

Máster Universitario en Ciencias Actuariales y Financieras  
2019-2020

*Trabajo Fin de Máster*

# “Estrategias de arbitraje con criptomonedas”

---

Daniel Aldeano Moreno

Tutor/es

José Miguel Rodríguez-Pardo del Castillo

Jesús Ramón Simón del Potro

Madrid, 2019

## DETECCIÓN DEL PLAGIO

La Universidad utiliza el programa **Turnitin Feedback Studio** para comparar la originalidad del trabajo entregado por cada estudiante con millones de recursos electrónicos y detecta aquellas partes del texto copiadas y pegadas. Copiar o plagiar en un TFM es considerado una **Falta Grave**, y puede conllevar la expulsión definitiva de la Universidad.



*[Incluir en el caso del interés de su publicación en el archivo abierto]*

Esta obra se encuentra sujeta a la licencia Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada**

Esta tesis es propiedad del autor. No está permitida la reproducción total o parcial de este documento sin mencionar su fuente. El contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del autor, quien declara que no se ha incurrido en plagio y que la totalidad de referencias a otros autores han sido expresadas en el texto.

En caso de obtener una calificación igual o superior a 9.0 (Sobresaliente), autorizo la publicación de este trabajo en el centro de Documentación de la Fundación Mapfre.

**Sí, autorizo a su publicación.**

**Firmado:**

**DANIEL ALDEANO MORENO.**

## **RESUMEN:**

La llegada de las criptomonedas hace poco más de 10 años ha supuesto un cambio disruptivo en la sociedad en la que vivimos. No solo económico y financiero, sino también tecnológico.

En la actualidad existen más de 5000 criptomonedas, las cuales, al tratarse de un mercado tan inmaduro aún, ofrecen oportunidades realmente interesantes pero desconocidas para la mayoría. Una de ellas es la diferencia de precios que presentan estas monedas digitales en función del mercado (lo que se conoce como exchange) en el que las compramos, lo que ha provocado que a lo largo de los últimos 3 años se hayan desarrollado diversas estrategias de arbitraje que permiten aprovechar esta situación para obtener un beneficio.

A pesar de su poca madurez, los mercados han demostrado que se están volviendo más eficientes según avanza el tiempo, por lo que las diferencias de precios de estas monedas en sus distintos mercados cada vez son menores. Esto ha propiciado que las estrategias de arbitraje cada vez sean más elaboradas. En la actualidad existen 4 formas de arbitraje distintas que se realizan 100% dentro de los propios exchanges, y un tipo de arbitraje que mezcla el mundo cripto con el mundo del dinero fiat.

A pesar de los intereses de muchos, cada día que pasa y las criptomonedas siguen con nosotros, están logrando asentarse en la sociedad actual hasta el punto de dar por hecho que han llegado para quedarse.

**PALABRAS CLAVE:** criptomonedas, bitcoin, blockchain, arbitraje, exchange, bot, ethereum, Binance, comisiones.

## ÍNDICE

1.	Introducción.....	7
1.1.	Motivación y objetivo del documento .....	7
1.2.	Estructura del trabajo .....	8
1.3.	Materiales.....	8
2.	Nacimiento y evolución de las criptomonedas .....	9
2.1.	Bitcoin: desde su creación hasta el día de hoy.....	9
2.2.	Blockchain: la tecnología detrás del bitcoin .....	16
3.	Exchange, billetera y criptobanco .....	20
4.	Mercado cripto en la actualidad.....	21
5.	Estrategias de arbitraje con criptomonedas .....	23
5.1.	Arbitraje simple .....	23
5.2.	Otros tipos de arbitraje.....	29
5.2.1.	Arbitraje paralelo .....	29
5.2.2.	Arbitraje triangular .....	34
5.2.3.	Arbitraje intraexchange .....	34
6.	Bots de arbitraje.....	41
7.	Optimización de la rentabilidad en un bot de arbitraje.....	47
8.	Arbitraje cripto-fiat.....	50
9.	Operaciones reales de mercado .....	53
10.	Futuro del arbitraje y de las criptomonedas.....	56
11.	Conclusiones.....	63
12.	Bibliografía.....	66
13.	Anexos.....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1: Ejemplo arbitraje paralelo. ....	31
Tabla 5.2: Resultado ejemplo arbitraje paralelo. ....	32
Tabla 5.3: Resultado por exchange ejemplo arbitraje paralelo. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Tabla 5.4: Ejemplo arbitraje triangular.....	34
Tabla 5.5: Ejemplo arbitraje triangular (2).....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 5.6: Ejemplo arbitraje intraexchange.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 5.7: Ventajas y ventajas según el tipo de arbitraje .....	40
Tabla 7.1: Comisiones por operación de trading.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 7.2: Comisiones por operación de trading.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 9.1: Operaciones reales arbitraje paralelo .....	53
Tabla 9.2: Operaciones reales arbitraje intraexchange ...	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 9.3: Operaciones reales arbitraje triangular.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 10.1: Resultados simulación con Reinversión.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 10.2: Resultados simulación sin Reinversión.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 10.3: Evolución de bitcoin minados tras cada Halving .....	62

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1: Precio del bitcoin en su primera etapa (2009-2011); <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Ilustración 2.2: Precio del bitcoin en su segunda etapa (2012-2017); <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Ilustración 2.3: Precio del bitcoin en su tercera etapa (2017-2019); <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Ilustración 4.1: Clasificación exchanges (Junio 2020)... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	

Ilustración 4.2: Criptomonedas más importantes (Junio 2020).....	22
Ilustración 5.1: Comparativa precio bitcoin .....	25
Ilustración 6.1.: Ejemplo de Order book .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 6.2: Señales bot de arbitraje.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 6.3: Ejemplo de una billetera dentro de un exchange.....	45
Ilustración 6.4.: Gestión de API .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 10.1: Simulador inversión en bots de arbitraje	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 10.2: Hipótesis utilizadas en la simulación ..	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 10.3: Evolución del precio del bitcoin tras cada Halving.....	61
Ilustración 10.4: Predicción del precio del bitcoin tras cada Halving .....	62
Ilustración 11.1: Precio del bitcoin en distintos exchanges Nov,2019 .....	64
Ilustración 11.2: Precio del bitcoin en distintos exchanges Julio, 2020 .....	64

# **1. Introducción**

## **1.1. Motivación y objetivo del documento**

A pesar de que tan solo hace 12 años desde la aparición de la primera moneda digital, la criptoconomía ha experimentado una evolución más que destacable en este período.

Durante los primeros años desde la aparición del Bitcoin, fueron una minoría los que confiaron en este proyecto. A pesar de eso, a día de hoy, no solo el Bitcoin sigue con nosotros, sino que se han creado otras 5000 monedas digitales aproximadamente y la gran mayoría de la población ha oído hablar de ellas. Han abarcado tanto en tan poco tiempo que se podrían hacer miles de trabajos distintos sobre ellas: sobre la tecnología que hay detrás, sobre el algoritmo de consenso con el que son programadas y que solucionó muchos problemas de las transferencias bancarias tradicionales, sobre la minería de criptomonedas, sobre cómo se está integrando la tecnología que hay detrás de muchas criptomonedas en algunas de las empresas más importantes del mundo actual..., etc. En este trabajo el objeto de estudio va a ser sobre algo muy concreto dentro de un campo tan amplio: el tema va a ser cómo se puede aprovechar mediante el arbitraje la poca madurez que tiene aún este mercado.

Como se irá observando a lo largo del trabajo, en función del mercado o exchange al que acudas para comprar una criptomoneda, el precio encontrado sobre esa criptomoneda va a ser distinto. Esto nos deja ante una oportunidad sencilla de obtener un beneficio: comprar en el lugar donde más barato sea y vender en el más caro.

En eso consisten principalmente las estrategias que se van a explicar a lo largo de este trabajo. Sin embargo, como se podrá comprobar, no es tan sencillo como parece el aprovechar estas diferencias de precios sin asumir ningún riesgo. Para solucionar este problema y poder realizar un arbitraje eficiente y rentable, va a ser necesario apoyarse en lo que conoce como un bot.

## **1.2. Estructura del trabajo**

Antes de entender cómo funcionan las estrategias de arbitraje es muy importante entender varios aspectos sobre la criptoconomía. Por ello las primeras hojas de este trabajo irán dedicadas a hacer un breve repaso sobre la historia de las criptomonedas, desde su aparición hasta el día de hoy.

En la segunda parte y antes de entrar con el arbitraje, se realizará un breve análisis sobre la actualidad del mercado (cuántas criptomonedas hay, en cuantos sitios distintos podemos comprarlas, cuál es la capitalización total de este mercado, que diferencias de precio existe en la actualidad, etc).

Una vez comprendidos los dos puntos anteriores, ya se puede proceder a la explicación de las distintas estrategias de arbitraje. Como se podrá observar hay varios tipos, principalmente motivados por el hecho de que cada vez las diferencias de precios son menores, lo que exige que los métodos para conseguir rentabilidades sean más sofisticados.

En el penúltimo apartado de este trabajo se realizará una simulación mediante VBA de una posible evolución de una inversión en un bot de arbitraje, utilizando hipótesis reales en función de las condiciones actuales que ofrece el mercado.

Por último, se ofrecerá una opinión personal sobre cómo podría ser el futuro de las estrategias de arbitraje mencionadas y del principal criptoactivo: el bitcoin.

## **1.3. Materiales**

Para la elaboración del trabajo se ha realizado una investigación exhaustiva sobre tres aspectos fundamentales. En primer lugar y para la primera parte, se trata de hacer un pequeño viaje a lo largo de los aproximadamente 12 años que llevan las criptomonedas con nosotros, para lo que ha sido necesarias numerosas lecturas de varios libros que tratan sobre Bitcoin, Blockchain, Ethereum, etc.

En segundo lugar y para entender la situación actual del mercado, la principal fuente de apoyo ha sido la página web Coinmarketcap. Esta web es, sin lugar a dudas, la mejor en cuanto a la recogida de datos cuantitativos sobre las criptomonedas.

Por último, algunos de los propios bots existentes en el mercado han sido la principal herramienta utilizada para explicar tanto las distintas estrategias de arbitraje como el funcionamiento de los propios bots.

## **2. Nacimiento y evolución de las criptomonedas**

### **2.1. Bitcoin: desde su creación hasta el día de hoy**

El nacimiento de la primera moneda digital coincide con el inicio de la crisis económica en noviembre de 2008. Su nacimiento, sin embargo, ya había sido anticipado casi una década antes. El autor de esto fue el premio nobel de economía Milton Friedman, el cual varios años antes, llegó a afirmar que pronto se desarrollaría mediante Internet un método por el que se puedan transferir fondos entre 2 individuos sin que ninguno tuviera que saber nada del otro.

La primera moneda digital surge por la desconfianza cada vez creciente de la población hacia los sistemas monetarios existentes en los distintos Estados desde que en el año 1971 se produjera la desaparición del patrón oro. Esto supuso el cambio del dinero fiduciario por dinero fiat, lo que significaba que el valor de la moneda ya no estaría respaldado por nada, sino que desde ese momento su valor dependería de lo que los propios gobiernos decretaran. O lo que es lo mismo, cada Estado pasó a tener un monopolio sobre la emisión de monedas.

Aunque es frecuente considerar a las criptomonedas como un medio para obtener valor a través de una inversión financiera, no se debe pasar por alto el potencial tecnológico que hay detrás de ellas, pues no cabe la menor duda de que transformará la economía del futuro.

La criptoconomía es un campo bastante complejo de entender. Para poder comprenderlo, en primer lugar, hay que entender el Bitcoin, pues fue la moneda que dio vida a la Blockchain (término muy importante que se tratará en las próximas hojas).

La primera referencia que se tiene del Bitcoin fue mediante un artículo publicado en Internet el 31 de noviembre del año 2008. Aparecía como autor del artículo Satoshi Nakamoto (nombre que a día de hoy no se sabe aún si es real, puesto que todavía no se conoce la verdadera identidad del creador). El artículo mencionado hablaba sobre la creación de un sistema en efectivo electrónico de igual a igual (“Peer to peer”). Esta es una de las bases en las que se sustentaba el proyecto. Las redes P2P permiten la comunicación **descentralizada** entre miembros, es decir, sin que intervenga ningún intermediario. Otra de las bases es la política monetaria, la cual fue desarrollada desde un primer momento para que no pudiera ser alterada a lo largo del tiempo. Se puede decir por lo tanto que esta persona había desarrollado todo lo necesario para la creación y emisión de esta moneda digital.

En resumen, lo que Satoshi Nakamoto quería contar al mundo en su primera publicación era que había creado una moneda digital, la cual permitía realizar pagos de forma segura mediante vía electrónica, sin que ninguna institución financiera interviniera en la transacción y que además solucionaba el principal problema de las transferencias bancarias de ese momento: la lentitud con la que se ejecutaban como consecuencia del problema del doble gasto. Este problema se solucionaba con lo que se conoce como algoritmo de consenso entre todos los nodos, y del que se hablará en las próximas hojas.

Tres meses más tarde, a principios de 2009, Satoshi Nakamoto distribuyó públicamente un software capaz de crear nodos de Bitcoin, realizándose en ese momento la primera emisión en la historia de las criptomonedas: 50 Bitcoin a los que a día de hoy se conoce con el término de “Génesis”. Una característica esencial de este software es que, desde sus inicios y hasta la actualidad, está en código abierto. Es decir, la transparencia es absoluta.

Una vez creado el software, y expandido a través de una comunidad que seguiría con su desarrollo, el creador de uno de los inventos tecnológicos más importantes de la historia desaparecería sin que se conozca su verdadera identidad.

Los pilares sobre los que cuales se regía el Bitcoin son los siguientes:

1. **Los nodos:** Bitcoin y muchas otras criptomonedas se estructuran como una arquitectura de red entre pares (peer-to-peer) . Este término peer-to-peer, significa

que los equipos que participan en la red son iguales entre sí. Y cada equipo informático que participa en la red es lo que se conoce como nodo. Todos los nodos están interconectados en la red. Esto implica que no haya un servicio centralizado, y por lo tanto no haya una jerarquía dentro de la red.

Cada nodo lleva consigo un libro en el que se registran todas las operaciones realizadas, no solo en ese nodo en particular, sino en todos. Esto hace que a pesar de que existan multitud de nodos, cada uno recoja todas las operaciones existentes desde la creación de ese nodo (“Distributed Ledger Technology”).

**2. Los mineros:** Para llegar a entender la labor de los mineros es necesario entender qué es lo que ocurre cuando se ejecuta una transacción.

A cada transacción que se genera se le atribuye un bloque. Estos bloques van a recoger todas las operaciones que hayan ocurrido durante periodos de 10 minutos. Es decir, cada diez minutos se crea un bloque nuevo, al cual se le van agregando todas las transacciones que tienen lugar en los 10 minutos posteriores. Cada vez que un nuevo bloque es emitido, los nodos anteriormente comentados, van a competir entre ellos para poder descifrar la información incluida en ese bloque. Esto se debe a que la información presente en los bloques está encriptada por problemas matemáticos de alta complejidad con el objetivo de dotar al sistema de una alta seguridad.

Una vez un nodo ha sido capaz de descifrar la información, esta se agregaría al libro de contabilidad del que hemos hablado anteriormente. Además, el resto de nodos ya existentes la replicarían, evitando de esta manera que se pudiera modificar la información. Para modificarla, no sería suficiente con manipular un solo nodo, sino que habría que manipular más de la mitad de los existentes (según datos de Binance, en la actualidad existen cerca de 10.000 nodos públicos).

Todo este proceso es lo que se conoce como minado. El nodo que resuelve el problema recibe un incentivo: se emiten nuevos bitcoins que irían al minero que lo ha descifrado.

**3. Algoritmo de consenso entre nodos:** el principal problema de las transferencias internacionales tradicionales está en asegurar que el emisor de una cantidad de dinero no gasta el dinero transferido antes de que éste llegue a su receptor. Garantizar esto conlleva un gran trabajo por parte del sistema financiero, y es por

ello que, las transacciones se hacen más lentas. El algoritmo de consenso entre nodos se basa en que todos los nodos reflejan las operaciones realizadas y, por lo tanto, no se puede manipular ninguna transacción. Esto evita automáticamente el problema del doble gasto.

4. **Monederos:** ¿Dónde se guardan esos bitcoins que en este caso están recibiendo los mineros? La respuesta es sencilla. Existen unas “billeteras o wallets” donde se almacenan todas las criptomonedas que, o bien han sido minadas o bien se han comprado. Existen varios tipos de billeteras, con funcionalidades totalmente distintas. Más adelante, en el punto 3 de este trabajo vamos a entrar más en detalle en este aspecto.
  
5. **Una política monetaria propia:** Las políticas monetarias de cada país dependen de las decisiones adoptadas por los bancos centrales. En el caso de las criptomonedas, al tratarse de monedas descentralizadas, es decir, que no dependen de ninguna autoridad, es diferente. El creador, desde el momento de su creación fijó todas las pautas acerca de la creación de monedas de Bitcoin: el número exacto de bitcoins que se iba a emitir quedó prefijado en 21 millones. Para llegar a esos 21 millones, las pautas de emisión consistían en lo siguiente:

Cada vez que se añadía un nuevo bloque de transacciones a la blockchain (lo cual recordemos que se hace cada 10 minutos), se emitían 50 Bitcoins para el minero que había descifrado este bloque. Sin embargo, cada cuatro años, esta cifra se va a ir dividiendo por dos. Es decir, 4 años más tarde ya no se emitían 50 bitcoins cada 10 minutos sino 25. Siguiendo estas pautas, este mismo año, 2020, la cifra se ha visto reducida a 6.25 bitcoins por bloque.

Estas características hacen que la política monetaria del bitcoin cumpla con dos conceptos que dotan de valor a una moneda: la **escasez** y la **deflación**. El bitcoin puede sufrir cambios de valor por la oferta y demanda, pero nunca podrá sufrir devaluaciones ya que no se pueden producir más de los 21 millones estipulados.

La evolución que ha experimentado el mundo de las criptomonedas podría dividirse en varias etapas:

### **ETAPA 1 (2008-2012)**

Algunos de los acontecimientos más importantes dentro de esta primera etapa fueron:

- Primera venta de bitcoin: compra de 5020 bitcoins por 5 dólares, a través de PayPal.
- Se crea el primer exchange público. Un Exchange es una especie de tienda virtual, a través de la cual mediante una conexión a internet puedes adquirir distintas criptomonedas. En este momento, el bitcoin, por primera vez en su historia, pasaba a tener un precio público, el cual fue de 0,003 dólares.
- En el año 2011 se publicaron artículos sobre el Bitcoin en las revistas Forbes y The New Yorker, lo que hizo que el precio superara los 25 dólares.

Es en este preciso momento cuando la criptoconomía se empieza a tomar en serio. Empieza a captar la atención de las grandes entidades tecnológicas y financieras y se empiezan a crear otras criptomonedas además del bitcoin.

**Ilustración 2.1: Precio del Bitcoin en su primera etapa (2009-2011). Fuente: Coinmarketcap**



## ETAPA 2 (2012 -2017)

A finales del año 2013, como consecuencia de la expansión en el conocimiento de esta nueva moneda, el Bitcoin alcanza por primera vez los 1000 dólares.

Pero el hecho de que se relacionara a esta moneda digital con pagos ilegales, unido a los numerosos hackeos que estaba recibiendo el primer exchange, dañaron considerablemente la imagen de esta moneda digital, haciendo que su valor cayera de nuevo a los 250\$.

Durante los 3 años siguientes no se producen cambios significativos, y el valor del bitcoin oscilaría sin mucho movimiento. Sin embargo, en 2015 se declara como *commodity* por lo que empieza a ser legislado, lo que hace que el precio vuelva a experimentar un ligero incremento.

**Ilustración 2.2: Precio del Bitcoin en su segunda etapa (2012-2017). Fuente: Coinmarketcap**



## ETAPA 3 (2017 - 2020)

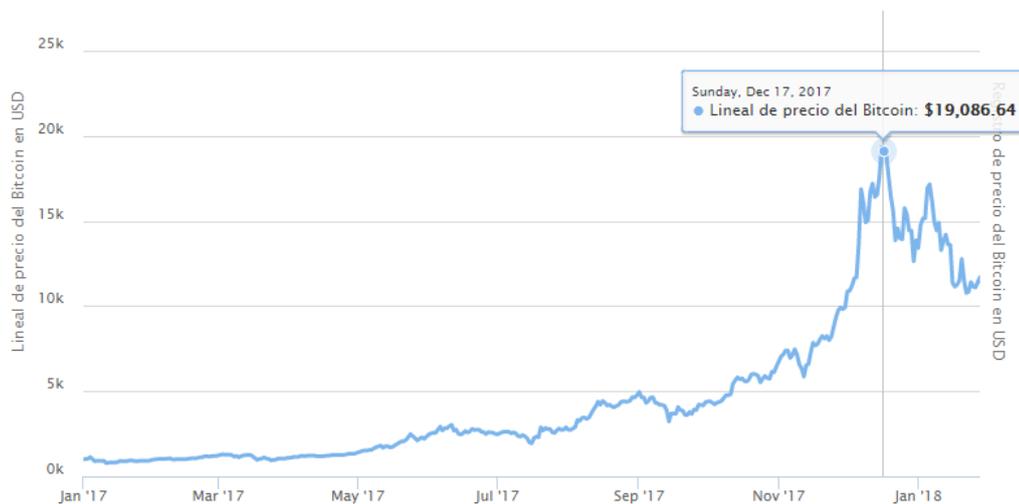
A principios del año 2017 recupera el valor de los 1000 dólares. De ahí en adelante el valor experimentaría un crecimiento exponencial llegando ese mismo año a alcanzar valores cercanos a los 20.000 dólares.

Una de las razones por las cuales el bitcoin experimentaría tal crecimiento radica en que, a finales de ese mismo año, aparecen por primera vez los derivados financieros sobre el bitcoin.

Otros posibles detonantes que impulsaron el valor del Bitcoin pudieron ser diversos acontecimientos económico-políticos que estaban surgiendo a nivel internacional, como el brexit o la recién llegada a la presidencia de los Estados Unidos de Donald Trump, pues ambos acontecimientos provocaron que muchos individuos empezaran a experimentar una visión un tanto pesimista respecto a las instituciones (como ocurrió en el año en el que se crea esta moneda, 2008).

Pero la realidad es que el mayor detonante fue el más simple de todos: el fenómeno conocido como FOMO (“Fear of missing out” o “miedo a perderse algo”). La rápida difusión de noticias que tienen lugar en la actualidad llevó a que muchas personas, incluso sin entender para nada de que se trataba el bitcoin, compraran simplemente por seguir a las masas.

**Ilustración 2.3: Precio del Bitcoin en su tercera etapa (2017-2019). Fuente: Coinmarketcap**



El crecimiento exponencial del bitcoin trajo consigo la aparición de otras criptomonedas. De hecho, dentro del propio bitcoin hubo una especie de separación (termino conocido

como “fork”): los que pensaban que había que seguir con el desarrollo del bitcoin centrando la atención en continuar con la idea de descentralización, y por otro lado los que querían desarrollar la moneda buscando mejoras en la agilidad a la hora de hacer pagos. Estos últimos darían vida a lo que hoy se conoce como Bitcoin Cash (BCH), mientras que los primeros seguirían con el Bitcoin conocido hasta ese momento, que también se conoce con el nombre de Bitcoin Core (BTC). Al ser un proyecto en código abierto, el segundo grupo partió de los avances realizados hasta ese momento, tomando todo el historial completo de transacciones para continuar con sus ideas desde ese punto.

Para muchos, sin embargo, lo más fascinante de la aparición del bitcoin no es ni la propia moneda, ni el valor que ha llegado a alcanzar, ni su rápida expansión; el verdadero descubrimiento está en la tecnología que subyace en él.

## **2.2. Blockchain: la tecnología detrás del bitcoin**

Siendo honestos, Bitcoin no trajo en sí avances tecnológicos nuevos, sino que partieron de tecnologías existentes, como podían ser las redes P2P o las técnicas de criptografía. Lo que si es cierto es que con Bitcoin se consiguió por primera vez agregar todas estas tecnologías de manera que surgió algo absolutamente novedoso: la Blockchain. En el punto anterior de este trabajo ya habíamos hablado de este fenómeno pero sin mencionarlo directamente. La Blockchain no es otra cosa que el libro de contabilidad donde se recogen todas las cadenas de bloques que a su vez reflejan todas y cada una de las transacciones que han ocurrido a lo largo del tiempo.

Como muchos podrán intuir, aunque al blockchain siempre se le vincula con el bitcoin, podría ser utilizada para representar muchas otras cosas que necesiten un almacenamiento de datos a lo largo del tiempo. Utilizando esta tecnología, se estaría garantizando la inmutabilidad de los datos.

Otra característica a destacar de esta revolucionaria tecnología es, que a diferencia del Bitcoin, no tiene porqué ser pública, sino que también puede ser privada, y no tiene porqué reflejar únicamente datos financieros.

Esta tecnología ha provocado un cambio fundamental: el paso de la Internet de la información a la internet del valor: gracias al Blockchain es posible transmitir dinero de

forma segura y descentralizada. Esto era muy difícil de imaginar antes de la irrupción de esta tecnología, ya que todo dependía de un intermediario como solían ser los bancos.

Gracias a la Blockchain también fue posible crear otras criptomonedas, las cuales partían de los mismos principios que el Bitcoin, pero posteriormente aplicaban algoritmos de consenso distintos. Estas criptomonedas que empiezan a nacer a partir del año 2011 es lo que hoy en día conocemos como *altcoins*. En este punto vamos a realizar una breve introducción de algunas de las más importantes, bien por ser las primeras en aparecer, bien por la dimensión que han alcanzado en la actualidad, o bien por lo que cabe esperar de ellas en el futuro:

**Namecoin (NMC):** es la primera altcoin que se creó. Su objetivo era aplicar la tecnología Blockchain a los dominios del Internet, para descentralizarlos y que de esta manera los ataques a los servidores de Internet no provocaran caídas de los sistemas. El dominio “.bit” se creó de esta manera.

**Litecoin (LTC):** otra de las primeras altcoins en aparecer. Creada por un empleado de Google, tiene el objetivo de solventar una de las carencias del Bitcoin: el tiempo de procesamiento de los distintos bloques. Como se ha señalado anteriormente, cada 10 minutos se emitía un bloque nuevo, lo que hacía intuir que cuando el número de transacciones fuera aumentando, podría provocar una especie de atasco de transacciones pendientes (esto hoy en día ocurre frecuentemente). Para solucionar esto, lo que se hizo fue modificar el algoritmo de consenso para que en lugar de generar un bloque cada 10 minutos, se generara cada 2 minutos y medio.

**Ripple (XRP):** también considerada por muchos como “la moneda de los bancos”. Su objetivo primordial consistía en eliminar el proceso de minado de Bitcoin, y que las operaciones con esta moneda sean verificadas por una corporación, de manera que el concepto de descentralización se pierde. La decisión de eliminar el proceso de minado hace que se pueda utilizar esta tecnología para acercar el mundo de las criptomonedas al mundo tradicional de las divisas.

Cuando Ripple emitió su criptomoneda, una proporción muy alta de los tokens XRP se quedaron en la propia corporación y no salieron a la venta. Por todas estas características, muchos bancos han invertido en Ripple con el objetivo de poder utilizar esta tecnología

y agilizar las transacciones en los mismos. Esto la ha convertido en una moneda con mucho apoyo y mucho odio. Odiada principalmente por los amantes de las criptomonedas, al alejarse de los principios con los que se crea el Bitcoin, pero siendo la tercera moneda con más volumen como consecuencia de la confianza que aporta el hecho de que esté respaldada por los bancos.

**Ethereum (ETH):** Sin lugar a dudas, la segunda revolución más importante en el mundo de las criptomonedas llegó con la creación de esta nueva blockchain denominada Ethereum (nombre que tomó como alusión al campo de la ciencia ficción, aludiendo al medio invisible que permite que se pueda viajar a la velocidad de la luz en el universo). A diferencia de las mencionadas anteriormente, este nuevo sistema de blockchain no hacía modificaciones sobre el algoritmo que utilizaba el Bitcoin, sino que ofrecía una tecnología considerablemente más potente que la conocida hasta el momento. Esto se debe fundamentalmente a la introducción mediante esta tecnología de los *Smart contracts* y de las *ICO*.

Fue creada en el año 2014 por un programador ruso-canadiense conocido como Vitalik Buterin. Su objetivo era desarrollar aplicaciones completamente descentralizadas, en las cuales la propia aplicación fuese la encargada de que todas las entradas llegasen al destinatario sin que existiese ni un solo punto central del que dependiese esta transacción: los nodos no solo serían medios para registrar transacciones.

Los **Smart contracts** hicieron posible un gran avance: digitalizar la propiedad. Un Smart contract o contrato inteligente es fundamentalmente un programa de software que acompaña a transacciones financieras, programado de tal manera que siempre que ocurre un evento A, el contrato inteligente ejecuta otro evento B. Estos contratos además son inmutables, y por lo tanto no pueden modificarse.

Por ejemplo, si alguien comprase una casa, podría crear un Smart contract en el que establezca que, una vez que se ha realizado la adquisición, todos los meses se transfiera desde mi billetera a la billetera del vendedor una cierta cantidad hasta que se haya pagado la totalidad de la casa. Debido a la propiedad de inmutabilidad ya mencionada, este contrato es imposible de modificar, por lo que la persona que ha comprado la casa no podría negarse a pagar ni podría cambiar la cantidad mensual que paga.

Solo con este ejemplo se puede apreciar la enorme usabilidad que tienen estos contratos, pues se estaría garantizando recibir el cobro sin que este dependa de un intermediario que nos asegure lo propio.

La **ICO** o *Initial Coin Offering* es otra de las grandes aportaciones de esta nueva tecnología a la economía. Cualquier empresa que haya desarrollado su propia criptomoneda, puede venderla y por lo tanto obtener financiación. Sería la similitud de las IPO o *Initial Public Offering* pero en el mundo cripto.

La primera ICO de la historia fue precisamente sobre el token creado sobre la Blockchain de Ethereum, el Ether (ETH). Esta preventa pública permitió a los creadores de Ethereum obtener financiación para su proyecto, por un total de 14 Millones de dólares. En la actualidad, este método de financiación es utilizado por muchas pequeñas empresas.

La rentabilidad proporcionada por las ICO es excepcional. Alguien que hubiera acudido a todas las ICO que tuvieron lugar entre 2014 y 2018, tanto las exitosas como las no exitosas, y hubiera invertido la misma cantidad en todas ellas, se estima que habría multiplicado su capital invertido por 12 (ESTUDIO DE MANGROVE VC, 2018).

Sin embargo, las ICO tienen todavía mucho camino por delante. Aún no tienen una regulación adecuada, y no cualquier empresa puede hacer uso de este método de financiación.

Es importante entender también el concepto de token. Un token es una moneda que refleja el valor de algo (por ejemplo, cuando vas a una feria, las fichas de una atracción serían un token, que tiene el valor que has pagado por ella y que te da acceso a disfrutar de esa atracción). Aplicando esto al mundo de las criptomonedas, el Ether sería el token de Ethereum, y reflejaría el valor que tiene esa moneda en el mercado. El token permite fraccionar en varias partes el valor de una misma cosa.

Para concluir esta breve introducción sobre la historia de las criptomonedas, es importante resaltar como el Bitcoin supuso una revolución en la digitalización del dinero, mientras que, la llegada del Ethereum unos años más tarde supuso una revolución a la hora de digitalizar la propiedad.

**Cardano (ADA):** Considerada la criptomoneda de tercera generación, es el primer proyecto de Blockchain desarrollado siguiendo una filosofía científica.

Fue construida sobre la tecnología que soportaba Ethereum (proyecto que se comentará a continuación). A diferencia de Bitcoin y Ethereum, los cuales utilizan la Proof of Work (PoW o prueba de trabajo) como algoritmo de consenso, Cardano utiliza como algoritmo lo que se conoce como Proof of Stake (PoS o prueba de participación). Este nuevo algoritmo necesita de menor consumo eléctrico para resolver los problemas criptográficos necesarios para a su vez completar los bloques.

Con este algoritmo, los mineros ya no compiten por tener los ordenadores más potentes que permitan descryptar los complejos problemas matemáticos, sino que ahora las probabilidades de que un minero descrypte un bloque va a ser proporcional a la participación que tenga sobre esa criptomoneda.

Los creadores han conseguido mantener la alta seguridad del Proof of Work que utilizaba el bitcoin, pero con una mayor velocidad y capacidad operativa.

### **3. Exchange, billetera y criptobanco**

Antes de entrar en detalle con las estrategias de arbitraje, es fundamental entender qué son los exchanges, y en que se diferencian de las billeteras y de los criptobancos.

En primer lugar, las billeteras son un tipo de herramienta que te permite ser el dueño de las llaves privadas que te dan acceso a la blockchain que, a su vez, te da acceso a las criptomonedas. Esta es la única forma que te permite ser el único dueño de tus cripto. Es por lo tanto la herramienta recomendada para almacenar aquellas criptomonedas que no vayamos a necesitar intercambiar en el corto plazo. Es cierto que algunas de estas billeteras te permiten tradear. Sin embargo, la comisión que te cobran por ello es muy alta. Lo más recomendado para tradear es utilizar un exchange.

Un exchange ofrece las comisiones más pequeñas para realizar operaciones de intercambio entre distintas criptomonedas. A lo largo de este trabajo, estos van a ser sobre los que más hablemos, ya que los exchanges son uno de los agentes que más intervienen en el arbitraje de estas monedas.

Algunos exchanges te permiten comprar cripto con tu dinero fiat, lo cual no es lo más recomendable, ya que la comisión que te cobran por ello es bastante elevada. La mejor opción para esto son los criptobancos.

Los criptobancos son, sin lugar a dudas, la mejor opción para comprar criptomonedas con dinero fiat, así como para cambiar tus criptomonedas por dinero fiat y sacarlos a tu cuenta bancaria. Algunos de estos además ofrecen tarjetas que te van a permitir sacar dinero en un cajero o pagar en cualquier establecimiento.

En conclusión, lo más eficiente sería utilizar las billeteras para almacenar, los exchanges para intercambiar y los criptobancos para comprar y vender.

#### **4. Mercado cripto en la actualidad**

Entender el mercado actual y algunos detalles sobre el mismo es muy importante para poder entender los pilares y la operativa del arbitraje con criptomonedas.

En la actualidad, existen más de 300 exchanges donde poder comprar las distintas criptomonedas que hay disponibles en el mercado. Es muy importante saber bien cuál de estos 300 está entre los mejores, ya que muy probablemente, cuando compremos criptomonedas las dejemos al menos durante un tiempo dentro del exchange, y si escogemos uno con riesgo de desaparecer podríamos perderlas.

Para comprobar la calidad de un exchange, la mejor opción es consultar la página web *coinmarketcap.com*. Esta nos ofrece un ranking de los mejores exchanges, el cual se ha realizado teniendo en cuenta distintos factores como la liquidez y volumen que se manejan dentro del exchange, la diversidad de monedas que ofrece y lo que se conoce como web traffic factor (puntuación entre 0 y 1000 que se otorga en función de parámetros: como las visitas que recibe el exchange, los visitantes que atrae o el ranking que tiene cada exchange en otras plataformas como la de Alexa).

Teniendo en cuenta todas esas variables, a fecha de junio de 2020 los exchanges más importantes son los siguientes:

**Ilustración 4.1: Clasificación exchanges (Junio 2020). Fuente: Coinmarketcap**

Rank	Nombre	Web Traffic Factor	Avg. Liquidity	Volumen (24h)	Núm. de mercados
1	 Binance	1000	464	\$3.216.052.385	588
2	 Coinbase Pro	996	422	\$181.886.427	67
3	 Huobi Global	779	568	\$3.124.504.052	541
4	 Kraken	900	0	\$161.829.364	155
5	 Bithumb	850	198	\$278.015.337	102
6	 Bitfinex	788	487	\$51.529.262	275

Entre los anteriores, los que más se van a mencionar a lo largo de este trabajo van a ser Binance, Kraken y Bitfinex.

Más interesante aún resulta analizar el mercado de las propias criptomonedas. A fecha 14 de Julio de 2020, esta misma web *Coinmarketcap* informa sobre la existencia de un total de 5.726 criptomonedas en el mercado, suponiendo una capitalización total de mercado por valor de **\$273.319.077.071** a esta misma fecha.

Las más importantes por su capitalización (es importante recordar que se calcula multiplicando el número de monedas en circulación por su precio de mercado) son las siguientes:

**Ilustración 4.2: Criptomonedas más importantes (Junio 2020). Fuente: Coinmarketcap**

Rank	Nombre	Símbolo	Cap. de Mercado	Precio	Acciones en circulación	Volumen (24h)
1	 Bitcoin	BTC	\$169.501.882.796	\$9202,56	18.419.000 BTC	\$16.278.798.996
2	 Ethereum	ETH	\$25.307.814.618	\$226,85	111.564.332 ETH	\$6.541.632.742
3	 Tether	USDT	\$9.216.617.455	\$1,00	9.187.991.663 USDT *	\$19.861.935.712
4	 XRP	XRP	\$7.854.626.106	\$0,177474	44.257.803.618 XRP *	\$1.078.873.138
5	 Bitcoin Cash	BCH	\$4.133.112.372	\$224,03	18.449.219 BCH	\$1.194.149.371
6	 Bitcoin SV	BSV	\$2.915.321.621	\$158,03	18.447.815 BSV	\$972.320.579
7	 Litecoin	LTC	\$2.692.788.645	\$41,47	64.926.721 LTC	\$1.627.451.599
8	 Binance Coin	BNB	\$2.406.287.398	\$15,47	155.536.713 BNB *	\$162.073.466
9	 Crypto.com Coin	CRO	\$2.232.354.496	\$0,126285	17.677.168.950 CRO *	\$65.183.402
10	 EOS	EOS	\$2.210.606.219	\$2,37	933.928.213 EOS *	\$1.105.871.528
11	 Cardano	ADA	\$2.164.802.734	\$0,083496	25.927.070.538 ADA	\$239.508.925
12	 Tezos	XTZ	\$1.765.643.914	\$2,40	734.719.311 XTZ *	\$60.021.703

Lo primero que debería llamar la atención al observar la imagen anterior es como la capitalización del bitcoin representa un porcentaje muy importante de la capitalización total. En la actualidad, representa aproximadamente el 63% del mercado. Aunque aún representa un porcentaje muy alto, está disminuyendo de forma gradual. De hecho, en los dos últimos meses la dominancia de esta criptomoneda ha caído más de un 3%, lo que es positivo pues muestra que existe interés por el mundo de las criptomonedas más allá del bitcoin.

También destaca cómo el volumen de trading diario durante el día en concreto que se muestra en la imagen no fue superior en el bitcoin como cabría esperar, sino en la moneda conocida como tether. Esto es algo muy frecuente, y tiene una explicación muy lógica. Tether tiene una particularidad que la diferencian del resto de monedas que aparecen en la imagen anterior, y es que es una “stablecoin o moneda estable”. Este es un término nuevo en este trabajo y muy importante. Moneda estable o stablecoin significa que el valor de esa moneda no va a variar, sino que va a ser siempre estable respecto a algo. En este caso, el valor de tether es siempre estable frente al dólar, por lo que siempre vale 1\$.

Esta es la razón por la cual su volumen de negociación es tan alto, ya que muchos inversores siempre que quieren protegerse de la volatilidad de las criptomonedas y, por ello, lo que hacen es una operación de trading entre la criptomoneda que tuvieran y tether. De esta manera pueden almacenar capital dentro de los exchanges sin que esté expuesto a volatilidad de ninguna moneda, y al ser una moneda con un elevado volumen de trading diario, tiene par (o lo que es lo mismo, se puede intercambiar) con muchas criptomonedas. Esto hace que también se utilice con fines especulativos, manteniendo una posición fija en dólares dentro de un exchange a la espera de que alguna criptomoneda alcance un precio de mercado objetivo, momento en el que intercambian esa posición en tether.

Entre la gran variedad de criptomonedas existentes en el mercado, las que más se van a utilizar en este proyecto para explicar las operaciones de arbitraje van a ser bitcoin, ethereum, dash y cardano.

Una vez se han adquirido ciertos conocimientos sobre la criptoconomía, y sobre el mercado sobre el cual se va a realizar la operativa de arbitraje, ya se podría proceder con la segunda parte y la más interesante de este proyecto: las estrategias de arbitraje.

## 5. Estrategias de arbitraje con criptomonedas

### 5.1. Arbitraje simple

Cuando un mundo como el de las criptomonedas irrumpe con tanta fuerza, es muy importante analizar las oportunidades que nos ofrece. Estas oportunidades son posibles principalmente gracias a que es un mercado inmaduro que por el momento no está completamente regulado. Es importante señalar que el hecho de que no esté regulado no significa que no sea legal, sino que simplemente es ilegal. En este punto vamos a analizar una de las estrategias que, durante más de 2 años, ha estado ofreciendo rentabilidades constantes bastante elevadas a los inversores que la han implementado: el arbitraje. Aunque el arbitraje es conocido por muchos, conviene realizar una breve introducción del mismo para posteriormente entender adecuadamente las distintas estrategias.

El arbitraje se basa en algo tan sencillo como comprar barato para vender caro. Sin embargo, para que sea una estrategia de arbitraje y no de trading (pues muchas personas lo confunden), la clave está en que esa compra y esa venta se tienen que realizar de manera casi simultánea. Si dejaras pasar un intervalo de tiempo superior a varios segundos entre la compra y la venta, ya no estaríamos hablando de una estrategia de arbitraje, sino que durante esos segundos estaríamos expuestos a las variaciones en el precio de los activos, y por lo tanto podríamos llegar a perder dinero. Un arbitraje tiene que ser una operación que cuando tú la ejecutas sabes que vas a obtener un beneficio sí o sí.

Observemos un ejemplo muy sencillo de un arbitraje aplicado a nuestra vida cotidiana para entender el concepto:

***EJEMPLO 5.1:*** Imaginemos que un día fuésemos a un centro comercial en el que tenemos dos tiendas de videojuegos (A y B), en las que podemos tanto comprar como vender juegos. Nosotros ese día queremos comprar un videojuego cuyo precio es de 60€. Sin embargo, ese día en concreto en la tienda A presenta un 50% de descuento, por lo que podríamos comprarlo a 30€. Además, sabemos que en la tienda B ese juego, al costar 60€, si tú lo vendes en buenas condiciones te ofrecen 35€ por él. Es sencillo darse cuenta que

estamos ante una buena oportunidad para ganar dinero sin tomar ningún riesgo, ya que podríamos comprar el juego en la tienda A por 30€, e inmediatamente ir a la tienda B y venderlo por 35€. Cuando compramos el juego, nosotros estamos 100% seguros de que vamos a obtener un beneficio. Pues bien, esto relacionado al mundo de las criptomonedas es lo que se conoce como **arbitraje cripto-cripto**.

Como se ha señalado anteriormente en el tercer punto de este trabajo, si quisieras comprar alguna criptomoneda sería necesario acudir a un exchange o criptobanco.

Lo que hace posible encontrar esta diferencia de precios del ejemplo de los videojuegos en el mundo real de las criptomonedas es, que al ser un mercado por el momento no regulado (lo cual de nuevo es importante señalar que no significa que sea ilegal, sino que es alegal), el precio de cada criptomoneda es distinto en función del exchange al que vayas a comprarlo. Cada exchange tiene su propia bolsa de criptomonedas, y en función de la oferta y la demanda de cada una de las monedas digitales dentro de ese exchange, el precio irá variando. Es decir, si por ejemplo quisiéramos comprar bitcoin, el precio que encontraríamos en cada uno de los exchanges no va a ser igual, sino que cada uno tiene su propio precio.

Esto podemos comprobarlo gracias a la página web más importante en la recogida de datos estadísticos sobre las criptomonedas en circulación: *Coinmarketcap*. Dentro de esta web hay un apartado en el que puedes observar el precio de cada criptomoneda en los distintos mercados. Estos precios se muestran con un ligero retraso, por lo que esta página sólo sirve para hacerse una idea de las diferencias que hay en precios en la actualidad, pero no para observar las diferencias a tiempo real. Veamos por ejemplo el precio del bitcoin frente al tether (importante recordar que el tether era la moneda estable que siempre tenía el valor de un dólar) en 7 distintos mercados en un momento en concreto de Julio de 2020:

**Ilustración 5.1: Comparativa precio bitcoin. Fuente: Coinmarketcap**

Rank	Source	Pair	Price	Volume (24h)	Confidence 
1	 Binance	BTC/USDT 	\$9253,65	\$398.997.233	High 
2	 OKEx	BTC/USDT 	\$9253,61	\$381.396.684	High 
3	 Huobi Global	BTC/USDT 	\$9254,07	\$297.762.792	High 
4	 HitBTC	BTC/USDT	\$9253,77	\$279.317.770	High 
5	 Coinbase Pro	BTC/USD 	\$9249,07	\$79.844.539	High 
6	 Binance	ETH/BTC 	\$9255,25	\$67.024.899	High 
7	 BKEX	BTC/USDT	\$9250,72	\$232.486.191	Moderate 
8	 Kraken	BTC/USD 	\$9252,90	\$48.820.723	High 

En esta imagen se puede apreciar claramente como en cada uno de los 7 exchanges el bitcoin presenta un precio distinto. Para poder aprovechar el arbitraje, solo habría que comprar en el Exchange que tenga el menor precio y vender en el que tuviera el precio mayor. Sin embargo, aunque parezca sencillo, esto presenta varios problemas para un inversor individual:

1. En primer lugar, es muy complicado estar atento en todo momento al precio que presentan todas las criptomonedas en todos los exchanges. Sería necesario elegir dos o tres criptomonedas sobre las que hacer un seguimiento, y elegir a su vez 3 o 4 exchanges (muy recomendable seleccionarlos entre los que presentan mayor liquidez de todos los disponibles en el mercado) en los que ir observando el precio a cada instante. Esto sería el límite que podría soportar un inversor individual para poder hacer un análisis adecuado en todo momento.
2. A pesar de haber reducido mucho los mercados que vamos a analizar, seguiríamos teniendo presentes varios problemas más. Uno de ellos sería el tiempo necesario para un inversor individual en realizar una operación de compra y venta. Para agilizar este proceso lo máximo posible, tendríamos que:
  - Disponer en los dos exchanges de capital invertido en la criptomoneda sobre la que quieres realizar el arbitraje, ya que aunque en uno de los exchange vas a comprar, en el otro vas a vender, y para poder vender por ejemplo bitcoin, tendrías

que tener esos bitcoin que quieres vender en ambos exchanges, puesto que no se puede saber en cuál de los exchanges se va a ofrecer la oportunidad de comprar barato y en cual la de vender caro.

- En segundo lugar, tener dentro de todos los exchanges dinero fiat (dólares, euros...) o stablecoins (se entrará más en detalle sobre este concepto), para que cuando queramos comprar Bitcoin u otra cripto, se compre con el dinero que ya está dentro del exchange, ya que si hubiera primero que ingresar este dinero estaríamos perdiendo mucho tiempo.
  
  - Hay que tener en cuenta, además, que cuando se observa una oportunidad de arbitraje, para esa operación en concreto hay un volumen máximo permitido a esos precios. Es decir, si observamos Bitcoin a 8500€ en un Exchange, y a 8200€ en otro, no vas a poder comprar y vender el Bitcoin entero, sino que alomejor a ese precio el volumen máximo es de 0,04 BTC, y si quieres comprar más el precio que te está ofreciendo el mercado es diferente.
3. Por último, cuando se observa una oportunidad de aprovechar distintos precios, hay que perder unos segundos en tener en cuenta las comisiones de entrada en la operación, puesto que en ocasiones las comisiones se podrían comer un % alto de la rentabilidad, lo que haría que no resultase tan beneficioso entrar en esa operación.

Vamos a ver todo esto con un ejemplo para que se entienda mejor.

**EJEMPLO 5.2:** Somos un inversor que pretende realizar arbitraje únicamente sobre Bitcoin, y únicamente estando atento al precio que presenta en 2 exchanges (Binance y Kraken). En un cierto momento, se observa que en Binance hay una oportunidad de compra de 0.10 BTC a un precio de 8200€, mientras que en Kraken se puede vender esa misma cantidad a un precio de 8450€.

En primer lugar, vamos a considerar la operativa previa necesaria de haber llevado a cabo previamente a realizar el arbitraje para que este sea posible y se lleve a cabo con la mayor rapidez:

1. Para poder realizar la compra en Binance, mínimo tendríamos que tener dentro de este Exchange unos 1000€ en dinero fiat (para poder comprar los 0.1 BTC y las comisiones que le acompañan). Para poder vender 0.1 BTC en Kraken, mínimo tenemos que tener esos 0.1 BTC ya comprados dentro de este segundo Exchange.

Suponiendo que este primer paso se realizó antes de que se observase la oportunidad de arbitraje, los siguientes pasos serían:

2. Detectamos la diferencia de precios, y tenemos que ir lo más rápido posible a ambos mercados para comprar en Binance los 0.1 BTC a un precio de 8200€, y vender en Kraken los 0.1 BTC que teníamos a un precio de 8450€. Lo ideal es que desde que se producen esos precios hasta que se ha hecho toda la operativa pasen los menos segundos posibles.

Suponiendo que se ha hecho todo lo suficientemente rápido y hemos sido capaces de ser los primeros en llegar a los precios que ofrecía el mercado, se habría obtenido un beneficio de 25€ (sin tener en cuenta las comisiones que conlleva cada operación).

Sin embargo, siendo realistas, un inversor individual no va a ser capaz de observar los precios en los distintos mercados y ejecutar las operaciones necesarias en pocos segundos, con lo que va a estar expuesto a lo que varíen los precios en el tiempo real que tarde en ejecutar todo el proceso.

Es cierto que ante una situación como la expuesta en el ejemplo, donde hay bastante diferencia entre el precio del BTC entre un Exchange y otro, muy probablemente, aunque tardásemos un minuto en acabar la operativa, la variación en los precios en ese tiempo no sería la suficiente como para que se sufriera una pérdida. Es decir, aun no habiendo sido lo suficientemente rápidos habríamos obtenido una rentabilidad positiva. La cuestión es que esa rentabilidad no se habría obtenido mediante una estrategia de arbitraje, sino de trading, puesto que hemos estado expuestos a un riesgo durante aproximadamente ese minuto.

La realidad a día de hoy es la que muestra la ilustración 5.1, en la que se aprecia como la diferencia de precios de un bitcoin es mucho más pequeña entre un exchange y otro (sobre los 10\$ normalmente). Esto implica que a día de hoy el estar expuesto muchos segundos a las variaciones del mercado conlleve un gran riesgo que pudiera culminar en una pérdida.

En conclusión, un inversor individual que quisiera realizar un arbitraje cripto-cripto enfrentaría dos problemas fundamentales: **la poca capacidad** para observar la totalidad de los mercados a tiempo real por sí solo, y **el tiempo** que pasa entre que se observa la oportunidad y se ejecuta.

Todos estos problemas que ya se dan en el arbitraje simple, se amplifican en las estrategias que se van a explicar en el siguiente punto. En este, se van a presentar otros 3 tipos de arbitraje que se están aprovechando en la actualidad.

## 5.2. Otros tipos de arbitraje

El arbitraje que se ha explicado en el punto anterior es lo que se conoce como arbitraje simple. Además de éste, en el mundo de las criptomonedas existen otros tres tipos de arbitraje más:

1. Arbitraje paralelo
2. Arbitraje triangular
3. Arbitraje intraexchange

Para entender adecuadamente la diferencia entre un arbitraje y otro, vamos a estructurar este punto de la siguiente manera: En primer lugar, haciendo una descripción sobre cada tipo de arbitraje. Posteriormente se presentará un ejemplo práctico ficticio detallando cada una de las partes a realizar dentro de la estrategia completa, y por último se mostrarán varias operaciones reales de mercado que fueron realizadas por bots de arbitraje durante los meses de junio y julio.

### 5.2.1. Arbitraje paralelo

Se trata de buscar oportunidades de compra y venta entre 2 criptomonedas y 2 exchanges distintos. Es importante señalar de nuevo que ambas operaciones tienen que ser realizadas al mismo tiempo, de lo contrario estaríamos expuestos a las variaciones del precio en las criptomonedas entre las que queremos realizar el arbitraje.

Al igual que se puede intercambiar dinero fiat (euros, dólares, libras...) por criptomonedas (bitcoin, ethereum...), también se pueden utilizar criptomonedas para adquirir otras criptomonedas. Es decir, si tú tienes ethereum, puedes utilizarlos para obtener bitcoin. La tasa de cambio será simplemente la proporción entre el precio de una moneda y la otra dentro de cada Exchange. Es decir, suponiendo que el ETH presenta el valor de 200€, y el BTC de 8000€, por cada ethereum que tenemos, si lo quisiéramos cambiar por bitcoin, obtendríamos 0,025 BTC. Es decir, el valor para nosotros seguiría siendo de 200€.

Al igual que comprando Bitcoin (o cualquier otra criptomoneda) a través de dinero fiat nos encontrábamos con diferencias de precio entre los exchanges, la cotización entre una criptomoneda y otra (BTC/ETH en nuestro ejemplo anterior) también será distinta dependiendo del exchange en el que vayas a realizar el intercambio.

Para poder realizar este arbitraje, es necesario poseer ambas monedas en cada uno de los 2 exchanges, puesto que no sabemos si la oportunidad que se nos va a presentar va a infravalorar al ethereum frente a bitcoin en el primer exchange o en el segundo.

Un problema que ocurre cuando se realiza este arbitraje es que, tras realizarlo, en cada exchange vas a ir perdiendo cantidad de una de las dos monedas, y acumulando de la otra, ocurriendo el riesgo de que en algún momento nos quedáramos con un volumen muy pequeño de esa moneda, impidiendo aprovechar alguna oportunidad futura.

Es decir, si en el exchange A, observamos que la cantidad de BTC que nos dan por nuestro ETH es menor que la que nos dan en el Exchange B (por lo tanto, el ETH estaría más barato en el exchange A) la operación para obtener el beneficio va a ser la siguiente:

4. Compras ETH en el Exchange A utilizando BTC
5. Vendes ETH en el Exchange B obteniendo BTC

En este caso estaríamos acumulando mucho ETH en el primer Exchange, mientras que en el segundo pasaría lo mismo, pero con el BTC.

Este problema se soluciona mediante lo que se conoce como **rebalanceo**. El rebalanceo consiste en enviar criptomonedas entre distintos exchanges que pertenecen a la misma

persona. En este caso anterior, enviaríamos ETH del exchange A al Exchange B, y viceversa enviando BTC al Exchange A. De esta manera, si el arbitraje se hubiera realizado correctamente, partiríamos de nuevo del punto inicial, pero con un volumen ligeramente superior en la criptomoneda sobre la que se ha realizado el arbitraje.

Sin embargo, el rebalanceo presenta una desventaja muy a tener en cuenta: cada vez que rebalanceas tienes que pagar comisiones. Lo ideal sería realizarlo lo mínimo necesario, y sobretodo tener en cuenta estas comisiones antes de realizar las operaciones, puesto que en algunos casos las comisiones se podrían “comer” el beneficio potencial que se obtiene ejecutando la operación de arbitraje.

**EJEMPLO 5.3:** Imaginemos una situación en la que partimos de los siguientes datos: Tenemos tanto bitcoin como ethereum en dos exchanges: Binance y HitBTC.

**Tabla 5.1: Ejemplo arbitraje paralelo. Fuente: Elaboración propia**

<b>BINANCE</b>	<b>Vol. Inicio</b>		<b>HitBTC</b>	<b>Vol. Inicio</b>
 Bitcoin	0,2		 Bitcoin	0,2
 Ethereum	4		 Ethereum	4
ETH/BTC	0,0202		ETH/BTC	0,0207

Por lo tanto, tenemos 4 ETH y 0,2 BTC dentro de cada Exchange. En un momento en concreto, se observa que el ETH es más barato en Binance que en HitBTC. Haciendo la estrategia correcta, nos podríamos beneficiar de esta situación (hay que tener en cuenta que para cada precio hay un volumen máximo, por lo tanto, el beneficio siempre va a ser limitado). La estrategia sería la siguiente:

- 1) Al encontrar el ETH con un precio más bajo en Binance (es más bajo porque por un ETH recibes menos BTC), compramos ETH en este exchange, entregando Bitcoin. Vamos al mercado, y el volumen máximo de esta operación es de 0,05 BTC. Como tenemos 0,10 intercambiamos el volumen máximo permitido para obtener el mayor beneficio posible.

Siendo el cambio a 0,0202, al intercambiar los 0,05 BTC se obtienen 2,47 ETH.

2) Por otro lado, como en HitBTC el ETH es más caro, y además se pretende realizar arbitraje, la operativa sería la contraria: habría que vender ETH en favor de bitcoin.

Es muy importante entender que, al tratarse de un arbitraje, la cantidad de ETH que se tienen que vender en este segundo exchange tiene que ser la obtenida en la primera parte de la operativa, es decir, 2,47 ETH. Esto se debe a que una de las monedas siempre se va a utilizar como moneda de pivote. Como ahora el precio del ETH/BTC es de 0,0207, realizando el cambio de los 2,47 ETH se obtendrían 0,051 BTC.

Para analizar mejor la nueva situación tras el arbitraje, se muestra la siguiente tabla:

**Tabla 5.2: Resultado ejemplo arbitraje paralelo. Fuente: Elaboración propia**

	<b>ETH</b>	<b>BTC</b>
Balance inicial	8	0,2
Balance final	8	0,21

Con esta operación, se habría obtenido un beneficio puesto que mientras que la cantidad total de ETH se ha mantenido igual (esto es lo que se pretendía, ya que el ETH se ha utilizado como moneda de pivote), ahora se tiene una cantidad mayor de BTC que antes.

Sin embargo, aunque la tabla anterior parezca indicar que la situación final es muy similar a la inicial, si se observa la situación final dentro de cada uno de los exchanges la historia cambia:

**Tabla 5.3: Resultado por exchange ejemplo arbitraje paralelo. Fuente: Elaboración propia**

<b>BINANCE</b>	Vol. Final		<b>HITBTC</b>	Vol. Final
 Bitcoin	0,05		 Bitcoin	0,151
 Ethereum	6,47		 Ethereum	1,53

En Binance tenemos exceso de ethereum (6,47) por tan solo 0,05 bitcoin. Mientras que en HitBTC tenemos 0,151 bitcoins por tan solo 1,53 monedas de ethereum.

Ante esta situación existen dos soluciones posibles:

- 1) Rebalancear: el rebalanceo, como ya se introdujo anteriormente consiste en enviar criptomonedas que están en nuestro poder de un exchange a otro, lo cual en situaciones como esta resulta realmente útil. En este ejemplo, el rebalanceo consistiría en enviar 2,47 ETH de Binance a HitBTC, y 0,05 BTC de HitBTC a Binance. De esta manera nuestro balance en cada exchange sería el inicial, pero incluyendo los 0,01 BTC de más que se han obtenido gracias al arbitraje.

El inconveniente del rebalanceo está en que cada vez que realizas un envío de criptomonedas de un exchange a otro, aunque lo estés haciendo entre cuentas propias, tienes que hacer frente a la comisión correspondiente. Es cierto que suelen ser bastante reducidas, entorno al 0,1%, pero cuando se realiza arbitraje hay muchas operaciones cuya rentabilidad no supera el 0,2%.

- 2) Esperar a que el precio se ponga a la inversa: lo que esto significa sería lo siguiente: En la operación realizada se aprovechó una diferencia de precios en la cual se podía comprar ETH en Binance a un precio menor que en HitBTC. Si en algún momento los precios fueran a la inversa, y en HitBTC resultara más barato comprar ETH, la operación a realizar sería la inversa a la realizada, por lo que el exceso tan marcado en el balance final desaparecería dando lugar a un balance mucho más parecido al inicial.

La desventaja de optar por esta opción se encuentra en que nadie te garantiza que los precios se vayan a poner a la inversa, y aunque se pongan, muy probablemente en el transcurso hasta que esto ocurre, la falta de volumen en tu posición en una de las dos criptomonedas dentro de cada exchange va a provocar que cuando vuelva a surgir una oportunidad en la misma dirección, no se pueda aprovechar.

En esto consiste fundamentalmente el arbitraje paralelo. Muy importante recordar que, aunque en el ejemplo se hable de ir primero en un exchange a comprar y luego al otro a vender, estas dos operaciones son realizadas de manera casi simultánea (el tiempo que pasa entre la ejecución de la primera y la segunda en un buen arbitraje tiene que ser de muy pocos segundos).

Por supuesto que no tiene por qué realizarse únicamente entre ETH/BTC, sino que en la actualidad existen más de 1600 pares entre los que podría realizarse. Es importante señalar también que, en el ejemplo mostrado en este punto, para simplificarlo y entender

de la manera más sencilla posible la estrategia, a la hora de calcular el beneficio final no se ha tenido en cuenta el pago de comisiones al realizar las transacciones de cambio entre ETH y BTC. Más adelante en este proyecto, cuando se muestren operaciones reales de mercado, sí que se van a tener en cuenta, y serán comentadas diferenciándolas entre cada uno de los exchange.

### 5.2.2. Arbitraje triangular

Es muy conveniente explicarlo inmediatamente después del paralelo, puesto que son muy parecidos. Lo que los diferencia fundamentalmente es que, como su nombre indica, ya no se va a realizar en 2 exchanges y con 2 criptomonedas distintas, sino que se va a realizar con el apoyo de 3 criptomonedas y en 2 ó 3 exchanges distintos. Por lo tanto, a diferencia del arbitraje paralelo, no va a haber una moneda utilizada como moneda para pivotar, sino que ahora van a ser 2 las monedas que van a realizar esta función.

Para poder realizar este arbitraje, es necesario poseer las tres monedas en cada uno de los exchanges entre los que vayamos a operar. El hecho de ser 3 monedas y 2 ó 3 exchanges va a dificultar enormemente el poder detectar de manera intuitiva que combinación va a proporcionar un retorno positivo.

De nuevo, al finalizar la operativa va a ser necesario realizar un rebalanceo para mantener una posición similar a la inicial que nos permita aprovechar el máximo número de oportunidades futuras.

Para entenderlo mejor se muestra el siguiente ejemplo:

**EJEMPLO 5.3:** En este caso los 3 exchanges a utilizar y las monedas de las que se disponen en cada uno de ellos en el balance inicial, son:

Tabla 5.4: Ejemplo arbitraje triangular. Fuente: Elaboración propia

<b>BINANCE</b>	Vol	<b>HITBTC</b>	Vol	<b>KUCCOIN</b>	Vol
 Bitcoin	0,1	 Bitcoin	0,1	 Bitcoin	0,1
 Ethereum	3	 Ethereum	3	 Ethereum	3
 Dash	6	 Dash	6	 Dash	6

Suponiendo que los precios entre las 3 monedas dentro de cada exchange son los siguientes:

**Tabla 5.5: Ejemplo arbitraje triangular (2). Fuente: Elaboración propia**

	<b>BINANCE</b>	<b>HITBTC</b>	<b>KUCOIN</b>
<b>ETH/BTC</b>	0,0202	0,0207	0,0206
<b>DASH/ETH</b>	0,3304	0,3301	0,3303
<b>DASH/BTC</b>	0,0075	0,0073	0,0079

En general, cuando realizamos este tipo de arbitraje se podrían ejecutar varias operaciones distintas (primero comprar ETH por BTC, primero comprar BTC con Dash...), pero no todas van a ser rentables. Vamos a analizar dos posibilidades que se le podrían ocurrir a un inversor observando estos precios:

#### Opción 1

Queremos comenzar la estrategia comprando ETH con BTC. Para ello, observamos que el exchange que presenta un menor precio del ETH sería Binance.

Al igual que pasaba en el arbitraje en paralelo, ahora tenemos que vender lo que hemos comprado anteriormente (en este primer paso, se estaría utilizando ETH como moneda pivote). Sin embargo, en el arbitraje en paralelo se buscaba ya deshacer la operación, comprando la moneda que habíamos vendido en el primer momento. En el arbitraje triangular, como interviene una tercera moneda, sería esta la que entra en juego en el segundo paso. Por lo tanto, venderíamos los ETH comprados anteriormente a favor de DASH (tras este segundo paso, la moneda pivote pasaría a ser DASH). De nuevo, buscamos el exchange donde más barato se puede comprar DASH entregando BTC, que observando la tabla posterior podemos ver que sería HitBTC.

Por último, para deshacer la operación y poder comprobar si hemos obtenido un beneficio o no, hay que realizar un último intercambio para volver a tener la moneda con la que comenzamos la estrategia de arbitraje, en este ejemplo BTC. Al igual que anteriormente, la moneda y la cantidad que vendemos es la comprada en el paso anterior, es decir, DASH. Como queremos comprar BTC, se busca el exchange donde más BTC nos paguen por cada moneda de DASH, que en este caso sería Kucoin.

Tras toda la operativa, la cantidad de monedas de ETH y DASH que tendríamos sería la misma que antes del arbitraje (ya que han sido utilizadas como monedas para pivotar, y por tanto lo que hemos ido comprando de estas monedas se ha ido vendiendo inmediatamente después). Lo que habría cambiado va a ser la cantidad de BTC que tenemos, la cual, si hubiéramos realizado un buen arbitraje, tras hacer la última operación se obtendría una cantidad de BTC mayor a la inicial.

Veamos ahora este mismo ejemplo aplicando resultados numéricos:

- 1) Se venden 0,05 BTC en Binance obteniendo 2,47 ETH, pues el precio de ETH/BTC en este exchange es de 0,0202.
- 2) Se compra en HitBTC DASH vendiendo los 2,47 ETH obtenidos anteriormente. Se elige este exchange puesto que el DASH es más barato, y por lo tanto por la misma cantidad de ETH se obtiene una cantidad mayor de esta moneda. La cantidad total obtenida de DASH es de 7,5.
- 3) Por último, hay que volver a la situación inicial, y para ello necesitamos comprar BTC, ya que fue la moneda que se vendió en el primer momento. El exchange que elegimos es Kucoin, pues es el que mayor cantidad de BTC nos ofrece por cada moneda de DASH (0,0079 vs 0,0075 en Binance o 0,0073 en HitBTC). Vendiendo los 7,5 DASH que teníamos, se obtienen 0,059 BTC.
- 4) En conclusión, tenemos la misma cantidad en ETH y en DASH, pero ahora tenemos 0,009BTC más que antes. Este sería el beneficio logrado tras esta estrategia de arbitraje. Aunque como se indicó anteriormente tendríamos que descontarle las comisiones pagadas en cada operación.

## OPCIÓN 2

En este caso en lugar de comenzar la operativa comprando ETH, el inversor decide comenzar comprando DASH:

- 1) Se compra DASH en HitBTC mediante BTC. Si vendiéramos 0,05BTC se obtendrían 6,85 monedas de DASH.
- 2) Se venden las 6,85 monedas de DASH en Binance (ya que es el exchange en el que más ETH obtendríamos por cada moneda de DASH), dando un resultado de 2,26 ETH.
- 3) Por último, vendiendo los 2,26 ETH por BTC (para volver a la moneda con la que empezó la operativa), elegiríamos o bien Kucoin (para mantener la operativa incluyendo a 3 exchanges) o bien HitBTC para aprovechar que es la que más cantidad de BTC ofrece por cada ETH. Con los 2,26 ETH se obtendrían en Kucoin 0,046 BTC y 0,047 BTC en HitBTC. En ambos casos tenemos menos volumen que en el momento inicial, por lo que en este caso, al no haber elegido adecuadamente la combinación de la operativa habríamos sufrido una pérdida.

Observando este ejemplo no queda lugar a dudas que este tipo de arbitraje es muy complicado de realizar por un inversor individual. Es muy difícil detectar la combinación ganadora, ya que no va a dar el mismo resultado el comprar una moneda en un exchange u otro. Si no se elige la combinación óptima incluso podríamos llegar a sufrir una pérdida. Además, al realizar un total de 3 transacciones en 2 ó 3 exchanges distintos, vamos a tener que pagar comisiones un total de 3 veces, 1 por cada operación, lo que hace que el rendimiento total de la operación tenga que ser algo mayor que en el paralelo para que nos compense realizarla.

### **5.2.3. Arbitraje intraexchange**

A día de hoy, es considerado como el tipo de arbitraje que más operaciones te permite hacer. Se caracteriza por utilizar un único exchange, lo que lo diferencia de los arbitrajes anteriores. El proceso consiste en ir traspasando tu capital de una criptomoneda a otra, partiendo y acabando siempre en la misma. Normalmente la moneda con la que se

empieza y termina es bitcoin, ethereum o tether, ya que son con diferencia las monedas que ofrecen mayor número de pares, por lo que es más factible que la última moneda que se ha comprado sea traspasable a la moneda con la que se comenzó la estrategia.

Busca aprovechar que no existe una paridad perfecta de precios entre criptomonedas. Es decir, si una moneda A costase 10\$, otra moneda B costase 20\$ y otra C 40\$, el tipo de cambio entre una y otra debería ser el siguiente:

$$- \quad A/B = 2 ; B/C = 2 ; A/C = 4$$

De esta manera, por muchos intercambios que intentase realizar entre ellas, al final el valor de mi posición final sería siempre el mismo y en ningún momento obtendría un beneficio. Sin embargo, dentro de los exchanges esto no ocurre, por lo que se puede aprovechar también esta situación para obtener un beneficio mediante el arbitraje.

Para poder realizar este tipo de arbitraje, hay que analizar a tiempo real los precios que ofrecen los máximos pares de monedas posibles (ETH/BTC, DASH/ETH, BNB/BTC, BNB/ETH...). Cuantos más pares observes, más probable va a ser encontrar una estrategia que permita realizar un arbitraje.

Al igual que en los casos anteriores, con un ejemplo se entiende mucho mejor.

Imaginemos que, en un determinado momento, dentro de Binance observamos los siguientes precios para los pares de monedas que se indican a continuación:

**Tabla 5.6: Ejemplo arbitraje intraexchange. Fuente: Elaboración propia**

ETH/BTC	0,0238
DASH/ETH	0,305
DASH/BNB	4,42
DASH/BTC	0,0077
BNB/BTC	0,0018

La cantidad total de BTC que tenemos dentro de esta plataforma es de 0,1 y esta operación en concreto tiene un volumen máximo superior a esa cantidad, por lo que podemos entrar a la operación con todo nuestro volumen.

Al igual que en el arbitraje triangular, la operación va a tener un mínimo de 3 transacciones:

1. Elegimos bitcoin como la moneda con la que vamos a empezar y acabar la operativa, y por lo tanto sobre la que vamos a pretender obtener un beneficio, haciendo que la cantidad de bitcoin que tengamos al final de la operación sea superior a la inicial.
2. Cambiamos los 0,1 bitcoin que teníamos a ethereum. Según el precio de mercado, obtendríamos un total de 4,20 ETH (este resultado se obtiene de lo siguiente: si por cada ethereum nos dan 0,0238 BTC, por cada bitcoin nos dan  $1/0,0238$  ethereum).
3. Ahora volvemos a realizar un nuevo intercambio entre monedas, pero en este caso compramos DASH utilizando todos los ETH que se obtuvieron en el paso anterior, obteniendo 13,78 monedas de DASH.
4. Ahora ya podríamos volver a nuestra moneda inicial, para así cerrar la posición y comprobar si, como esperábamos, hemos realizado un arbitraje y por lo tanto obtenido un beneficio. Según el precio de mercado del enunciado, entre DASH/BTC se traspasarían las 13,78 monedas de DASH, dando lugar a 0,106 BTC. Esta cantidad es superior en 0,006BTC a la inicial.

Se puede concluir por lo tanto que se ha realizado un buen arbitraje, permitiéndonos obtener un 6% de rentabilidad en esta operación.

5. Sin embargo, un arbitraje intraexchange no tiene por qué estar compuesto siempre por 3 transacciones, aunque es lo más frecuente. Cuantas más seas capaces de hacer, probablemente más alto será el beneficio final.

De hecho, en este ejemplo en concreto, en el paso 4 en lugar de deshacer ya la operación traspasando a Bitcoin, se podría haber hecho una transacción más, obteniendo BNB (es la criptomoneda oficial del exchange BINANCE) a partir de DASH, lo que resultaría en 60,88 unidades de BNB.

Al ser una criptomoneda que tiene disponible su par frente al BTC, ahora podríamos de nuevo deshacer la operación, dando un resultado en este caso de 0,109 BTC. Este resultado es superior al obtenido realizando 3 transacciones, ya que presenta un rendimiento final superior al 9%.

En este tipo de arbitraje no se pueden realizar los distintos pasos de la operación a la vez, ya que al hacerse todo sobre un mismo exchange, para poder ejecutar el paso siguiente de la operativa es necesario haber completado el anterior. Aun así, aunque no se realice de manera simultánea es muy importante que de nuevo se realice toda la operativa en el menor tiempo posible. Aunque es cierto que, en general, se tarda algo más en cerrar una operación de este tipo que una dentro del arbitraje paralelo.

Al igual que en ejemplos anteriores, recordar que estos ejemplos no son reales y por lo tanto no incluyen los “fees” o comisiones correspondientes de cada transacción.

### 5.3. Resumen estrategias de arbitraje

Para aclarar un poco los conceptos y diferencias entre los distintos tipos de arbitraje, se ofrece la siguiente tabla en la que se resumen las principales ventajas y desventajas de cada uno:

Tabla 5.7: Ventajas y desventajas según el tipo de arbitraje. Fuente: Elaboración propia

TIPO ARBITRAJE	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PARALELO	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rapidez de ejecución</li> <li>2. Simplicidad</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Coste de rebalanceo</li> <li>2. Menor rendimiento</li> </ol>
TRIANGULAR	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mayor rendimiento</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elevada dificultad</li> <li>2. Coste de rebalanceo</li> </ol>
INTRAEXCHANGE	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mayor volumen de operaciones</li> <li>2. Un solo exchange</li> <li>3. No requiere rebalanceos</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. No es sencillo detectar las oportunidades</li> <li>2. Mayor tiempo de ejecución</li> </ol>

Además, si extrapolamos cualquiera de los 3 tipos de arbitraje al mundo del inversor individual, presentaría un problema muy grave y común en todos, que ya se mencionó en el ejemplo sobre arbitraje simple: el **tiempo** de ejecución. Desde que se observa la diferencia de precios y por lo tanto la oportunidad de arbitraje, hasta que se ejecuta, no se deberían superar unos pocos **segundos**. Si superáramos este tiempo, la probabilidad de

que llegue alguien y compre el volumen que estaba disponible a los precios que se habían observado es muy alta.

El hecho de que se tengan que controlar varios exchanges a la vez, y varias monedas en cada uno, e incluso en muchas ocasiones se tengan que ejecutar operaciones en distintos exchanges, hace que sea prácticamente imposible hacerlo en el tiempo que se ha indicado. En primer lugar, no es nada sencillo observar una oportunidad, pues los precios van cambiando segundo tras segundo, lo que hará que probablemente cuando seas capaz de detectar una, los precios ya hayan cambiado lo que haría que si aun así se ejecutase la operación detectada, ya no se estaría llevando a cabo una operación de arbitraje sino de trading: estaríamos expuestos a los movimientos de mercado durante los segundos que tardemos en finalizar la transacción.

Quizá se pueda pensar que en unos segundos el precio no vaya a variar demasiado. Sin embargo, quien conoce el mundo cripto sabe que la alta volatilidad es uno de los pilares que le caracterizan.

De hecho, es muy frecuente que en tan solo 1 minuto el precio de las criptomonedas “más estables” varíe más de un 0,1% (si eso es lo frecuente, es sencillo imaginar lo que puede variar en aquellos días que hay mucha volatilidad). Un 0,1% podría convertir una oportunidad de arbitraje en una pérdida. En el mundo real muchas operaciones ofrecen una rentabilidad final entorno al 0,10%, por lo que imaginar lo que por ejemplo en un arbitraje triangular, en el que intervienen 3 criptomonedas distintas, podría ocasionar una variación del 0,1% en cada una de esas 3 monedas. Si tuviéramos la mala suerte de que ese movimiento del 0,1% fuera desfavorable a nuestra estrategia en las 3 monedas, ya tendríamos un resultado final de al menos un 0,3% peor del que habíamos previsto cuando observamos la oportunidad y decidimos ejecutarla.

En conclusión, gracias al arbitraje con criptomonedas se pueden realizar miles de operaciones al día que nos proporcionen un beneficio, pero para aprovecharlas se necesita algo más que el simple conocimiento y un ordenador. La solución a esto son los bots de arbitraje.

## 6. Bots de arbitraje

Una de las definiciones que mejor explica qué es un bot es la siguiente:

“Un **bot** o robot es un programa informático que efectúa automáticamente tareas repetitivas a través de Internet, cuya realización por parte de una persona sería imposible o muy tediosa.”

Tan solo con esta definición ya podemos ver que quizás un bot sea la solución al problema expuesto en las últimas líneas del punto anterior, donde se afirmaba que el arbitraje es muy complicado de realizar por una única persona.

A la definición anterior habría que añadirle una característica muy importante de los bots: la rapidez con la que ejecutan aquello para lo que han sido programados.

Un bot puede diseñarse en cualquier lenguaje de programación, y aunque muchos están programados para la realización de tareas rutinarias, otros muchos también son capaces de tomar sus propias decisiones.

Se utilizan en muchos ámbitos de nuestra vida cotidiana, siendo los más habituales los siguientes:

- Videojuegos: programados para jugar automáticamente.
- Chat en línea: para interactuar con los usuarios, sobretodo en el ámbito de ofrecer respuesta a preguntas generales.
- Redes sociales: para publicar contenido de forma automatizada.

Pero en este trabajo, la utilidad que nos concierne es la de los bots programados para realizar operaciones de arbitraje. Los bots de arbitraje de criptomonedas están programados utilizando inteligencia artificial, con el objetivo de que puedan analizar en tiempo real los mercados, y que sean capaces de ejecutar miles de operaciones por día, siempre y cuando se cumplan ciertas condiciones que se les ha indicado. Por lo tanto, corrigen los dos principales problemas con los que se encuentra un inversor al intentar realizar arbitraje: el **tiempo** de ejecución y la dificultad para **analizar el mercado global**, sin tener que dejar de lado varios exchanges y criptomonedas.

Resulta realmente interesante entender cómo operan estos bot, y por ello se le va a dedicar este punto a entender este proceso.

### 1) Señales de mercado

Hay que entender que un bot de arbitraje es, en definitiva, un programa al que se le ha indicado que pasos tiene que seguir en busca de ciertas condiciones, para que siempre y cuando se cumplan, ejecute unas operaciones que resulten en rentabilidades positivas.

Su operativa comienza con la lectura del mercado en tiempo real. Cualquier bot tiene que estar programado para ser capaz de analizar en tiempo real la oferta y demanda existente en cada uno de los exchanges que analiza. Para ello debe observar a la parte más importante de cada exchange: el order book.

El order book recoge las operaciones abiertas tanto de compra como de venta que hay dentro de cada exchange en tiempo real y para muchísimos pares de criptomonedas distintos (BTC/USDT, BNB/BTC, DASH/BTC, ETH/BTC...).

En definitiva, lo que se hace en esta primera parte es ver a qué precio se pueden comprar o vender distintas monedas y en distintos pares en varios exchanges a la vez.

Ilustración 6.1: Ejemplo de Order book. Fuente: Binance

Precio(USDT)	Cantidad(BTC)	Total	9,415.00	€8,299.36	Más 
9417.14	1.445274	13,610.34760	9415.00	17.286937	162,756.51185
9416.95	0.050000	470.84750	9414.75	0.085879	808.52932
9416.82	0.217000	2,043.44994	9414.53	0.028127	264.80249
9416.79	0.200000	1,883.35800	9414.49	0.531138	5,000.39339
9416.76	0.500000	4,708.38000	9414.48	1.000000	9,414.48000
9416.72	0.400000	3,766.68800	9414.41	0.106220	999.99863
9416.71	1.100041	10,358.76709	9413.15	0.106193	999.61064
9416.39	2.000000	18,832.78000	9413.14	0.217000	2,042.65138
9416.38	0.200000	1,883.27600	9413.00	1.096809	10,324.26312
9416.31	0.200000	1,883.26200	9412.95	0.855509	8,052.86344
9416.30	0.669132	6,300.74765	9412.94	0.187860	1,768.31491
9416.02	0.200000	1,883.20400	9412.93	0.023366	219.94252
9416.01	0.019236	181.12637	9412.42	0.050000	470.62100
9415.90	0.110900	1,044.22331	9412.16	0.030000	282.36480
9415.54	0.006543	61.60588	9412.15	0.265000	2,494.21975
9415.48	0.017492	164.69558	9411.84	0.717040	6,748.66575
9415.34	3.667050	34,526.52255	9411.83	0.217000	2,042.36711
9415.01	1.020346	9,606.56779	9411.76	0.500000	4,705.88000

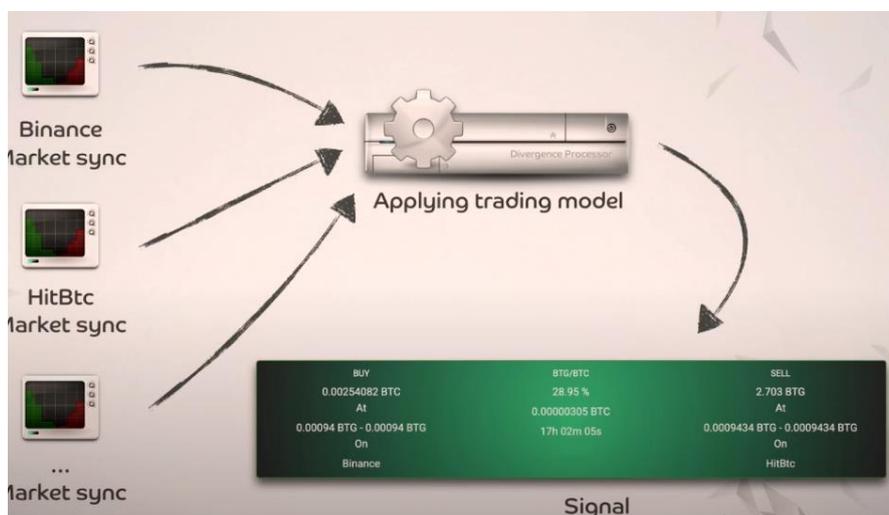
## 2) Modelo de operativa

Es necesario haber enseñado al bot a saber qué condiciones se tienen que cumplir para que cuando tras analizar los mercados y observe que se cumplen esas condiciones, él ejecute automáticamente las operaciones que permitan obtener un beneficio. Es decir, qué parámetros tiene que tener en cuenta cuando recibe la información de los mercados y como debe reaccionar ante ellos.

Los bots de arbitraje son programados para tener en cuenta las comisiones a pagar dentro de cada exchange antes de ejecutar ninguna operación, por lo que cuando un bot emite una señal de una operación que presenta un potencial beneficio, ya ha descontado la cantidad que habría que pagar por las comisiones.

La siguiente imagen resumiría el proceso hasta el momento:

Ilustración 6.2: Señales bot de arbitraje.



## 3) Comprobar si es factible ejecutar la señal recibida

Los bots evalúan miles de oportunidades al mismo tiempo sobre distintos pares de monedas. Esto hace que en muchas ocasiones se detecte una oportunidad entre un par del cual no se dispone de alguna de las dos criptomonedas del par. Por ejemplo, si se hubiera detectado una oportunidad entre Bitcoin y Dash, pero en ese momento no se posee Dash

dentro de la billetera, aunque se hubiera recibido la señal la operación no se podría ejecutar por no disponer de una de las dos monedas que intervienen en la operación.

#### 4) Repartición de la señal entre varios inversores del bot

Normalmente, un bot no es utilizado por una única persona, sino que varias personas lo están aprovechando al mismo tiempo. Esto da lugar a otro problema: cuando se recibe una señal, ¿qué inversor de todos los que utilizan el bot aprovecha la oportunidad? Bien, la respuesta es que los bots deberían estar preparados para tener esto en cuenta.

El paso siguiente a recibir la señal es observar cuantos de los inversores totales del bot disponen en sus exchanges de las dos monedas que intervienen en el par de la señal. Para ello evalúa en tiempo real las billeteras o wallets de todos los clientes, y reparte el volumen que presenta la operación entre todos los inversores aptos para ella.

**Ilustración 6.3: Ejemplo de una billetera dentro de un exchange. Fuente: Binance**

Balance de criptomonedas

Moneda	Nombre completo	Balance total	Balance disponible	En orden:	Valor en BTC
 BTC	<a href="#">Bitcoin</a>	0.18957015	0.18957015	0.00000000	0.18957015
 ETH	<a href="#">Ethereum</a>	4.62216906	4.62216906	0.00000000	0.11354358
 USDT	<a href="#">TetherUS</a>	0.25814594	0.25814594	0.00000000	0.00002766
 VET	<a href="#">VeChain</a>	30.00000000	30.00000000	0.00000000	0.00002730
 IOTA	<a href="#">MIOTA</a>	0.68700000	0.68700000	0.00000000	0.00001622
 BNB	<a href="#">BNB</a>	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000

Este sería un ejemplo de las billeteras que un bot observa. En este caso se correspondería a una billetera de Binance, en la que se dispone de 5 criptomonedas distintas.

En la actualidad existen más de 5000 criptomonedas. Esto hace que muchas de las señales que emiten los bots no se puedan ejecutar por ningún o casi ningún inversor, ya que el capital necesario para tener en las billeteras todas las monedas sería demasiado alto.

Sin embargo al ser el bitcoin una criptomoneda que ofrece la posibilidad de intercambiar con casi todas las demás monedas, algunos bots están intentando desarrollar (e incluso

algunos están empezando ya a trabajar con esto) un subprograma que cuando observe una oportunidad de arbitraje en la que intervenga una moneda que no se tiene en ese momento, el propio bot se encargue de comprar esa moneda intercambiándola por alguna de la que sí se disponga en ese momento, para inmediatamente después poder aprovechar la oportunidad de arbitraje.

## 5) Ejecución de la operación

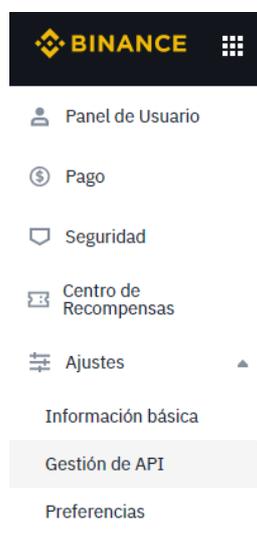
Una vez realizados todos los pasos anteriores, y con la “lista” de todos los clientes del bot que pueden aprovechar la oportunidad de arbitraje, se ejecuta la operación repartiendo el beneficio entre todos ellos.

Una duda que podría surgirnos en este momento es: ¿cómo puede el bot saber que criptomonedas tenemos en nuestros exchanges en cada momento?

Aquí es donde juegan un papel muy importante las API (Application Programming Interfaces o interfaz de programación de aplicaciones). En definitiva, lo que permite es la comunicación entre dos aplicaciones de software a través de un conjunto de reglas. Estas reglas dependen de los permisos que otorgue el propietario a los terceros.

Relacionando este término al campo de los bots de arbitraje, cada exchange tiene un apartado en el que puedes gestionar las API, y de esta manera otorgar los permisos necesarios al bot.

Ilustración 6.4: Gestión de API. Fuente: Binance



Lo que hace a estos bots realmente impresionantes es la **rapidez** con la que ejecutan todo el proceso, desde el primero hasta el último. Si el bot no fuese tan rápido, cuando intentara ejecutar la señal que ha recibido muy probablemente esta ya no existiera (fenómeno que se denomina deslizamiento de mercado). En el mercado actual y con la competencia creciente, el tiempo es probablemente el aspecto, o al menos uno de los aspectos más diferenciadores entre un bot y otro.

Resumiendo, en tan solo unos pocos segundos el bot tiene que ser capaz de analizar el mercado, tomar decisiones en base a la lectura de datos que hace del mercado y en función de los parámetros según los que se le programó, observar que monedas poseen las billeteras de todos los inversores que utilizan el bot y por último ejecutar las transacciones correspondientes según la señal recibida.

## **7. Optimización de la rentabilidad en un bot de arbitraje**

Existen varios factores que van a ser determinantes sobre la rentabilidad que va a ofrecer un bot de arbitraje y que dependen del inversor que utiliza ese bot. Teniéndolos todos en consideración, se puede seguir una serie de estrategias que van a optimizar la rentabilidad que nos va a proporcionar el bot. Entre estos factores destacan los siguientes:

### FACTOR 1: Comisiones

Para entender este punto primero es necesario tener una idea de cómo son las comisiones que se pagan en la actualidad en algunos de los distintos mercados. En el siguiente cuadro se ofrece un resumen de las comisiones que hay que pagar cuando se ejecuta una operación de trading (lo que significa intercambiar una moneda por otra) en algunos de los exchanges más importantes a nivel mundial, y los cuales se han ido utilizando en este trabajo en algunos de los ejemplos.

**Tabla 7.1 Comisiones por operación de trading. Fuente: Los propios exchanges**

BINANCE	0,1%
HITBTC	0,1%
KUCCOIN	0,1%
BITFINEX	0,1%
KRAKEN	0,2%

Lo que muchos no saben y puede llegar a ser fundamental en las estrategias analizadas es que la mayoría de los exchanges permiten que las comisiones mostradas en la tabla anterior puedan verse reducidas en un 20-30%. Esto va a tener un impacto muy alto sobre el rendimiento final. Por ejemplo, si un bot analiza una operación que presentaba un potencial beneficio de 0,09%, al tener que pagar un 0,1% de comisiones, el bot descartaría esta oportunidad. Pero si se consiguiera reducir esta comisión a 0,08%, el bot sí que hubiera podido entrar en la operación. Al final del día, las operaciones que se van a poder aprovechar gracias a esta reducción de las comisiones van a ser muchas más, lo que va a tener un impacto directo sobre la rentabilidad total. Además, al disminuir las comisiones, el resto de operaciones también van a tener un beneficio mayor.

Para reducir las comisiones de trading dentro de los exchanges la mayoría de ellos ofrecen tres formas distintas de conseguirlo:

La primera y la más factible para todos los usuarios consiste en comprar dentro de cada exchange la criptomoneda que ha sido emitida por ellos. Esta opción no está disponible en todos los exchanges del mercado, ya que algunos aún no tienen su propia moneda, pero cada vez son más los exchanges que se lanzan a emitirla. Desde el momento en el que se tuviera ya la propia criptomoneda del exchange, se podría seleccionar una opción en la que todas las comisiones se pagarían mediante esa criptomoneda. Al optar por esta opción la comisión ya no se paga en la criptomoneda con la que se está operando, sino siempre con la del exchange.

Para hacerse una idea de este efecto, se completa la tabla mostrada anteriormente, pero añadiendo una columna que recoge la comisión final a la que habría que hacer frente si se hubiera optado por esta estrategia de reducir comisiones, y la moneda necesaria a comprar dentro de cada exchange para poder aprovechar ese descuento:

**Tabla 7.2 Comisiones por operación de trading. Fuente: Los propios exchanges**

BINANCE	0,1%	0,075% (BNB)
---------	------	--------------

HITBTC	0,1%	No tiene
KUCCOIN	0,1%	0,08% (KCS)
BITFINEX	0,1%	0,085% (LEO)
KRAKEN	0,2%	No tiene

El segundo método, también accesible para cualquier inversor, sería registrarse mediante el enlace de referido de algún inversor más experimentado, que al haber operado con un volumen alto dentro del mismo exchange, tiene un descuento en el pago de comisiones. Ese descuento puede ser también aplicable a los usuarios que se registren a través de su enlace.

El último método para poder reducir estas comisiones sería gracias al volumen de trading realizado mensualmente dentro de cada exchange. Sin embargo, el volumen necesario para poder aprovechar estas ventajas es demasiado elevado (normalmente 50 bitcoins al mes), lo que hace que este método sea complicado de alcanzar por un usuario estándar.

#### FACTOR 2: Número de exchanges conectados al bot

Cuanto mayor sea el número de exchanges que has conectado al bot (lo que se realizaba mediante las API) mayores van a ser las posibilidades de encontrar buenas oportunidades, y por lo tanto mayor va a ser el número de operaciones realizadas cada día. Esto se puede ver con un ejemplo muy sencillo:

Si se conectaran 3 exchanges A, B y C se podrían buscar diferencias de precios entre:

- A y B, A y C, B y C
- Dentro del mismo exchange (arbitraje intraexchange) tanto en A, como en B y en C.
- Tendríamos por tanto un total de 6 posibilidades

Pero si en lugar de 3, se conectasen 6 exchanges (A, B, C, D, E Y F), las oportunidades crecerían exponencialmente:

- Entre A/B, A/C, A/ D, A/ E, A/ F, B/C, B/D, B/E, B/F, C/D, C/E, C/F, D/E, D/F, E/F

- Dentro del mismo exchange, realizando arbitraje intraexchange en A/A, B/B, C/C, D/D, E/E y F/F
- Ahora las posibilidades habrían aumentado de 6 a 21

Analizando el exponencial crecimiento de las oportunidades podríamos pensar que lo mejor es conectar todos los exchanges que existen. Sin embargo, existen dos limitaciones.

La primera de ellas radica en que cada bot te permite conectar un número limitado de exchanges para los cuales el bot tiene asignados distintos servidores que hacen que esos exchanges estén adecuadamente conectados mediante las API.

La segunda se corresponde con el capital necesario a invertir para conectar el bot a un nuevo exchange. Para que este pueda aprovechar oportunidades de arbitraje es necesario que dentro de cada exchange se tenga un volumen mínimo de criptomonedas. Lo normal es que el valor total puesto a trabajar en distintas monedas dentro de cada exchange tenga que ser como mínimo de 0,1 BTC. Dada esta cifra, si se quisieran poner a trabajar 6 exchanges, el capital mínimo necesario sería el correspondiente aproximadamente a 0,6 BTC.

## **8. Arbitraje cripto-fiat**

Este método de arbitraje es mucho más reciente que los comentados hasta el momento. Como su nombre indica, mezcla el mundo de las criptomonedas con el mundo del dinero fiat. A pesar de que el mundo cripto por sí solo es ineficiente, al mezclarlo con el mundo fiat las ineficiencias que se generan son todavía mayores.

Comparte una similitud muy importante con los arbitrajes cripto-cripto, pues al igual que estos, está continuamente analizando en tiempo real la evolución de los precios de las criptomonedas en sus distintos mercados. Pero lo que le diferencia es el hecho de que no observa el precio entre un par concreto de criptomonedas, sino que centra su atención en el precio de cada criptomoneda frente a las divisas más importantes (por ejemplo, EUR/BTC , USD/BTC o GBP/BTC). Por el momento, se realiza sobre todo sobre bitcoin, por ser de nuevo la moneda que cotiza frente a un mayor número de divisas.

Es decir, anteriormente se observaba por ejemplo el precio del ETH/BTC en Binance y en HitBTC buscando una diferencia en precios. Ahora, lo que va a hacer este arbitraje es comprobar si comprando en un exchange bitcoin mediante una moneda fiat (Euros, dólares, libras...), y vendiendo posteriormente esa misma cantidad de BTC en otro exchange distinto o incluso en el mismo, pero pivotando con otra divisa distinta (por ejemplo, si antes se compró con euros, ahora podría venderse en dólares) se podría obtener un beneficio.

La operación no finalizaría aquí puesto que se ha comprado utilizando una divisa distinta a la que se ha obtenido en la venta. Para cerrar la operación y saber si ha generado un rendimiento positivo, tenemos que volver a tener la misma moneda con la que se empezó la operativa. Es en este punto donde se encuentra la principal diferencia con los arbitrajes anteriores. En cualquier arbitraje cripto-cripto el 100% de la operativa se realizaba dentro de los exchanges. En el arbitraje cripto-fiat el último paso tiene lugar en un bróker donde se realiza el intercambio entre la divisa con la que compramos y la que vendimos, para volver a tener la divisa inicial.

Existen muchos bróker distintos en el mercado, pero los escogidos en esta estrategia tienen que ser aquellos que trabajen con billeteras de criptomonedas, y por lo tanto que acepten la recepción de saldos mediante estas monedas.

Para poder realizar este arbitraje exitosamente también se necesita un bot. Este, mediante el uso de avanzados algoritmos de Inteligencia artificial, llevará a cabo los siguientes pasos:

1. Seguimiento en tiempo real de los principales criptoactivos y su precio en distintas divisas dentro de los distintos exchanges.
2. Mediante los algoritmos desarrollados de Inteligencia Artificial busca oportunidades a través de los datos que recibió en el paso 1.
3. Una vez localizadas las oportunidades, ejecuta las órdenes necesarias para aprovecharlas.

Además, al igual que en el arbitraje cripto-cripto era necesario tener dentro de nuestros exchanges un volumen de las criptomonedas sobre las que se iba a realizar el arbitraje, en este caso será necesario tener bitcoin y la mayor cantidad de divisas fuertes posibles (euros, dólares, libras, yenes...). Vamos a verlo mejor con un ejemplo muy simple:

**EJEMPLO 8.1:** Tenemos un exchange en el cual podemos comprar 1 Bitcoin a 8000 euros, y otro exchange en el cual podemos vender ese mismo Bitcoin a 9000 dólares. El tipo de cambio que nos ofrece el bróker entre EUR/USD es de 1,1.

Habríamos detectado una oportunidad de arbitraje, y las órdenes que habría que ejecutar serían:

- 1) Compramos 1 Bitcoin por 8000€ en el exchange 1.
- 2) Vendemos 1 Bitcoin por 9000\$ en el exchange 2. Para poder hacer esto, sería necesario que tuviéramos 1 Bitcoin disponible dentro de nuestra billetera en este segundo exchange.
- 3) Acudimos al bróker para cerrar la posición. Para ellos se cambiarían los 9000\$ por euros. Como el tipo de cambio era de 1,1 se recibirían 8.181€.
- 4) El beneficio de la operación habría sido de  $8.181 - 8000 = 181€$ , suponiendo un retorno del 2,27%.

De nuevo, a este beneficio habría que descontarle las comisiones pagadas en el exchange 1, en el exchange 2 y en el bróker.

Este tipo de arbitraje no podría llevarse a cabo sin un continuo rebalanceo. En este ejemplo en concreto, suponiendo que comenzamos con un saldo de 1 BTC dentro de cada exchange, tras realizar la estrategia de arbitraje, en el exchange 1 nos estaríamos cargando de bitcoin, puesto que comenzamos con 1 BTC y durante la operativo se compró otro, se tiene un balance final de 2 BTC. Por otro lado, en el exchange 2 al partir también con 1 BTC y haber realizado la venta del mismo, nos vaciaríamos en bitcoin. Al final de la operación habría que enviar 1 BTC de nuevo al exchange 2, lo que conllevaría el pago de comisiones.

El bróker se utilizaría para hacer el intercambio entre divisas o la compra de las mismas, lo que a su vez también supone un coste que disminuye la rentabilidad final de la operación.

Aunque en este ejemplo se ha realizado un arbitraje entre 2 exchanges distintos, este tipo de arbitraje también puede realizarse dentro de un mismo exchange, siempre y cuando el simple cambio de divisa permita obtener un beneficio. El ejemplo sería igual, pero realizando la compra y la venta del bitcoin dentro del mismo exchange.

## 9. Operaciones reales de mercado

Una vez ya se han entendido los distintos tipos de arbitraje y cómo funcionan los bots que lo realizan, podemos analizar varios ejemplos en los cuales distintos bots han aprovechado algunas diferencias de precios durante los meses de junio y de julio de 2020 para obtener un beneficio.

Para ello, en primer lugar se van a mostrar unas cuantas operaciones de arbitraje en paralelo, entrando en detalle en una de ellas para comprobar que la metodología que se había explicado anteriormente es la correcta. Posteriormente se hará lo mismo con el arbitraje intraexchange, y por último con el cripto-fiat. En este punto se ofrecerá un resumen que incluya 4 o 5 operaciones de cada uno de estos 3 tipos, mientras que en el ANEXO 1 se pueden encontrar varias operaciones más para cada uno.

Es importante señalar que las operaciones de compra o venta que aparecen en todos los ejemplos que se muestran a continuación sí que han tenido en cuenta las comisiones a pagar en cada transacción, por lo que están incluidas en el precio.

**Tabla 9.1: Operaciones reales arbitraje paralelo. Fuente: Elaboración propia**

<i>MERCADO</i>	<i>PAR</i>	<i>OPERACIÓN</i>	<i>PRECIO</i>	<i>VOLUMEN</i>	<i>BENEFICIO</i>	<i>RENTABILIDAD</i>
BINANCE	ADA/BTC	COMPRA ADA	0,00001003	1422 ADA	<b>0,000028 BTC</b>	0,20%
KUCOIN	ADA/BTC	VENDE ADA	0,00001005	1422 ADA		

HUOBI	BTC/USDT	COMPRA BTC	9159,13	0,02 BTC	<b>0,6034 USDT</b>	0,33%
KUCOIN	BTC/USDT	VENDE BTC	9189,3	0,02 BTC		
HUOBI	ETH/USDT	COMPRA ETH	224,42	0,36 ETH	<b>0,234 USDT</b>	0,29%
BINANCE	ETH/USDT	VENDE ETH	225,07	0,36 ETH		
HUOBI	ETH/USDT	COMPRA ETH	231,61	8,541 ETH	<b>6,58 USDT</b>	0,33%
KUCOIN	ETH/USDT	VENDE ETH	232,38	8,541 ETH		
HUOBI	BNB/BTC	COMPRA BNB	0,0017696	22,02 BNB	<b>0,000073 BTC</b>	0,19%
KUCOIN	BNB/BTC	VENDE BTN	0,0017729	22,02 BNB		

No hay lugar a dudas de que se trata de arbitraje paralelo, puesto que en todas las operaciones se está operando con el mismo par de monedas en ambos exchanges de manera simultánea.

Por ejemplo, en la segunda operación mostrada en la tabla, se ha realizado la siguiente operativa:

- 1) Utilizando USDT (recordatorio: usdt es una stable coin que tiene siempre el valor de 1 dólar) se han comprado 0,02 bitcoins en el exchange Huobi. Se compra esta cantidad porque es el volumen máximo que queda disponible en el mercado a ese precio.
- 2) De manera simultánea a la operación anterior, en otro mercado, Kucoin, se vende el mismo volumen de BTC a un precio que como se puede observar es 30\$ mayor por bitcoin que en Huobi.
- 3) Sin embargo, como el volumen de la operación no ha sido de 1 BTC sino de 0,02 BTC, el beneficio total en este caso habría sido de 0,6034\$, lo que supondría una rentabilidad del 0,33% sobre el volumen invertido en primera instancia en esta operación.

A continuación se muestran operaciones de arbitraje intraexchange:

**Tabla 9.2: Operaciones reales arbitraje intraexchange. Fuente: Elaboración propia**

MERCADO	PAR	OPERACIÓN	VOLUMEN INICIAL	VOLUMEN FINAL	BENEFICIO	RENTABILIDAD
---------	-----	-----------	-----------------	---------------	-----------	--------------

BINANCE	ETH/ADA	COMPRA ADA	0,32 ETH	-			
BINANCE	ADA/BTC	COMPRA BTC	-	-		<b>0,0062 ETH</b>	1,95%
BINANCE	BTC/ETH	COMPRA ETH	-	0,3262 ETH			
BINANCE	ETH/AION	COMPRA AION	0,31 ETH	-			
BINANCE	AION/BTC	COMPRA BTC	-	-		<b>0,0043 ETH</b>	1,77%
BINANCE	BTC/ETH	COMPRA ETH	-	0,3143 ETH			
BINANCE	USDT/BAND	COMPRA BAND	37,31 USDT	-			
BINANCE	BAND/BNB	COMPRA BNB	-	-		<b>0,29 USDT</b>	0,77%
BINANCE	BNB/USDT	COMPRA USDT	-	37,6 USDT			
BINANCE	ETH/BLZ	COMPRA USDT	0,2 ETH	-			
BINANCE	BLZ/BTC	COMPRA BTC	-	-		<b>0,0035 ETH</b>	1,72%
BINANCE	BTC/ETH	COMPRA ETH	-	0,2035 ETH			

La primera de las operaciones incluidas en la tabla, muestra la siguiente estrategia:

- 1) Compra ADA a partir de los ETH que se tienen dentro de Binance. El volumen máximo que ofrece el mercado al mejor precio es de 0,32 ETH.
- 2) Las monedas de ADA que se obtuvieron en el paso anterior se intercambian por BTC.
- 3) Por último, se venden los BTC que se habían comprado para volver a tener ETH. El volumen de ETH que se tiene ahora es superior en 0,0062 unidades de ethereum al que se tenía inicialmente. Ese sería el beneficio que se habría obtenido en el global de la operación, suponiendo una rentabilidad del 1,9%.

Por último, se muestran algunas operaciones del mes de junio y julio también de arbitraje cripto-fiat:

**Tabla 9.3: Operaciones reales arbitraje triangular. Fuente: Elaboración propia**

MERCADO	PAR	OPERACIÓN	PRECIO	VOLUMEN	IMPORTE OPER.	BENEFICIO	RENTABILIDAD
BITFINEX	BTC/GBP	COMPRA	7352,8 GBP	0,06 BTC	441,17 GBP		
BINANCE	BTC/EUR	VENTA	8223,34 EUR	0,06 BTC	493,4 EUR	<b>2,25 GBP</b>	0,51%
BROKER	EUR/GBP	VENTA	0,9	493,4 EUR	443,42 GBP		
LIQUID	BTC/USD	COMPRA	9323,35 USD	0,06 BTC	559,4 USD	<b>2,78 USD</b>	0,50%

BINANCE	BTC/EUR	VENTA	8255,18 EUR	0,06 BTC	495,31 EUR		
BROKER	EUR/USD	VENTA	1,14	495,31 EUR	562,18 USD		
BITFINEX	BTC/GBP	COMPRA	7397,5 GBP	0,04 BTC	295,9 GBP		
BINANCE	BTC/EUR	VENTA	8276,08 EUR	0,04 BTC	331,04 EUR	<b>1,97 GBP</b>	0,67%
BROKER	EUR/GBP	VENTA	0,9	331,04 EUR	297,87 GBP		
LIQUID	BTC/USD	COMPRA	9326,64 USD	0,04 BTC	373,07 USD		
BINANCE	BTC/EUR	VENTA	8276,1 EUR	0,04 BTC	331,04 EUR	<b>1,67 USD</b>	0,45%
BROKER	EUR/USD	VENTA	1,13	331,04 EUR	374,74 USD		

Utilizando la segunda de las operaciones mostradas en la tabla, se observa la siguiente estrategia:

- 1) En Bitfinex, utilizando dólares se compran 0,06 BTC por un importe total de 559,4\$.
- 2) En Binance, utilizando euros se vende el mismo volumen de BTC que se había comprado en el caso anterior. Con esto se obtienen 495,31€.
- 3) Por último, se acude al bróker para intercambiar los euros obtenidos en el paso 2 por dólares. Tras esto, la operación habría dejado un beneficio total de 2,78 dólares.

Independientemente del tipo de arbitraje, el beneficio que se obtiene por operación suele ser bastante reducido como se ha podido apreciar en los ejemplos reales. Esto tiene sentido, pues el objetivo del arbitraje no es ganar mucho en una única operación, sino ir sumando pequeñas ganancias, que al realizar miles de operaciones diarias se conviertan en ganancias bastante más elevadas. Esa es la esencia de los bots y del mercado actual, la oportunidad de realizar miles de operaciones diarias.

Actualmente no tendría sentido comparar las rentabilidades del arbitraje cripto-fiat con las del arbitraje cripto-cripto, ya que el cripto-fiat es muy reciente. No existen apenas bots para este tipo de arbitraje aún y solo tenemos datos de unos pocos meses. Lo que sí se puede señalar es una gran diferencia entre ambos, la cual se encuentra en que los mercados de criptomonedas, al estar operativos los 7 días de la semana y las 24 horas del día, permiten que el bot de arbitraje cripto-cripto esté continuamente trabajando. El

arbitraje cripto-fiat por su parte, al realizar una parte de su operativa en el mundo fiat, tan solo opera mientras están abiertos los mercados de forex: de lunes a viernes.

## **10. Futuro del arbitraje y de las criptomonedas**

La primera cuestión que podríamos hacernos y que es fundamental de cara a poder hacer predicciones sobre cómo podría funcionar el arbitraje de aquí en adelante es la siguiente:

¿Tienen incentivos los exchanges a que las diferencias de precio entre unos y otros desaparezca? La respuesta es un no rotundo. Los exchanges viven de las comisiones que cobran por cada transacción que se realiza en ellos. Por lo tanto, cuanto mayor sea el número de operaciones, mayor va a ser el beneficio que reciben. La diferencia de precios provoca que muchos usuarios utilicen estos exchanges únicamente para aprovechar esta situación. De manera que si los precios fueran los mismos en todos los mercados estos usuarios no se hubieran ni siquiera registrado en ese exchange para operar.

Es por esto que los exchanges son los primeros interesados en que esto siga existiendo, pues el hecho de que tu ganes en ningún momento va a hacer que ellos pierdan, sino todo lo contrario. Una vez entendido esto, hay que ser conscientes de que el futuro es muy complicado de predecir y más en el mundo de las criptomonedas.

En este apartado se va a incluir un simulador mediante programación en VBA en el que en función de diversos parámetros se muestren posibles evoluciones de una inversión en un bot de arbitraje. Este simulador presenta la siguiente forma:

**Ilustración 10.1: Simulador inversión en un bot de arbitraje. Fuente: Elaboración propia**

**SIMULADOR**

**CAPITAL (BTC)**  **REINVERSIÓN**

**TEMPORALIDAD**  **SEGUIMIENTO**

**CAIDA RETORNOS**



Como se observa, los parámetros de los que va a depender la evolución de nuestra inversión son:

- 1) El Capital: Es la inversión inicial con la que comenzamos, representando su valor en bitcoin.
- 2) Temporalidad: Tiempo en años que vamos a mantener nuestra inversión. El mínimo va a ser 1 año y el máximo 10 años.
- 3) Reinversión: Los beneficios que se van obteniendo se reinvierten o se van retirando.
- 4) Seguimiento: Cada cuanto tiempo queremos que se nos muestre la evolución de nuestra inversión (cada mes, trimestre, semestre o año).
- 5) Caída de los retornos: Las diferencias de precios son menores según va pasando el tiempo (más adelante se entrará con más detalle en esto). Esta variable recogerá cuanto se estima que va a ir disminuyendo la rentabilidad en comparación con la actual. Se puede elegir entre un 4% y un 10%, siendo estas caídas siempre trimestrales. Si se eligiera por ejemplo una caída del 10% al trimestre, se va a suponer que esa caída va siendo progresiva a lo largo del trimestre, ya que las diferencias de precios no disminuyen un 10% de un día para otro, sino que esa disminución se va observando poco a poco.
- 6) Rentabilidad: no va a poder ser elegida por el usuario, sino que se va a utilizar la rentabilidad media mensual que están ofreciendo algunos de los bots en el mercado, la cual se sitúa en torno al 7% mensual.

En este trabajo se va a incluir una simulación utilizando unas hipótesis que sean lo más realistas posibles según las características del mercado actual:

**Ilustración 10.2: Hipótesis utilizadas en la simulación. Fuente: Elaboración propia**

The image shows a web-based simulator interface with a yellow background. At the top center, the word "SIMULADOR" is written in bold black letters. Below this, there are several input fields and dropdown menus. The first row contains "CAPITAL (BTC)" with a text input field containing "1", and "REINVERSIÓN" with a dropdown menu set to "SI". The second row contains "TEMPORALIDAD" with a dropdown menu set to "4", and "SEGUIMIENTO" with a dropdown menu set to "trimestral". The third row contains "CAIDA RETORNOS" with a dropdown menu set to "0,06". Below these fields, there is a white box containing two buttons: "SIMULAR" and "SALIR". To the right of the buttons is a dark rectangular area containing a realistic image of a gold Bitcoin coin.

Inversión por un total de 1 bitcoin con una duración de 4 años, reinvertiendo los beneficios para poder aprovechar el crecimiento exponencial del interés compuesto. La rentabilidad va a ir disminuyendo un 6% cada trimestre (por lo tanto, si actualmente la rentabilidad es del 9%, el trimestre siguiente será de  $9\% * (100\% - 6\%) = 8,46\%$  y así sucesivamente.

Por último, se va a mostrar la evolución cada trimestre.

El resultado, una vez realizada la simulación, es el siguiente:

**Tabla 10.1: Resultados simulación con Reinversión. Fuente: Elaboración propia**

<b>RESULTADOS SIMULACIÓN</b>		
<b>PERÍODO</b>	<b>POSICIÓN BTC</b>	<b>Bº ACUMULADO (BTC)</b>
TRIMESTRE 1	1,19	0,19
TRIMESTRE 2	1,40	0,40
TRIMESTRE 3	1,63	0,63
<b>TRIMESTRE 4</b>	<b>1,89</b>	<b>0,89</b>
TRIMESTRE 5	2,17	1,17
TRIMESTRE 6	2,47	1,47
TRIMESTRE 7	2,79	1,79
<b>TRIMESTRE 8</b>	<b>3,12</b>	<b>2,12</b>
TRIMESTRE 9	3,48	2,48
TRIMESTRE 10	3,85	2,85
TRIMESTRE 11	4,24	3,24
<b>TRIMESTRE 12</b>	<b>4,64</b>	<b>3,64</b>
TRIMESTRE 13	5,05	4,05
TRIMESTRE 14	5,47	4,47
TRIMESTRE 15	5,90	4,90
<b>TRIMESTRE 16</b>	<b>6,34</b>	<b>5,34</b>

El bitcoin con el que se había comenzado se habría multiplicado por más de 6 durante los 4 años a pesar de que, como se puede comprobar, la rentabilidad trimestral ha ido disminuyendo (pasa de ser superior al 18% en el primer trimestre a ser inferior al 8% en el último). Esto es posible gracias al interés compuesto que se experimenta al hacer la reinversión. Para observar bien este fenómeno, se va a volver a simular utilizando las mismas hipótesis a excepción de la de reinversión, la cual ahora vamos a elegir la opción de NO reinvertir los beneficios:

**Tabla 10.2: Resultados simulación sin Reinversión. Fuente: Elaboración propia**

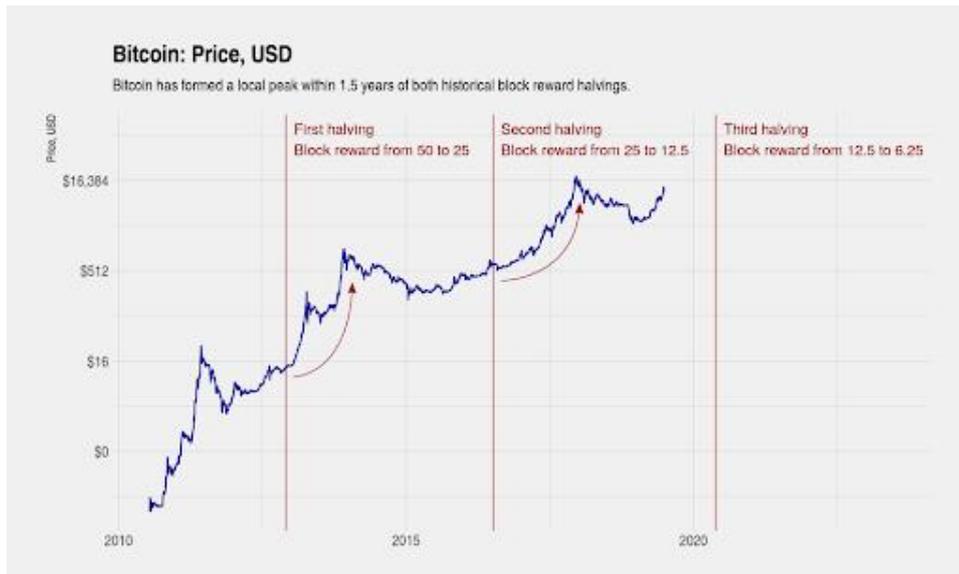
RESULTADOS SIMULACIÓN		
PERÍODO	POSICIÓN BTC	Bº ACUMULADO (BTC)
TRIMESTRE 1	1,17	0,17
TRIMESTRE 2	1,34	0,34
TRIMESTRE 3	1,49	0,49
<b>TRIMESTRE 4</b>	<b>1,64</b>	<b>0,64</b>
TRIMESTRE 5	1,77	0,77
TRIMESTRE 6	1,90	0,90
TRIMESTRE 7	2,03	1,03
<b>TRIMESTRE 8</b>	<b>2,14</b>	<b>1,14</b>
TRIMESTRE 9	2,25	1,25
TRIMESTRE 10	2,35	1,35
TRIMESTRE 11	2,45	1,45
<b>TRIMESTRE 12</b>	<b>2,54</b>	<b>1,54</b>
TRIMESTRE 13	2,62	1,62
TRIMESTRE 14	2,70	1,70
TRIMESTRE 15	2,78	1,78
<b>TRIMESTRE 16</b>	<b>2,85</b>	<b>1,85</b>

Al no hacer reinversión, el beneficio neto en BTC sería aproximadamente 1/3 del obtenido aplicando el interés compuesto. Aquí es donde realmente se aprecia la magia del interés compuesto.

Llegado el momento de finalizar nuestra inversión y para todo aquel que quisiera traspasar el resultado a dinero fiat, será muy importante tener en cuenta el valor del bitcoin en el mercado. La rentabilidad que se va a ir obteniendo día tras día a partir de las diferencias de precios no va a ser el único determinante de la rentabilidad final, sino que la evolución que experimente el precio del bitcoin va a ser, como mínimo, igual de importante.

Las propiedades con las que se creó el bitcoin, en especial su política monetaria y su escasez, perseguían un único objetivo y que hasta el momento se está cumpliendo a la perfección: el aumento en el precio cada 4 años. Esto se observa perfectamente en la siguiente gráfica:

**Ilustración 10.3: Evolución del precio del bitcoin tras cada Halving. Fuente: Infocoin**



Cada 4 años tiene lugar el fenómeno conocido como halving, lo que significa que a partir de ese momento la cantidad de bitcoin emitidos por bloque disminuye a la mitad. Aunque hasta el año 2144 no estarán emitidos el 100% los bitcoin, en la siguiente imagen se puede observar como antes de llegar al año 2040 ya van a estar en el mercado más del 99% del total:

**Tabla 10.3: Evolución de bitcoin minados tras cada Halving. Fuente: Elaboración propia**

	Premio por bloque	btc minados periodo	acumulado
2008-2012	50,00	10.500.000,00	10.500.000,00
2012-2016	25,00	5.250.000,00	15.750.000,00
2016-2020	12,50	2.625.000,00	18.375.000,00
2020-2024	6,25	1.312.500,00	19.687.500,00
2024-2028	3,13	656.250,00	20.343.750,00
2028-2032	1,56	328.125,00	20.671.875,00
2032-2036	0,78	164.062,50	20.835.937,50
2036-2040	0,39	82.031,25	20.917.968,75
2040-2044	0,20	41.015,63	20.958.984,38
<b>2144</b>	<b>TOTAL DE BITCOINS MINADOS</b>		<b>20.999.999,99</b>

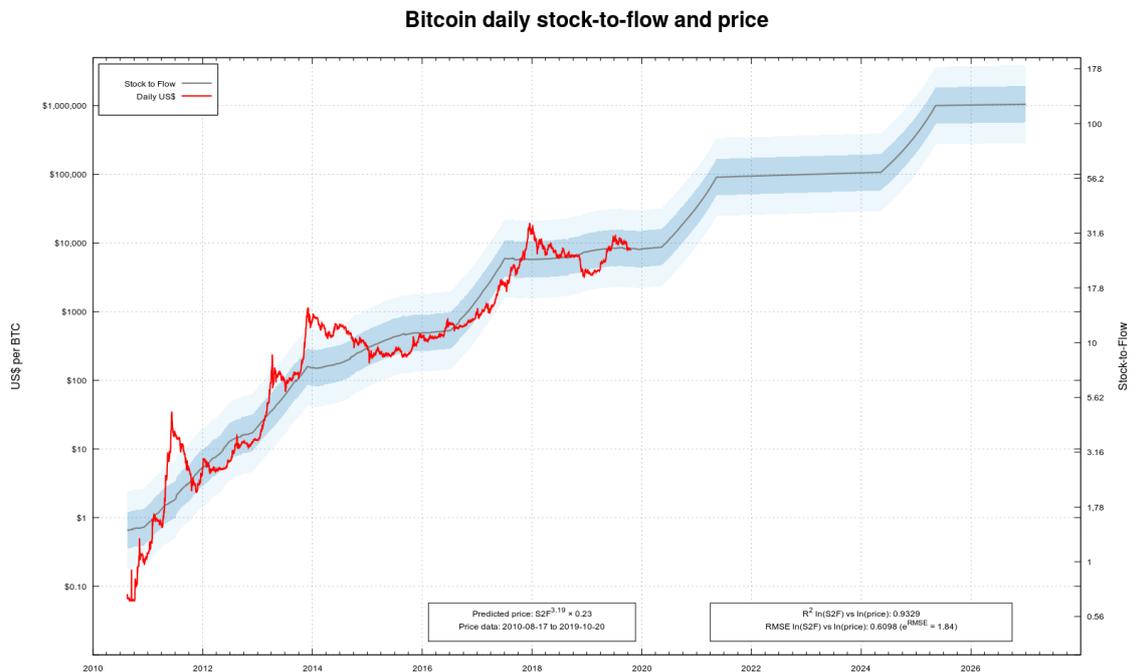
Esta última tabla es fundamental para poder entender los cambios que se reflejaron después de cada halving en la ilustración 9.3. A diferencia de lo que muchos piensan, el halving no tiene un efecto inmediato sobre el precio del bitcoin. El hecho que de un día a otro se emitan menos bitcoins diarios no va a hacer que el precio suba inmediatamente.

El efecto se empieza a observar entorno a los 300 días posteriores al halving, lo que se debe al simple hecho de que la oferta va disminuyendo mientras que la demanda cada vez aumenta más. Y esto es lo que podemos observar que ha ocurrido en los dos halving que ya hemos pasado, en los cuales podemos distinguir 3 fases:

- 1) Un gran incremento en el precio del bitcoin en el primer año y medio posterior al halving.
- 2) Una corrección del precio tras la enorme subida.
- 3) Una fase de lateralidad hasta que vuelve a tener lugar un nuevo halving y se vuelve a repetir el proceso de 3 fases.

Si lo que ha ocurrido en los halving anteriores volviese a ocurrir tras el halving que acaba de tener lugar en marzo de este año 2020, la gran mayoría de predicciones estiman lo siguiente:

**Ilustración 10.4: Predicción del precio del bitcoin. Fuente: Modelo Stock-to-flow**



Actualmente nos encontramos en la fase de lateralidad ya comentada, por lo que todo apunta a que durante el próximo año entraremos en la siguiente fase: un elevado incremento en el precio.

Aunque pudiera parecer que esto sea ajeno a nuestra estrategia de arbitraje, es muy importante tener todo esto en cuenta. El beneficio final del arbitraje va a depender tanto de la rentabilidad que se va a obtener con el mismo, como de la evolución que sufra el precio de las criptomonedas en las cuales mantengamos una posición. Por lo tanto, va a ser muy importante elegir bien el momento de comprar, intercambiar y vender las distintas criptomonedas.

## **11. Conclusiones**

Muchos inversores, generalmente con un perfil más tradicional, consideran que es imposible obtener rentabilidades entorno al 10% mensual de manera continuada a lo largo del tiempo. La poca madurez existente aún dentro de este mercado ha hecho posible que durante algo más de 2 años se hayan aprovechado rendimientos mensuales iguales o superiores a esta cifra de manera constante. Sin embargo, esto no va a durar eternamente.

Nadie sabe a ciencia cierta durante cuánto tiempo más se podrá seguir aprovechando el arbitraje. En general, parece bastante claro que al menos durante 3 años más se podrán seguir aprovechando las diferencias de precios entre estas monedas. Además, hay bastante consenso acerca de que probablemente se pueda seguir realizando el arbitraje entre 5 y 10 años más.

Lo que si sabemos con certeza es que los primeros bots de este tipo aparecieron en torno a 2 años atrás, y que los retornos que se obtienen son ligeramente menores según va avanzando el tiempo. Esto es normal ya que, aunque siga existiendo la diferencia de precios, los mercados son cada vez más eficientes, lo que hace que la diferencia de precios entre un exchange y otro sea menor. Esto se aprecia a la perfección en las siguientes imágenes. Ambas representan el precio del bitcoin en varios exchanges distintos.

Ilustración 11.1: Precio del bitcoin en distintos exchanges Nov,2019. Fuente: Coinmarketcap

## Bitcoin Markets

#	Source	Pair	Volume (24h)	Price
1	BKEX	BTC/USDT	\$630,158,691	\$8235.26
2	BitForex	BTC/USDT	\$527,130,285	\$8300.66
3	Binance	BTC/USDT	\$394,318,796	\$8233.51
4	RightBTC	BTC/USDT	\$386,102,814	\$8230.64
5	LBank	BTC/USDT	\$375,553,220	\$8233.05
6	IDAX	BTC/USDT	\$373,177,805	\$8233.47
7	DigiFinex	BTC/USDT	\$372,371,145	\$8227.23
8	Coineal	BTC/USDT	\$363,027,121	\$8231.13
9	BW.com	BTC/USDT	\$353,754,477	\$8217.27

Ilustración 11.2 : Precio del bitcoin en distintos exchanges Julio, 2020. Fuente: Coinmarketcap

Rank	Source	Pair	Price	Volume (24h)
1	Binance	BTC/USDT	\$9049,79	
2	OKEx	BTC/USDT	\$9052,78	\$252.245.877
3	Huobi Global	BTC/USDT	\$9052,46	\$174.418.808
4	Coinbase Pro	BTC/USD	\$9049,59	\$51.430.449
5	HitBTC	BTC/USDT	\$9052,57	\$128.559.147
6	LATOKEN	BTC/USDT	\$9061,75	
7	BKEX	BTC/USDT	\$9049,87	\$177.498.050

Mientras que en 2019 intercambiando 1 bitcoin encontrábamos muy fácilmente diferencias que superaban los 50\$, en la actualidad la mayoría de diferencias se sitúan en un rango inferior a 10\$. O lo que sería lo mismo, pasamos de encontrar fácilmente rentabilidades por operación superiores al 0,6%, a rentabilidades por operación ligeramente superiores al 0,11% sin tener en cuenta las comisiones.

Es por esta razón principal que el arbitraje simple no se realiza apenas y se han desarrollado el resto de tipos de arbitraje comentados en este trabajo.

Además, cuanto más se conocen alrededor de todo el mundo los beneficios proporcionados por las estrategias de arbitraje, más inversores entran en los distintos bots disponibles, y como los beneficios están limitados por los volúmenes máximos que ofrece el mercado a cada precio, la proporción de ese volumen máximo que le correspondería a cada inversor sería menor: “Si tienes un pastel, cuantas más personas comen de ese pastel menor será el trozo que le corresponderá a cada uno”.

Sin embargo, también es cierto que el mercado de criptomonedas está experimentando un constante crecimiento: nuevas criptomonedas, nuevos pares en los que invertir, nuevos exchanges, más volumen de operaciones dentro de cada exchange... por lo que las posibilidades de encontrar oportunidades de arbitraje cada vez son mayores. La consecuencia de esto es que, a pesar de que los rendimientos que se obtienen por operación cada vez son menores, el número de operaciones que se realizan al día cada vez es mayor. Esto hace que los retornos no caigan exponencialmente a lo largo del tiempo, sino que vayan siendo ligeramente inferiores con el transcurso del mismo.

Las 3 estrategias de arbitraje comentadas en este proyecto (paralelo, intraexchange y triangular) también van aprendiendo del mercado, y según vaya evolucionando éste, irán adaptándose a él y cada vez detectarán más formas de encontrar diferencias de precios. Además, seguro que irán apareciendo nuevos métodos de arbitraje, como puede ser el arbitraje cripto-fiat que como se ha explicado acaba prácticamente de nacer.

En el momento en el que las criptomonedas estén completamente reguladas en todos los países, y esta regulación sea igual en todos estos países, el mercado se volverá eficiente haciendo que el precio que van a tener las criptomonedas va a ser el mismo en todos y cada uno de los exchanges, por lo que en ese momento las oportunidades de arbitraje desaparecerán. Hasta entonces, aún nos quedan unos cuantos años para seguir aprovechando esta situación.

## 12. Bibliografía

Domingo, Carlos (Mayo 2018). Todo lo que querías saber sobre bitcoin, criptomonedas y blockchain

Preukschat, Alex (Julio 2019). Blockchain : La revolución industrial de Internet

Santiago Moreno, Ismael (Octubre 2019). La nueva economía blockchain y criptomonedas en 100 preguntas

Smith, Mark. (junio 2018). Criptomonedas: Blockchain, Bitcoin, Ethereum

Ico Report (2018). Lugar de publicación: Mangrove (<https://www.mangrove.vc/ico-report2018>)

Información en tiempo real del mercado de las criptomonedas: Coinmarketcap (<https://coinmarketcap.com>)

Ejemplo de billetera, gestión de API y comisión: Binance (<https://www.binance.com>)

Comisiones trading: Kraken (<https://www.Kraken.com>), Kucoin (Kucoin.com), HitBTC (<https://hitbtc.com/>), Bitfinex (<https://www.bitfinex.com/>)

Qué son las API: Xataka ( <https://www.xataka.com/basics/api-que-sirve> )

Distinguir la calidad de un exchange a través de Traffic factor : Coinmarketcap ( <https://support.coinmarketcap.com/hc/en-us/articles/360043837171-Web-Traffic-Factor-Exchange-> )

Divisiones dentro de la moneda bitcoin: Diariobitcoin (<https://www.diariobitcoin.com/diferencias-entre-bitcoin-bitcoin-cash-bitcoin-sv-gold-y-diamond/>)

Ada Cardano: bitcobie (<https://www.bitcobie.com/cardano/>)

Halving de Bitcoin: Cointelegraph (<https://es.cointelegraph.com/news/bitcoin-halving-an-interpretation-from-the-foundations>)

### 13. Anexos

#### ANEXO 1: OPERACIONES REALES DE ARBITRAJE

ARBITRAJE PARALELO						
MERCADO	PAR	OPERACIÓN	PRECIO	VOLUMEN	BENEFICIO	RENTABILIDAD
BINANCE	ADA/BTC	COMPRA ADA	0,00001003	1422 ADA	<b>0,000028 BTC</b>	0,20%
KUCOIN	ADA/BTC	VENDE ADA	0,00001005	1422 ADA		
HUOBI	BTC/USDT	COMPRA BTC	9159,13	0,02 BTC	<b>0,6034 USDT</b>	0,33%
KUCOIN	BTC/USDT	VENDE BTC	9189,3	0,02 BTC		
HUOBI	ETH/USDT	COMPRA ETH	224,42	0,36 ETH	<b>0,234 USDT</b>	0,29%
BINANCE	ETH/USDT	VENDE ETH	225,07	0,36 ETH		
HUOBI	ETH/USDT	COMPRA ETH	231,61	8,541 ETH	<b>6,58 USDT</b>	0,33%
KUCOIN	ETH/USDT	VENDE ETH	232,38	8,541 ETH		
HUOBI	BNB/BTC	COMPRA BNB	0,0017696	22,02 BNB	<b>0,000073 BTC</b>	0,19%
KUCOIN	BNB/BTC	VENDE BNB	0,0017729	22,02 BNB		
BINANCE	ADA/BTC	COMPRA ADA	0,00000814	327 ADA	<b>0,00000654 BTC</b>	0,25%
KUCOIN	ADA/BTC	VENDE ADA	0,00000816	327 ADA		
BINANCE	DASH/BTC	COMPRA DASH	0,00777	1,072 DASH	<b>0,000025 BTC</b>	0,30%
KUCOIN	DASH/BTC	VENDE DASH	0,007793	1,072 DASH		
HUOBI	ETH/USDT	COMPRA ETH	232,42	0,2456 ETH	<b>0,2996 USDT</b>	0,52%
POLONIEX	ETH/USDT	VENDE ETH	233,64	0,2456 ETH		
HUOBI	ETH/USDT	COMPRA ETH	232,42	0,2457 ETH	<b>0,2555 USDT</b>	0,45%
BINANCE	ETH/USDT	VENDE ETH	233,46	0,2457 ETH		
KUCOIN	BNB/BTC	COMPRA BNB	0,00177	12,53 BNB	<b>0,00011 BTC</b>	0,49%
BINANCE	BNB/BTC	VENDE BNB	0,0017786	12,53 BNB		
KUCOIN	DASH/BTC	COMPRA DASH	0,007747	0,7 DASH	<b>0,000012 BTC</b>	0,22%
BINANCE	DASH/BTC	VENDE DASH	0,007764	0,7 DASH		
BITFINEX	DASH/BTC	COMPRA DASH	0,0077962	4,497 DASH	<b>0,000174 BTC</b>	0,50%
BINANCE	DASH/BTC	VENDE DASH	0,007835	4,497 DASH		
HUOBI	BTC/USDT	COMPRA BTC	9410,4	0,00869 BTC	<b>0,1486 USDT</b>	0,18%
POLONIEX	BTC/USDT	VENDE BTC	9427,5	0,00869 BTC		
KUCOIN	ADA/BTC	COMPRA ADA	0,00000807	5291 ADA	<b>0,000159 BTC</b>	0,37%
HUOBI	ADA/BTC	VENDE ADA	0,0000081	5291 ADA		

ARBITRAJE INTRAEXCHANGE						
MERCADO	PAR	OPERACIÓN	VOLUMEN INICIAL	VOLUMEN FINAL	BENEFICIO	RENTABILIDAD
BINANCE	BTC/BNB	COMPRA BNB	0,0973 BTC	-		
BINANCE	BNB/ENJ	COMPRA ENJ	-	-	0,00006 BTC	0,06%
BINANCE	ENJ/BTC	COMPRA BTC	-	0,09736 BTC		
BINANCE	BTC/USDT	COMPRA USDT	0,06346 BTC	-		
BINANCE	USDT/ARPA	COMPRA ARPA	-	-	0,001 BTC	0,16%
BINANCE	ARPA/BTC	COMPRA BTC	-	0,06356 BTC		
BINANCE	BTC/BNB	COMPRA BNB	0,2018 BTC	-		
BINANCE	BNB/ENJ	COMPRA ENJ	-	-	0,002 BTC	0,10%
BINANCE	ENJ/BTC	COMPRA BTC	-	0,202 BTC		
BINANCE	ETH/ADA	COMPRA ADA	0,32 ETH	-		
BINANCE	ADA/BTC	COMPRA BTC	-	-	0,0062 ETH	1,95%
BINANCE	BTC/ETH	COMPRA ETH	-	0,3262 ETH		
BINANCE	ETH/AION	COMPRA AION	0,31 ETH	-		
BINANCE	AION/BTC	COMPRA BTC	-	-	0,0043 ETH	1,77%
BINANCE	BTC/ETH	COMPRA ETH	-	0,3143 ETH		
BINANCE	USDT/BAND	COMPRA BAND	37,31 USDT	-		
BINANCE	BAND/BNB	COMPRA BNB	-	-	0,29 USDT	0,77%
BINANCE	BNB/USDT	COMPRA USDT	-	37,6 USDT		
BINANCE	ETH/BLZ	COMPRA USDT	0,2 ETH	-		
BINANCE	BLZ/BTC	COMPRA BTC	-	-	0,0035 ETH	1,72%
BINANCE	BTC/ETH	COMPRA ETH	-	0,2035 ETH		
BINANCE	BTC/ETH	COMPRA ETH	0,004 BTC	-		
BINANCE	ETH/REP	COMPRA REP	-	-	0,00009 BTC	2,25%
BINANCE	REP/BTC	COMPRA BTC	-	0,00409 BTC		
BINANCE	ETH/LINK	COMPRA LINK	3 ETH	-		
BINANCE	LINK/BTC	COMPRA BTC	-	-	0,0627 ETH	2,09%
BINANCE	BTC/ETH	COMPRA ETH	-	3,0627 ETH		
BINANCE	ETH/BNT	COMPRA BNT	0,1 ETH	-		
BINANCE	BNT/BTC	COMPRA BTC	-	-	0,00215 ETH	2,15%
BINANCE	BTC/ETH	COMPRA ETH	-	0,10215 ETH		
BINANCE	ETH/BNB	COMPRA BNB	5,1	-		
BINANCE	BNB/BTC	COMPRA BTC	-	-	0,1025 ETH	2,01%
BINANCE	BTC/ETH	COMPRA ETH	-	5,2025		
BINANCE	BTC/ONE	COMPRA ONE	0,023 BTC	-		
BINANCE	ONE/USDT	COMPRA USDT	-	-	0,0003 BTC	1,66%
BINANCE	USDT/BTC	COMPRA BTC	-	0,0233 BTC		
BINANCE	BTC/ZAR	COMPRA ZAR	0,075 BTC	-		
BINANCE	ZAR/ETH	COMPRA ETH	-	-	0,00047 BTC	0,62%
BINANCE	ETH/BTC	COMPRA BTC	-	0,07547 BTC		

ARBITRAJE CRIPTO-FIAT							
MERCADO	PAR	OPERACIÓN	PRECIO	VOLUMEN	IMPORTE OPER.	BENEFICIO	RENTABILIDAD
BITFINEX	BTC/GBP	COMPRA	7352,8 GBP	0,06 BTC	441,17 GBP		
BINANCE	BTC/EUR	VENTA	8223,34 EUR	0,06 BTC	493,4 EUR	<b>2,25 GBP</b>	0,51%
BROKER	EUR/GBP	VENTA	0,9	493,4 EUR	443,42 GBP		
LIQUID	BTC/USD	COMPRA	9323,35 USD	0,06 BTC	559,4 USD		
BINANCE	BTC/EUR	VENTA	8255,18 EUR	0,06 BTC	495,31 EUR	<b>2,78 USD</b>	0,50%
BROKER	EUR/USD	VENTA	1,14	495,31 EUR	562,18 USD		
BITFINEX	BTC/GBP	COMPRA	7397,5 GBP	0,04 BTC	295,9 GBP		
BINANCE	BTC/EUR	VENTA	8276,08 EUR	0,04 BTC	331,04 EUR	<b>1,97 GBP</b>	0,67%
BROKER	EUR/GBP	VENTA	0,9	331,04 EUR	297,87 GBP		
LIQUID	BTC/USD	COMPRA	9326,64 USD	0,04 BTC	373,07 USD		
BINANCE	BTC/EUR	VENTA	8276,1 EUR	0,04 BTC	331,04 EUR	<b>1,67 USD</b>	0,45%
BROKER	EUR/USD	VENTA	1,13	331,04 EUR	374,74 USD		
BITFINEX	BTC/JPY	COMPRA	1031500 JPY	0,08 BTC	82520 JPY		
BINANCE	BTC/EUR	VENTA	8574,27 EUR	0,08 BTC	685,94 EUR	<b>1151,08 JPY</b>	0,11%
BROKER	EUR/JPY	VENTA	121,98	685,94 EUR	83671,08 JPY		
BITFINEX	BTC/GBP	COMPRA	7557,9 GBP	0,05 BTC	377,9 GBP		
BINANCE	BTC/EUR	VENTA	8587,16 EUR	0,05 BTC	429,36 EUR	<b>5,34 GBP</b>	1,41%
BROKER	EUR/GBP	VENTA	0,89	429,36 EUR	383,24 GBP		
LIQUID	BTC/EUR	COMPRA	8114,56 EUR	0,07 BTC	568,02 EUR		
BITFINEX	BTC/JPY	VENTA	991420 JPY	0,07 BTC	69399,4 JPY	<b>2,46 EUR</b>	0,43%
BROKER	EUR/JPY	VENTA	121,65	69399,4 JPY	570,48 EUR		
BITFINEX	BTC/GBP	COMPRA	7376,6 GBP	0,09 BTC	663,89 GBP		
BINANCE	BTC/EUR	VENTA	8152,98 EUR	0,09 BTC	733,77 EUR	<b>3,47 GBP</b>	0,52%
BROKER	EUR/GBP	VENTA	0,91	733,77 EUR	667,36 GBP		
BITFINEX	BTC/JPY	COMPRA	991020 JPY	0,08 BTC	79281,6 JPY		
BINANCE	BTC/EUR	VENTA	8141,93 EUR	0,08 BTC	651,36 EUR	<b>379,12 JPY</b>	0,48%
BROKER	EUR/JPY	VENTA	122,3	651,36 EUR	79660,72 JPY		
BITFINEX	BTC/JPY	COMPRA	973260 JPY	0,09 BTC	87593,4 JPY		
LIQUID	BTC/USD	VENTA	9141,65 USD	0,09 BTC	822,75 USD	<b>646,32 JPY</b>	0,74%
BROKER	USD/JPY	VENTA	107,25	822,75 USD	88239,72 JPY		
BITFINEX	BTC/GBP	COMPRA	7255,6 GBP	0,09 BTC	653 GBP		
LIQUID	BTC/USD	VENTA	9138,24 USD	0,09 BTC	822,44 USD	<b>4,95 GBP</b>	0,76%
BROKER	GBP/USD	VENTA	1,25	822,44 USD	657,95 GBP		
LIQUID	BTC/EUR	COMPRA	7981,5 EUR	0,09 BTC	718,34 EUR		
BITFINEX	BTC/USD	VENTA	9138,03 USD	0,09 BTC	822,51 USD	<b>5,07 EUR</b>	0,71%
BROKER	EUR/USD	VENTA	1,14	822,51 USD	723,41 EUR		
BITFINEX	BTC/GBP	COMPRA	7254,5 GBP	0,06 BTC	435,27 GBP		
BINANCE	BTC/EUR	VENTA	8016,43 EUR	0,06 BTC	480,99 EUR	<b>2,86 GBP</b>	0,66%
BROKER	EUR/GBP	VENTA	0,91	480,99 EUR	438,13 GBP		

## ANEXO2 : CÓDIGO VBA

---

---

### **Sub simulador\_arbitraje()**

Dim Inversion As Integer, duracion\_dias As Integer, i As Integer, Duracion As Integer

Dim rent\_diaria As Single, caida\_rendimientos As Single

Dim Reinversion As String

'Lectura de las hipótesis que se van a utilizar en la simulación

Inversion = Sheets("Simulador").Range("inversion")

duracion\_dias = Sheets("Simulador").Range("duracion") \* 365

Duracion = Sheets("Simulador").Range("duracion")

rent\_diaria = Sheets("Simulador").Range("rentabilidad") \* (12 / 365)

Reinversion = Sheets("Simulador").Range("reinversion")

caida\_rendimientos = Sheets("Simulador").Range("caida")

Seguimiento = Sheets("Simulador").Range("Seguimiento")

'Se borran los resultados que estuvieran de la última simulación

Call borrar\_contenido

'Llamamiento a la subrutina que va a calcular la evolución de la inversión

Call seguimiento\_inversion(Inversion, Reinversion, Duracion, duracion\_dias,  
caida\_rendimientos, Seguimiento, rent\_diaria)

Call formato(Duracion, Seguimiento)

**End Sub**

---

---

**Sub borrar\_contenido()**

```
Sheets("Simulador").Range("A14:D200").ClearContents
```

**End Sub**

-----  
**Sub seguimiento\_inversion(ByVal Inversion, ByVal Reinversion, ByVal Duracion, ByVal duracion\_dias, ByVal caida\_rendimientos, ByVal Seguimiento, ByVal rent\_diaria)**

Dim evolucion() As Single, rent\_corregida() As Single

'La variable evolucion va a ser un vector que recoja la evolución diaria de la posición en bitcoin

'La variable rent\_corregida va a ser un vector que representa las rentabilidades diarias

'El vector rent\_corregida tendrá en cuenta la caída de los rendimientos a lo largo del tiempo

ReDim evolucion(1 To duracion\_dias)

ReDim rent\_corregida(1 To duracion\_dias)

evolucion(1) = Inversion

rent\_corregida(1) = rent\_diaria

'Mediante este bucle se va a calcular la evolución de la posición en bitcoin

'Hay que tener en cuenta si el inversor reinvierte los beneficios o no

'El mercado irá siendo más eficiente. Hay que considerar que los retornos van a ir decreciendo a lo largo del tiempo

If Reinversion = "NO" Then

For i = 1 To duracion\_dias - 1

rent\_corregida(i + 1) = rent\_corregida(i) \* (1 - (caida\_rendimientos / 91.25))

evolucion(i + 1) = evolucion(i) + (rent\_corregida(i) \* evolucion(1))

Next i

ElseIf Reinversion = "SI" Then

For i = 1 To duracion\_dias - 1

rent\_corregida(i + 1) = rent\_corregida(i) \* (1 - (caida\_rendimientos / 91.25))

evolucion(i + 1) = evolucion(i) \* (1 + rent\_corregida(i))

```
Next i
End If
```

'Se muestra al usuario la evolución en la temporalidad que el haya elegido

```
If Seguimiento = "mensual" Then
```

```
For i = 1 To 12 * Duracion
```

```
Sheets("Simulador").Cells(13 + i, 1) = "MES " & i
```

```
Sheets("Simulador").Cells(13 + i, 2) = evolucion(30 * i)
```

```
Sheets("Simulador").Cells(13 + i, 3) = evolucion(30 * i) - evolucion(1)
```

```
Next i
```

```
ElseIf Seguimiento = "trimestral" Then
```

```
For i = 1 To 4 * Duracion
```

```
Sheets("Simulador").Cells(13 + i, 1) = "TRIMESTRE " & i
```

```
Sheets("Simulador").Cells(13 + i, 2) = evolucion(91 * i)
```

```
Sheets("Simulador").Cells(13 + i, 3) = evolucion(91 * i) - evolucion(1)
```

```
Next i
```

```
ElseIf Seguimiento = "semestral" Then
```

```
For i = 1 To 2 * Duracion
```

```
Sheets("Simulador").Cells(13 + i, 1) = "SEMESTRE " & i
```

```
Sheets("Simulador").Cells(13 + i, 2) = evolucion(182 * i)
```

```
Sheets("Simulador").Cells(13 + i, 3) = evolucion(182 * i) - evolucion(1)
```

```
Next i
```

```
ElseIf Seguimiento = "anual" Then
```

```
For i = 1 To Duracion
```

```
Sheets("Simulador").Cells(13 + i, 1) = "AÑO " & i
```

```
Sheets("Simulador").Cells(13 + i, 2) = evolucion(365 * i)
```

```
Sheets("Simulador").Cells(13 + i, 3) = evolucion(365 * i) - evolucion(1)
```

```
Next i
```

```
End If
```

```
End Sub
```

---

### Sub formato(ByVal Duracion, ByVal Seguimiento)

Dim i As Integer, j As Integer

'Se realiza este if para resaltar el resultado final de la simulación

If Seguimiento = "mensual" Then

    i = 12

ElseIf Seguimiento = "trimestral" Then

    i = 4

ElseIf Seguimiento = "semestral" Then

    i = 2

ElseIf Seguimiento = "anual" Then

    i = 1

End If

'Bucle que va a dar el formato deseado a la última línea de resultados del seguimiento

For j = 1 To 3

    Sheets("Simulador").Cells(13 + Duracion \* i, j + 1).Select

        Selection.Font.Bold = True

        Selection.Font.Size = 14

        Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone

        Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone

        With Selection.Borders(xlEdgeLeft)

            .LineStyle = xlContinuous

            .ThemeColor = 1

            .TintAndShade = 0

            .Weight = xlMedium

        End With

        With Selection.Borders(xlEdgeTop)

            .LineStyle = xlContinuous

```
.ThemeColor = 1
.TintAndShade = 0
.Weight = xlMedium
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
.LineStyle = xlContinuous
.ThemeColor = 1
.TintAndShade = 0
.Weight = xlMedium
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
.LineStyle = xlContinuous
.ThemeColor = 1
.TintAndShade = 0
.Weight = xlMedium
End With
Selection.Borders(xlInsideVertical).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = xlNone
Next j
```

**End Sub**

---