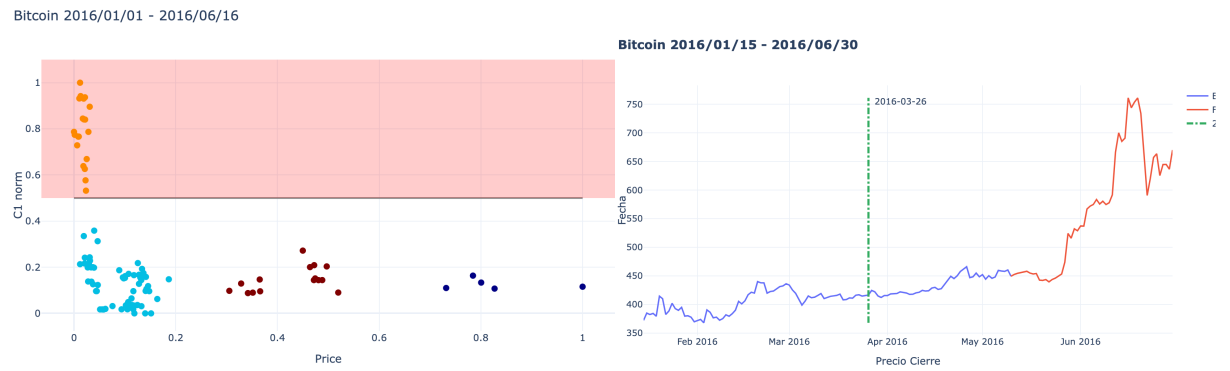


Figura 9: Bitcoin 2016/01/15-2016/06/16

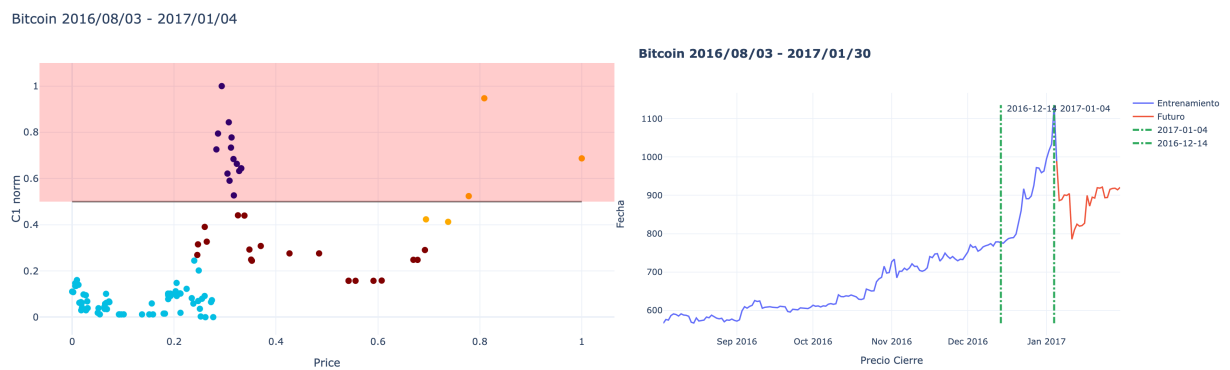


Figura 10: Bitcoin 2016/08/03-2017/01/04

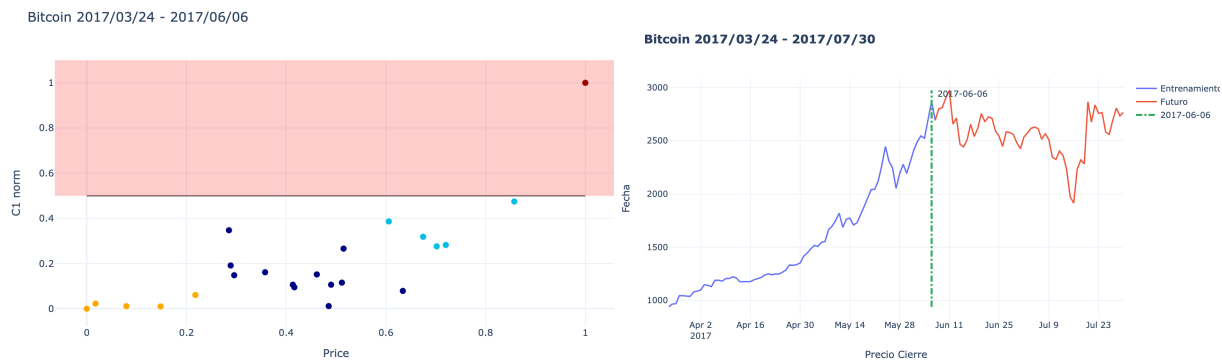


Figura 11: Bitcoin 2017/03/24-2017/06/06

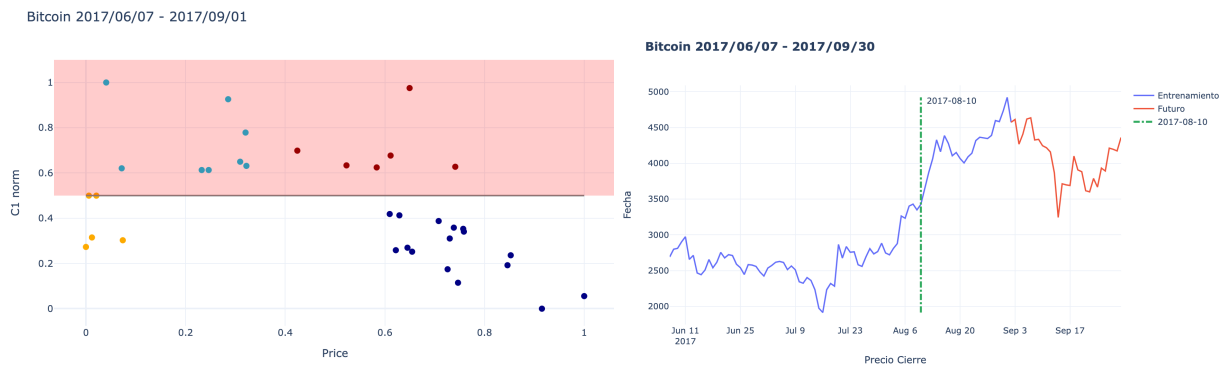


Figura 12: Bitcoin 2017/06/07-2017/09/01

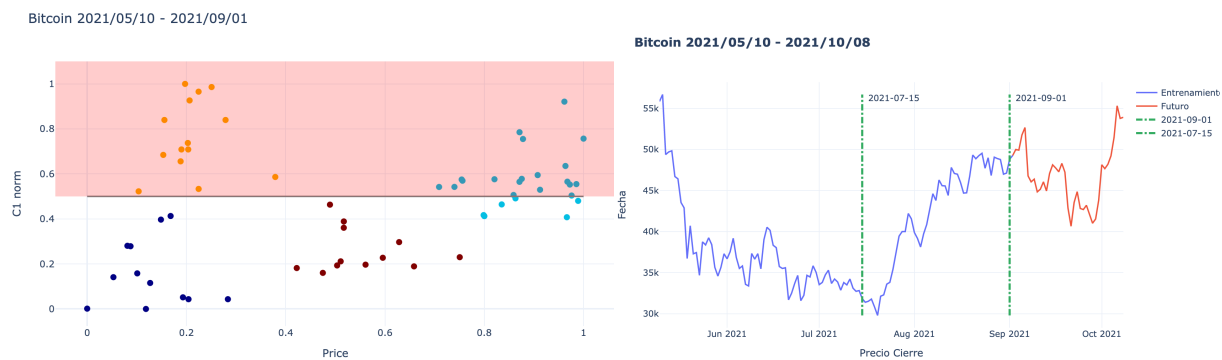


Figura 13: Bitcoin 2021/05/10-2021/09/01

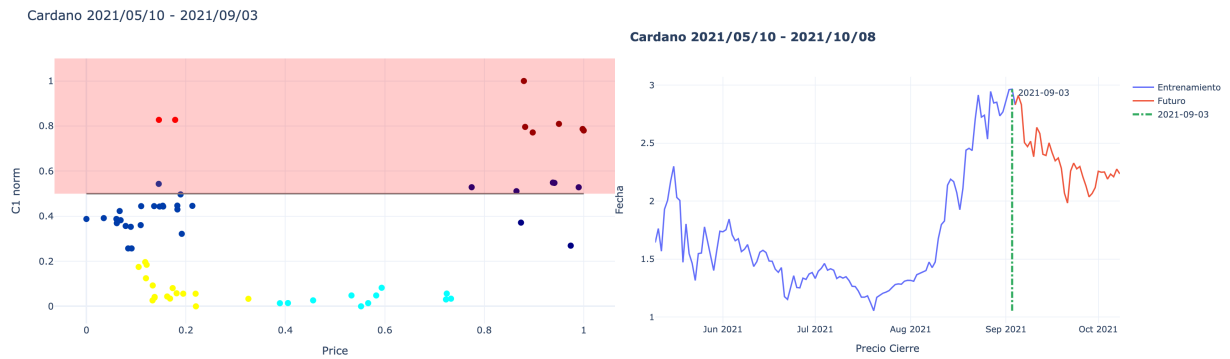


Figura 14: Cardano 2021/05/10-2021/09/01

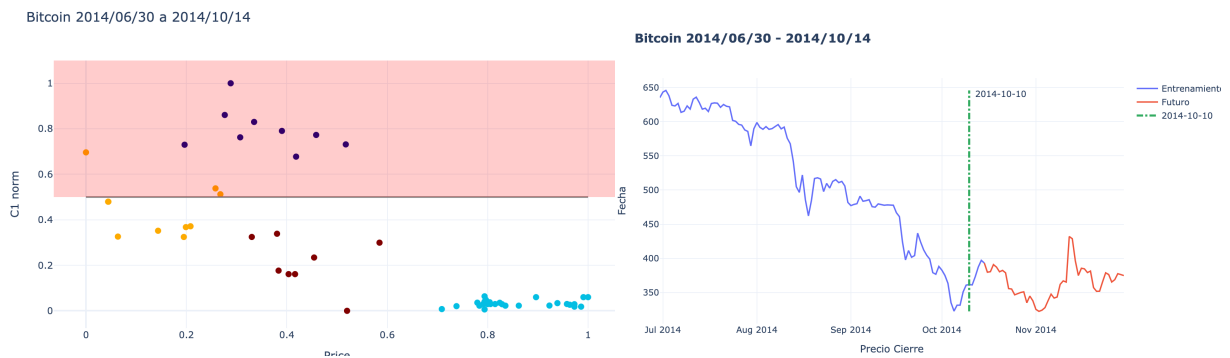


Figura 15: Bitcoin 2014/06/30-2014/10/14

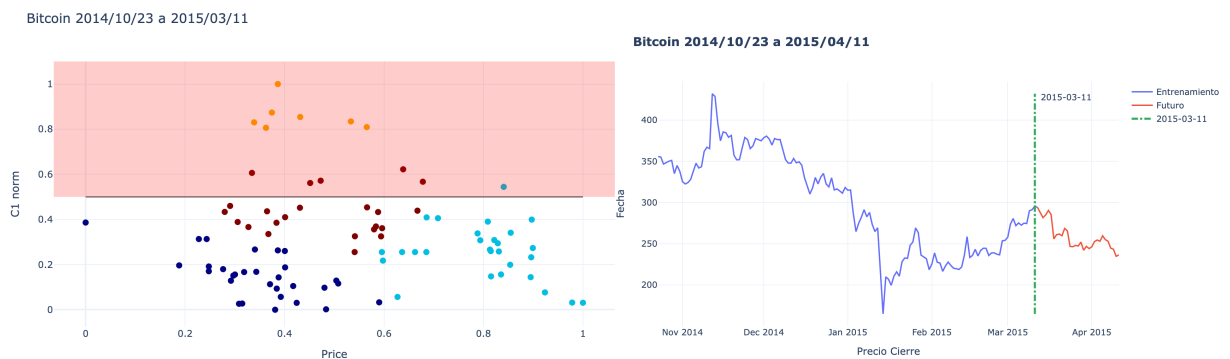


Figura 16: Bitcoin 2014/10/23-2015/03/11

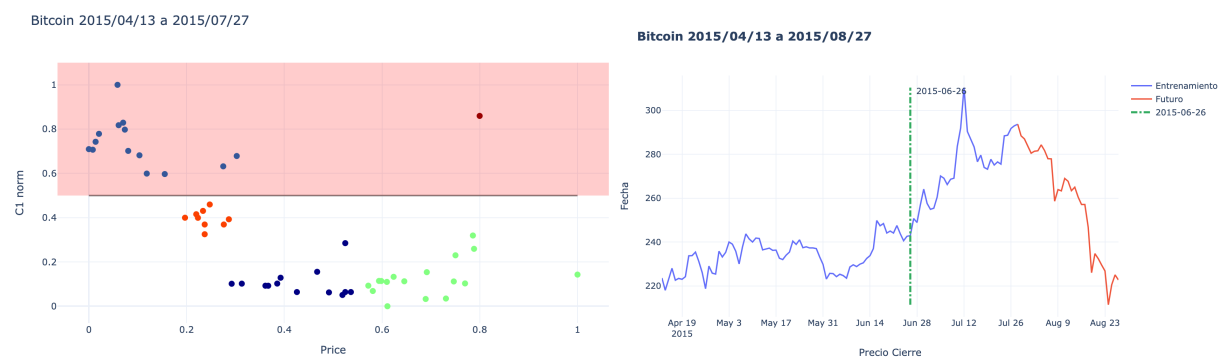


Figura 17: Bitcoin 2015/04/13-2015/07/27

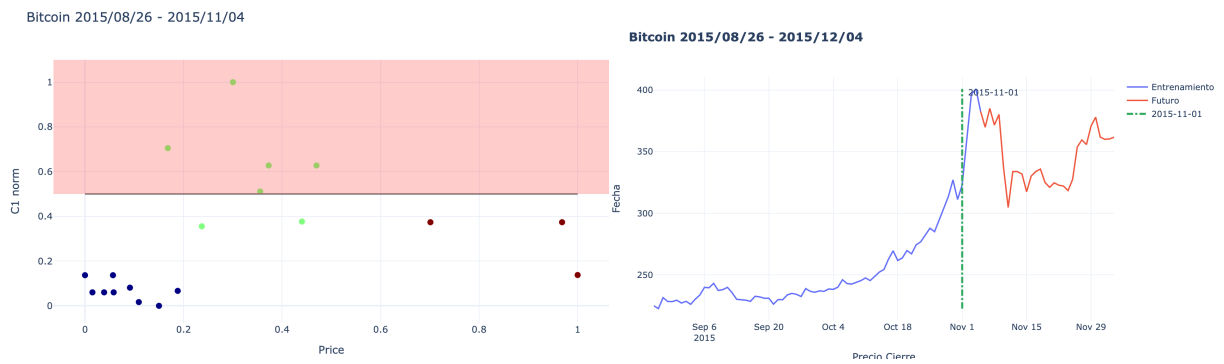


Figura 18: Bitcoin 2015/08/26-2015/11/04