



Universidad de
Oviedo



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN.

MÁSTER EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

OPORTUNIDADES DE ARBITRAJE EN CRIPTOMONEDAS

CORREDOIRA FERNÁNDEZ, DIEGO

TUTOR: ROSILLO CAMBLOR, RAFAEL

FECHA: JULIO 2020

Índice de contenidos

1. Introducción	6
2. Objetivos y alcance	8
2.1 Motivación	8
2.2 Objetivos	8
2.3 Alcance	9
2.4 Antecedentes	10
3 Conceptos básicos	13
3.1. Criptomonedas	13
3.2. Arbitraje	16
3.3. ‘CryptoCurrency Exchange’ o casas de intercambio de criptomonedas	17
4. Metodología	19
4.1. Arquitectura de la solución	19
4.3.2. Arquitectura en el servidor	19
4.3.2. Arquitectura en el cliente	26
4.3. Estrategia de operación	31
4.3.1. Monitorización previa	31
4.3.2 Selección de criptomonedas	34
4.3.3. Selección de Exchanges	37
4.3.4. Comisiones por Exchange	41
4.3.5. Estrategia para conseguir el arbitraje	42
4.4. Plan de pruebas	50
4.4.1. Pruebas en los servicios	50
4.4.2. Pruebas en la aplicación	53
5. Resultados	56
5.1. Análisis de los valores obtenidos utilizando el Scraping y CoinMarketCap	56

5.2. Inconvenientes encontrados durante la fase de monitorización	69
5.3. Análisis de los resultados obtenidos mediante el uso de la aplicación	73
5.4. Inconvenientes encontrados mediante el uso de la aplicación	80
5.5. Análisis sobre los objetivos definidos en el alcance.....	83
6. Conclusiones.....	85
7. Futuras mejoras	86
8. Referencias	88

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 - Diagrama de arquitectura general	19
Ilustración 2 - Tabla de Coinmarketcap sobre la que se extrae los precios	22
Ilustración 3 - Estructura de las tablas en base de datos.....	26
Ilustración 4 - Pantalla de reporte	28
Ilustración 5 - Detalle del bloque de para la criptomoneda Binance Coin	29
Ilustración 6 - Detalle de la criptomoneda BNB	30
Ilustración 7 - Número de veces que un Exchange da el precio máximo para BNB.....	32
Ilustración 8 - Número de veces que un Exchange da el precio mínimo para BNB	32
Ilustración 9 - Número de veces que una criptomoneda supera el 10% de beneficio	33
Ilustración 10 - Precio de la moneda BNB en Coinmarketcap	34
Ilustración 11- Precio de la moneda BNB para el Exchange BKEX.....	34
Ilustración 12- Modelo típico de arbitraje	43
Ilustración 13 - Proceso de arbitraje con retorno de beneficios	44
Ilustración 14 - Modelo de arbitraje que evita el tiempo de transferencia	45
Ilustración 15 - Proceso previo al arbitraje.....	46
Ilustración 16 - Escenario inicial del ejemplo	46
Ilustración 17- Compra previa de CM para permitir el arbitraje	47
Ilustración 18 - Operación final ejemplo arbitraje.....	48
Ilustración 19 - Modelo de arbitraje con múltiples operaciones	49
Ilustración 20 - Uso de Postman para la realización de las pruebas	53
Ilustración 21 - Resultado pruebas A-1, A-2 y A-3.....	55
Ilustración 22 - Conjunto de criptomonedas extraídas de CoinMarketCap.....	57
Ilustración 23 - Gráfico de la distribución del número de registros con beneficio positivo	58
Ilustración 24 - Gráfico de distribución del número de registros con beneficio superior al 1% ..	59
Ilustración 25 - Gráfico de distribución del número de registros con beneficio superior al 10%	60
Ilustración 26 - Grafico beneficio máximo registrado por criptomoneda	61
Ilustración 27 - Exchange precio máximo beneficio positivo	63
Ilustración 28 - Número registros exchange precio mínimo y beneficio positivo.....	64
Ilustración 29 - Exchange precio máximo y beneficio mayor que 1%	65
Ilustración 30 - Número de registros exchange precio mínimo y beneficio mayor que 1%	66
Ilustración 31- Número registros precio máximo y beneficio mayor que 10%	67
Ilustración 32 - Número registros por exchange con precio mínimo y beneficio superior al 10%	68
Ilustración 33 - Valor de la criptomoneda XLM a fecha 25 de Junio de 2020	70

Ilustración 34 - Valor de la criptomoneda XLM para la Exchange Binance	71
Ilustración 35 - Valor de la criptomoneda XLM para la exchange HitBtc.....	71
Ilustración 36 - Valor de la criptomoneda XLM para la exchange LATOKEN	72
Ilustración 37 - Reporte a día 4 de junio de 2019.....	74
Ilustración 38 -Reporte de criptomonedas el 30 de mayo de 2019	75
Ilustración 39 - Reporte de criptomonedas tomado el día 25 de Junio de 2020 a las 14:35	76
Ilustración 40 - Reporte de criptomonedas el día 25 de Junio de 2020 a las 18:30	77
Ilustración 41- Comparativa valor BCEX con valor aplicacion para LTC	78
Ilustración 42 - Comparativa de valor entre HitBTC y la aplicación para LTC	79
Ilustración 43 - Depósitos y retiradas cerradas para ciertas criptomonedas.....	81

1. Introducción

Con la llegada del mundo digital han surgido nuevas formas y métodos de inversión que hace unos años estaban al alcance de unas pocas personas en el mundo que se dedicaban profesionalmente a ello. Hoy en día cualquier usuario medio que tenga unos conocimientos mínimos de la materia puede llegar a operar en los distintos mercados financieros desde la comodidad de su hogar, mientras que años atrás esta tarea delegaba en agentes especializados que tenían las destrezas y los contactos suficientes para ello.

Con la llegada de las nuevas tecnologías la operativa bursátil se ha actualizado y ha abierto un nuevo mundo de posibilidades para el mediano y pequeño inversor. Los avances tecnológicos permiten hoy en día interactuar con los mercados financieros, la mayoría de las veces a través de un intermediario, y realizar órdenes de compra y venta con tan solo unos clics y en pocos minutos. También se ha actualizado la oferta formativa del inversor, pudiendo este acceder a múltiples cursos y plataformas online donde aprender desde las bases hasta los conceptos más avanzados de la operativa bursátil.

El mundo evoluciona y las formas de inversión lo hacen también a un ritmo alto. En los últimos años han surgido nuevas oportunidades de inversión relacionadas directamente con el mundo digital sobre la cual los inversores han visto una importante fuente de beneficio debido a la relativa novedad de las mismas y los potenciales beneficios que estas pueden llegar a generar. Estas nuevas oportunidades de inversión digital son las criptomonedas que, desde su primera aparición en el año 2008, han estado en un auge tanto económico como mediático.

Las criptomonedas representan una nueva forma de ver la economía promoviendo una revolución en el modelo de transacciones tal y como hoy se conoce. El uso de las criptomonedas propone un modelo descentralizado en el que, en lugar de existir una única unidad central que medie en las operaciones, existan múltiples unidades repartidas por todo el mundo que dejen constancia y registro de las operaciones.

Además de suponer un importante cambio, las criptomonedas, también pueden ser objeto de inversión debido a que se pueden intercambiar en diferentes casas de intercambio o

Exchange por otras criptomonedas o incluso por la moneda tradicional (Euro, dólar...). Es importante indicar que este nuevo mercado de activos es muy inestable, fluctuando los precios de las criptomonedas de forma constante, y esto es, en parte, lo que atrae a los inversores. El alto riesgo que tiene este mercado es compensado, en ocasiones, con los altos márgenes de beneficios que reporta el mercado de las criptomonedas.

Por otro lado, al tratarse de un mercado relativamente reciente, el Bitcoin surgió en 2008 pero no empezó a conocerse hasta 2011, y permitir el intercambio de criptomonedas en diferentes casas, que regulan de forma automática sus precios en función de las órdenes de compra y venta, existe la posibilidad de abordar técnicas y estrategias que en el mercado tradicional no se pueden aplicar. Un ejemplo de estas estrategias es el arbitraje, en los mercados tradicionales es imposible o extremadamente complicado de aplicar mientras que en el mercado de las criptomonedas gracias a la multitud de casas de intercambio y la inestabilidad del mercado puede que esta estrategia se pueda aplicar con más frecuencia.

Para realizar este estudio se recurrirá a las denominadas ‘alter coins’ o monedas alternativas en lugar de utilizar la criptomoneda por excelencia, el Bitcoin. Esto se debe a que las oportunidades de aplicar técnicas de arbitraje crecen en este tipo de monedas ya que son aún más inestables que el Bitcoin a pesar de que los precios de estas dependan, en parte, del precio del Bitcoin.

2. Objetivos y alcance

2.1 Motivación

Este proyecto dista mucho del conocimiento adquirido por el alumno durante el desarrollo de sus estudios de Máster de Ingeniería Informática en la Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón ya que utiliza conocimientos de finanzas y operativa bursátil que el alumno ha adquirido por su cuenta.

A pesar de ello, el alumno ha decidido realizar el proyecto sobre esta temática ya que se ha observado una oportunidad de inversión en la misma y tanto la tecnología y técnicas de intercambio de criptomonedas son conocidas, de forma básica, por el alumno. Además, el alumno observa una muy buena oportunidad de ampliar ese pequeño conocimiento sobre finanzas y trading que dispone, de una forma sencilla y entretenida.

El alumno ve este proyecto como un paso previo al desarrollo de una herramienta que automatice el proceso que explote la estrategia de arbitraje siempre que sea posible. Este desarrollo se realizará de forma independiente, en el caso de que el estudio salga favorable, tras la finalización de este proyecto.

2.2 Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es realizar una **validación sobre la viabilidad del arbitraje en los mercados referentes a las criptomonedas para un conjunto determinado de criptomonedas y de casas de intercambio**. Este objetivo, a su vez, se puede dividir en varios subobjetivos que completen de forma correcta el desarrollo de este proyecto.

A) **Investigación de las oportunidades de arbitraje con criptomonedas.**

- a. Selección de un conjunto de criptomonedas sobre las que realizar el estudio.

- b. Selección de un conjunto de casas de intercambio sobre las que operar de forma teórica.
- c. Definición de un modelo de arbitraje viable.

B) Desarrollo de una herramienta de visualización

- a. Diseño e implementación de una arquitectura que permita la visualización de los valores.
- b. Visualización en tiempo “cuasi-real” de la diferencia existente entre dos casas de intercambio y los beneficios potenciales de realizar una operación entre varias casas de intercambio en caso de que sea posible.
- c. Simulación de una operación de arbitraje simple entre dos casas de intercambio utilizando unas unidades determinadas.

Tras completar la investigación, si se observa un escenario favorable para la realización de arbitraje, se desarrollará una herramienta de compraventa de criptomonedas de forma automatizada que permita la explotación del estudio y la generación de beneficios. El desarrollo de esta herramienta se realizará fuera del ámbito de este proyecto ya que los objetivos fijados anteriormente se han seleccionado teniendo en cuenta una ventana temporal limitada, de tal manera que el Trabajo Fin de Máster se pueda presentar en un plazo determinado.

2.3 Alcance

El alcance fijado para este proyecto es la superación de los objetivos marcados en el apartado anterior, demostrando a la finalización del mismo la posibilidad o no de realizar arbitraje sobre los mercados de criptomonedas. La profundidad de la investigación se limitará a un conjunto definido de criptomonedas y de casas de intercambio, realizando el estudio sobre esos valores.

Tras la realización del proyecto se habrán completado los siguientes hitos:

- Se habrá **identificado de forma general las diversas casas de intercambio más voluminosas** y con mayor potencial para realizar arbitraje sobre ellas.
- Se habrán **identificado un conjunto limitado de criptomonedas sobre las que realizar el estudio** y se habrá comprendido su origen y evolución.
- El alumno habrá **afianzado conceptos relacionados con la operativa bursátil que no había obtenido durante su formación de grado o postgrado** debido a la diferente especialización elegida.
- Se habrá **desarrollado una herramienta multiplataforma** que permita la visualización en tiempo real de las diferentes cotizaciones de una misma criptomoneda para diferentes casas de intercambio, así como la diferencia entre ambas y el beneficio potencial generado tras aplicar arbitraje entre ambas.
- Se habrá **desarrollado una herramienta simple de simulación** que permita emular una operación real entre dos casas de intercambio utilizando valores de precio y comisiones actuales.
- **La herramienta de visualización desarrollada se habrá desplegado utilizando un proveedor Cloud** como forma de alojamiento de la misma.

2.4 Antecedentes

En esta sección se presenta un pequeño análisis sobre las publicaciones e investigaciones existentes en la actualidad en el marco del arbitraje con criptomonedas. Para realizar la búsqueda de las publicaciones y artículos relacionados con el tema de arbitraje se han utilizado principalmente tres fuentes de datos.

En primer lugar, se ha realizado una búsqueda sobre el portal de publicaciones científicas de Web of Science, que recopila información de múltiples bases de datos como MEDLINE, KCI o SciELO, aparte de la propia base de datos de Web of Science. Además, el buscador permite realizar filtrados y análisis de publicaciones de forma sencilla y efectiva.

La segunda fuente de información que se ha utilizado para obtener una visión del estado del arte del arbitraje con criptomonedas ha sido Scopus. Esta segunda herramienta cuenta con un buscador, al igual que en el caso de la Web of Science. La mayoría de los resultados encontrados en este segundo buscador ya aparecían en el anterior.

Tanto la Web of Science como Scopus requieren del uso de credenciales para realizar las búsquedas sobre sus bases de datos. Afortunadamente se han podido utilizar las credenciales de acceso a la Universidad de Oviedo para realizar esta verificación y poder acceder a ambas herramientas.

La tercera y última fuente consultada ha sido la herramienta que proporciona Google para la búsqueda de publicaciones, artículos y material científico, Google Scholar. Esta última fuente se ha utilizado únicamente como complemento a las anteriores fuentes citadas.

Durante la investigación se han encontrado dos publicaciones científicas relacionadas con el ámbito de este estudio. Se muestran a continuación:

Trading and Arbitrage in Cryptocurrency Markets [1]

Esta publicación fue realizada por Igor Makarova (London School of Economics) y Antoinette Schoarb (MIT Sloan), en febrero de 2020. Dicha publicación realizada en la Journal of Financial Economics recoge las importantes oportunidades de arbitraje existentes entre los diversos Exchange existentes para ello. El artículo hace hincapié en que las mayores diferencias de precios entre los valores de los activos se dan entre las casas de intercambio que se encuentran en situadas en diferentes países.

Using FIAT currencies for arbitraje on cryptocurrency Exchange [2]

Este artículo fue escrito por Tomasz Czapliński (Poznań University of Economics and Business, Poznań, Poland) y Elena Nazmutdinova (Institute of Service and Industry

Management, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation) en 2019. En la publicación se habla de que el arbitraje con criptomonedas es un concepto que ha surgido desde que estos fueron creados pero que no se estaba teniendo demasiado en cuenta el uso de monedas FIAT para ello.

Las monedas FIAT son aquellas criptomonedas cuyo valor es similar a las divisas tradicionales. Un ejemplo de esta moneda es el USDT, cuyo valor normalmente es de un dólar americano. Uno de los inconvenientes de las criptomonedas FIAT es que su valor oscila en función de la oferta y la demanda del mercado, pudiendo en ocasiones llegar a valores inferiores o superiores o inferiores al dólar.

El artículo concluye en las múltiples posibilidades y beneficios de introducir las criptomonedas FIAT en la ecuación del arbitraje.

Teniendo en cuenta los resultados publicados en los artículos anteriores se ha decidido comenzar el objeto de este proyecto añadiendo las criptomonedas FIAT en el arbitraje para maximizar el beneficio potencial de las operaciones realizadas.

3 Conceptos básicos

3.1 Criptomonedas

Las criptomonedas son un fenómeno que poco a poco va ganando importancia en el marco económico mundial. Una aproximación muy sencilla es definir las criptomonedas como monedas virtuales que no se encuentran asociadas a ninguna entidad financiera.

El trasfondo es un poco más complejo. Las criptomonedas surgieron como una consecuencia de la invención de un sistema de efectivo electrónico entre pares. Este sistema fue creado por Satoshi, del cual hasta el día de hoy se desconoce su identidad real, en 2008. Muchos investigadores habían intentado en la década de los noventa crear dinero digital o un sistema que permita el intercambio de activos en línea, pero todos fallaron. El sistema que propuso Satoshi se trataba de un sistema totalmente descentralizado que, hasta la fecha, aunque ha sufrido muchas modificaciones y se han creado sistemas alternativos, ha sentado las bases para propiciar el intercambio de monedas digitales.

El sistema de Satoshi consistía en una red entre pares totalmente descentralizada en la que las transacciones son registradas por absolutamente todos los elementos que componen la red. Esto significa que cada nodo que conforma la red de intercambios tiene que tener un listado con todas las transacciones que se realizan en la red.

En los sistemas tradicionales de transferencia de dinero existe una entidad centralizada que valida y registra todas las transacciones que se realizan. En el sistema creado por Satoshi, al no existir esta unidad central, la tarea de la validación de las transacciones recae sobre los denominados mineros. Estas entidades son los únicos que pueden confirmar las transacciones, haciendo que estas se vuelvan inmutables e irreversibles. La tarea de los mineros es costosa tanto temporal como en cuanto a recursos, teniendo que encontrar un hash que conecte el bloque que se está validando con el bloque anterior. Tras realizar esta operación el minero que ha conseguido obtener el hash es recompensado con una pequeña parte de las criptomonedas de la transacción.

Con el paso de los años han surgido nuevas y mejoradas versiones de ese sistema inicialmente creado por Satoshi que conllevan asociadas su criptomoneda correspondiente. Cada moneda lleva una red detrás con unas características concretas que pueden variar con respecto a la red creada por Satoshi en 2008, pero todas ellas mantienen la esencia del sistema, esto es, se mantiene un sistema descentralizado en el que los mineros validan las transacciones y se registran todas las transacciones en todos los nodos de la red.

El uso de criptomonedas en lugar del sistema de transferencia habitual tiene una serie de ventajas.

Las transacciones son irreversibles

Este punto es importante en el sentido de que nada ni nadie puede revertir una transacción, haciendo que una vez la transferencia se realice correctamente, el sistema puede asegurar los nuevos saldos entre las cuentas implicadas sin ningún tipo de riesgo. Como parte negativa está el hecho de que si se ha cometido un error en la dirección de la transferencia no existe forma de solventar el error, una vez se completa la transferencia el dinero pasará a la cuenta indicada como destino.

Las transacciones son anónimas

No existe una entidad real identificable detrás de las cuentas ni de las transacciones que se realizan en la red. Esta capa de anonimización le da un mayor grado de seguridad a las transacciones, pero a su vez potencia el uso de la red para fines ilícitos ya que, aunque las transacciones se pueden rastrear y obtener un histórico, no hay manera de vincular los nodos con personas reales.

Las transacciones son rápidas y pueden realizarse desde cualquier punto del mundo

Como se comentó en puntos anteriores, cuando se inicia una transacción se comunica de forma casi instantánea a toda la red. El proceso que puede llevar un mayor coste temporal es el proceso de verificación de la misma que realizan los mineros. De cualquier modo, los tiempos de transferencia teniendo en cuenta todas las partes, es notablemente inferior al sistema de transferencia tradicional. El tiempo medio de transferencia del Bitcoin, ronda las pocas horas mientras que en otras criptomonedas cuya red está mejor optimizada los tiempos de transferencia pueden reducirse hasta los pocos segundos. En el sistema

tradicional una transferencia tarda entre varias horas o incluso días, por lo que la mejora es altamente notable.

Al tratarse de una red totalmente distribuida, cualquier usuario puede convertirse en un nodo de la red independientemente de la ubicación que tenga el dispositivo. Así mismo cualquier usuario puede realizar las validaciones pertinentes en cada transacción si las condiciones de equipo lo permiten, sin tener en cuenta la ubicación del mismo. Las transferencias se pueden realizar a cualquier parte de la red de la misma forma.

Las transacciones son seguras

Además de que la red sea totalmente anónima, todas las transacciones y las cuentas están protegidas por un fuerte sistema de criptografía de clave pública. Este mecanismo se basa en la altísima complejidad tanto temporal como de recursos necesarios para romper la seguridad y conseguir acceder a los fondos. Hasta la fecha no se ha sufrido ningún ataque sobre la criptografía implementada en la red puesto que no existe, de momento, ningún sistema capaz hacerlo.

Número finito de criptomonedas

En la mayoría de las criptomonedas se limita el número máximo de monedas lo que permite tener un control del volumen total de una criptomoneda concreta. Este hecho incrementa el valor de las monedas ya que, al ser un bien limitado, su valor tiende a aumentar debido a su escasez. Por ejemplo, existe un límite de 21 millones de Bitcoins que se estima que se agote en 2140.

Poseción de un activo y no una deuda

A diferencia del sistema tradicional donde el banco contrae una deuda con el usuario cuando realiza un ingreso de las monedas tradicionales en una de sus cuentas, las criptomonedas representan directamente su valor, como las monedas de oro lo hacían antaño. Esto hace que, en el caso de cualquier problema con la red, el valor de las carteras de los usuarios se mantenga intacto.

Es un hecho innegable que la utilización de criptomonedas como medio de transacción está creciendo día a día y que es un campo que todavía tiene un alto grado de madurez. Actualmente existe un importante mercado especulativo asociado a las criptomonedas

que permiten realizar intercambios y operaciones con el objetivo de obtener un beneficio de ello.

3.2 Arbitraje

El arbitraje es una estrategia financiera consistente en aprovechar la diferencia de precio entre diferentes mercados sobre un mismo activo financiero para obtener un beneficio económico [3].

La estrategia fundamental residente en esta técnica consiste en comprar un activo en un mercado donde el precio del mismo sea inferior y venderlo en otro mercado diferente donde el precio de dicho activo sea notablemente superior.

La diferencia entre los precios del activo en los diferentes mercados definirá el beneficio bruto de la operación, sobre el cual, generalmente, hay que sustraer tasas y comisiones para obtener el beneficio neto.

Al tratarse de operaciones de compraventa instantáneas, **los riesgos de la aplicación de este tipo de estrategias son mucho más reducidas respecto a otras estrategias bursátiles** y el mayor riesgo reside en el proceso de transferencia del activo entre los diferentes mercados, pudiendo variar el precio del activo durante el proceso.

El arbitraje entre diversos mercados es, por lo general, muy difícil de detectar ya que los mercados tienden a regularse en un espacio temporal muy pequeño y además al aplicar arbitraje se propicia a dicha regulación.

Existen varios tipos de arbitraje [3]:

Arbitraje a dos puntos.

Se observa la diferencia de precios únicamente entre dos mercados.

Arbitraje a tres puntos o arbitraje triangular.

La diferencia de precios se observa en este caso sobre tres mercados diferentes. Las posibilidades de visualizar una mayor diferencia entre los precios, y por tanto propiciar el arbitraje, aumentan con este tipo de arbitraje.

Para este proyecto, tal y como se explicará más adelante en la sección de “Estrategia de operación”, se procederá a utilizar el arbitraje a dos puntos ya que este es más sencillo de verificar y automatizar con respecto a la otra técnica.

3.3 ‘Cryptocurrency Exchange’ o casas de intercambio de criptomonedas

Las ‘Cryptocurrency Exchange’, o casas de intercambio de criptomonedas en su traducción al español, son plataformas online que permiten el intercambio de criptomonedas por otras criptomonedas o por valores tradicionales como el euro o dólar.

Se pueden identificar varios tipos de casas de intercambio dependiendo de su funcionamiento [4]:

Casas de intercambio tradicionales

Son casas de intercambio de criptomonedas que actúan como las casas de intercambio de stock tradicionales. El vendedor y comprador de una determinada moneda exponen una orden de venta y compra respectivamente, si los precios concuerdan, se realiza la transacción del activo entre las dos partes y la casa de intercambio se lleva una pequeña comisión por la operación. Este tipo de casas de intercambio no suele tener comisión por depositar las criptomonedas en la plataforma, pero si la suelen tener a la hora de hacer una retirada del activo de la plataforma.

El precio del activo en este tipo de casas de cambio está fijado por los compradores y vendedores, los cuales, mediante la realización de las transacciones hacen que fluctúe.

Este tipo de plataformas tiene, por lo general, un equipo de soporte técnico capaz de resolver la mayoría de las incidencias surgidas durante las operaciones de intercambio.

Cryptocurrency bróker

Son plataformas similares a las casas de intercambio tradicionales, con la diferencia que las transacciones de compra o venta se realizan contra un operador o bróker y no contra otro usuario como ocurría en el caso anterior. En este caso **el precio está fijado por el bróker** y no por el vendedor o comprador.

Plataformas de intercambio directo.

Este tipo de plataformas permiten el intercambio peer-to-peer entre comprador y vendedor. Esto hace que el precio del activo sea fijado por las partes involucradas en la transacción y no por la propia plataforma.

Este tipo de plataformas tiene, a diferencia de los anteriores, un modelo totalmente descentralizado ya que no existe una entidad central que “regule” la transacción como en casos anteriores. Uno de los principales problemas de este tipo de plataformas es la fiabilidad de los usuarios ya que al no existir una unidad que regule el intercambio, la transacción no es tan segura como en casos anteriores.

Para la realización de este proyecto se ha seleccionado casas de intercambio del tipo tradicionales ya que, al estar respaldadas por una plataforma centralizada, ofrecen una mayor fiabilidad y seguridad en las transacciones. Además, al fijar el precio los propios usuarios y no la plataforma se pueden generar escenarios en los que para un mismo activo existan diferentes precios en dos o más determinadas casas de intercambio, propiciando así el arbitraje entre ambas.

En el apartado de estrategia de operación se listarán las casas de intercambio seleccionadas para la realización de la investigación, así como diversos datos técnicos sobre las mismas.

4 Metodología

4.1 Arquitectura de la solución

Para realizar la investigación sobre la viabilidad del arbitraje con criptomonedas se ha implementado la arquitectura que se muestra en la ilustración 1. Como se puede observar en la misma, existen dos partes bien diferenciadas, el Back-end o parte del servidor y el Front-end o parte de la aplicación de visualización. La sencillez de la arquitectura ayuda a que la mayoría de los procesos que se ejecutan en la misma sean rápidos y poco costosos.

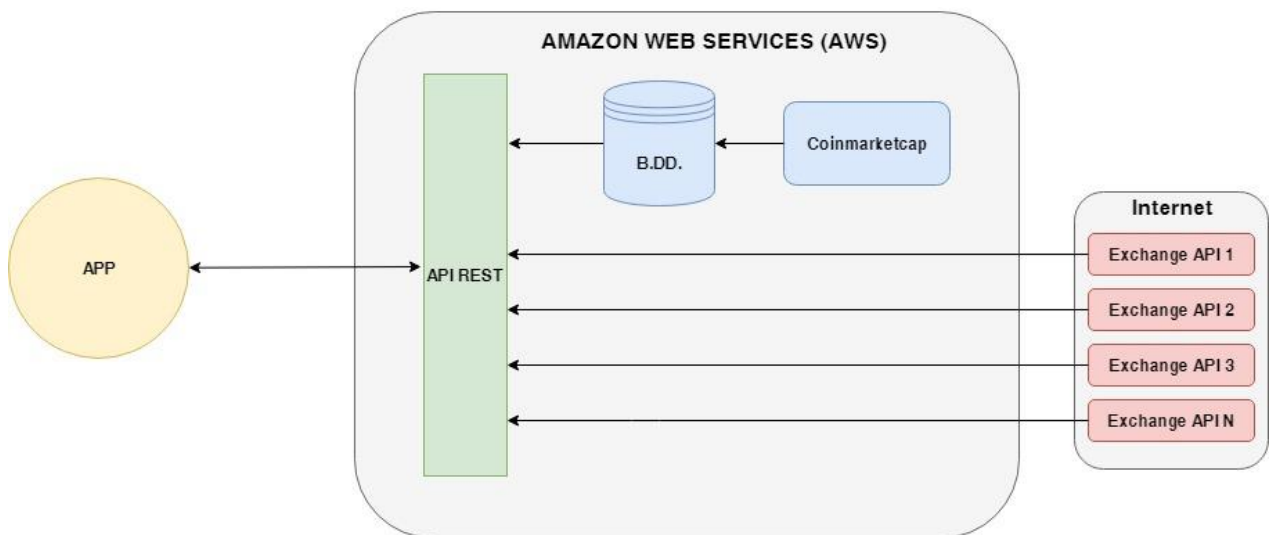


Ilustración 1 - Diagrama de arquitectura general

En las siguientes subsecciones se explicará de forma detallada cada parte de la arquitectura definida, así como los diversos elementos que la conforman.

4.3.3 Arquitectura en el servidor

Sobre la parte del servidor se ha identificado la necesidad de tener varios procesos en constante ejecución con el fin de recopilar datos en tiempo real y de satisfacer las peticiones REST realizadas desde la parte de la aplicación de visualización. Por estos motivos, es de imperiosa necesidad recurrir a una máquina que pueda mantenerse activa las 24 horas del día los 7 días de la semana.

Ante este escenario se plantean dos posibilidades:

Utilizar un equipo propio constantemente encendido.

Esta solución permite un total control sobre la infraestructura, pero acarrea una serie de costes de mantenimiento que, en periodos prolongados de utilización, pueden llegar a ser realmente altos.

Utilizar una máquina en una plataforma de computación cloud.

Esta solución elimina los costes de mantenimiento de la máquina y únicamente acarrea un coste por utilización de la misma. Existen múltiples plataformas que ofertan este tipo de servicio como Amazon Web Services, Google Cloud o Azure.

Se ha seleccionado la segunda opción para la implementación de la arquitectura representada en la ilustración 1. Además, se ha decidido utilizar Amazon Web Services como proveedor del servicio por los siguientes motivos:

Fiabilidad en la compañía proveedora. [5]

AWS es una colección de servicios de computación en la nube ofrecidos por Amazon, la cual es una de las compañías más relevantes del marco actual, dispone de 18 zonas de disponibilidad y además grandes empresas como Dropbox, Foursquare o HootSuite utilizan esta plataforma para dar su servicio.

Experiencia previa en esta plataforma.

En varias ocasiones el alumno ha tenido contacto con esta plataforma y ha utilizado varias máquinas del conjunto de opciones disponibles. Por ello es un entorno conocido y amigable sobre el que desarrollar la arquitectura anteriormente definida

Bajo coste.

La potencia necesaria para realizar esta investigación no es para nada elevada, por ello se procede a realizar la implementación de la arquitectura sobre una máquina del tipo EC2 con coste cero. En el caso de que el resultado de la investigación sea

favorable y se desarrolle una herramienta de automatización del arbitraje, se deberá migrar la arquitectura a otra máquina con una mayor potencia y un coste mayor.

Las características de la máquina elegida se detallan en la siguiente tabla.

	vCPU	Memoria (GiB)	Almacenamiento	Rendimiento de la red	CPU	
T2.micro	1	1	Solo EBS	Bajo - Medio	3.5GHz	Intel Scalable

Como se puede observar no es una máquina nada potente y el rendimiento de la red no es muy bueno, pero para realizar el estudio es suficiente.

Actualmente existen dos procesos que se encuentran en constante ejecución dentro de la máquina, un proceso de extracción de datos y una API REST.

Proceso de extracción de datos sobre Coinmarketcap

Sobre la máquina EC2 T2.micro se encuentra en constante ejecución un script, realizado en R, que realiza “Scraping” sobre la web de Coinmarketcap.com. Este proceso recopila datos sobre los precios de una misma moneda en diferentes casas de intercambio. La información recopilada se filtra y únicamente se almacenan en base de datos los registros de las casas de intercambio que posean más del 1% del volumen total de la moneda y que su moneda de intercambio sea USDT.

El proceso completo tarda cerca de dos minutos en finalizarse y realizar la escritura en base de datos, dependiendo de la velocidad de la red. Este espacio temporal es debido a que no se puede recopilar la información entre monedas con un tiempo inferior a los 10 segundos ya que la página lo interpreta como un ataque y bloquea las peticiones realizadas.

Binance Coin Markets

Pair: USDT Category: All Fee Type: All USD

#	Source	Pair	Volume (24h)	Price	Volume (%)	Category	Fee Type	Updated
1	Binance	BNB/USDT	\$107,774,564	\$31.12	20.13%	Spot	Percentage	Recently
3	BKEK	BNB/USDT	\$72,267,645	\$33.46	13.50%	Spot	Percentage	Recently
4	Bit-Z	BNB/USDT	\$41,782,881	\$31.48	7.80%	Spot	Percentage	Recently
6	LBank	BNB/USDT	\$21,924,722	\$30.62	4.09%	Spot	Percentage	Recently
11	BitMax	BNB/USDT	\$10,493,440	\$31.19	1.96%	Spot	Percentage	Recently
12	DragonEX	BNB/USDT	\$9,970,662	\$31.20	1.86%	Spot	Percentage	Recently
17	CHAOEX	BNB/USDT	\$3,964,356	\$31.26	0.74%	Spot	Percentage	Recently
22	Gate.io	BNB/USDT	\$2,830,223	\$31.10	0.53%	Spot	Percentage	Recently
33	LocalTrade	BNB/USDT	\$1,032,655	\$31.53	0.19%	Spot	Percentage	Recently
64	Bitrue	BNB/USDT	\$182,713	\$31.14	0.03%	Spot	Percentage	Recently

Ilustración 2 - Tabla de Coinmarketcap sobre la que se extrae los precios

La implementación de la toma de datos es tan simple como un bucle infinito que es retardado por un temporizador. Esto se realiza así porque se busca una extracción constante de los datos y si no se utiliza un temporizador la página puede denegar la petición como se explicó con anterioridad. En la parte inicial del script se definen las criptomonedas que van a ser objeto de este estudio inicial, así como los símbolos de las mismas y las comisiones de transferencia que estas tienen.

Las comisiones utilizadas en este código han sido obtenidas de la casa de intercambio Binance, y es por ello que el nivel de ajuste de las mediciones realizadas no es del todo válido si no que se utilizan para dar un valor aproximado. Para obtener un resultado exacto se han de utilizar las comisiones de operación y retirada exactas para cada casa de intercambio, tal y como se hace en los procesos posteriores.

API REST

El segundo proceso que se ejecuta de manera continua en el servidor es una API REST desarrollada en Python utilizando la librería Flask para ello. En términos generales una API REST es un proceso que está constantemente escuchando todo tipo de peticiones provenientes de Internet. Normalmente las peticiones son recibidas bajo un único puerto, en este caso el 5001, y la respuesta a estas peticiones es el proceso de la ejecución del código definido para cada método público de la API REST.

Debido a que algunas peticiones sobre la API REST acceden a contenido sensible, como claves de acceso a otra API o acceso a una base de datos, se ha decidido implementar un sistema de autenticación básica que permita aumentar la seguridad en las peticiones realizadas. Este sistema de autenticación básica únicamente requiere que las peticiones que se realicen contra la API REST incluyan un parámetro adicional en las cabeceras de las mismas. En caso de que no exista esta cabecera en las peticiones, la API REST devuelve un código de error 401 indicando que la petición realizada no tiene la suficiente autorización.

Se han definido los siguientes métodos públicos en la API REST alojada en la parte del servidor:

GET /allcoin/

Este método, que es del tipo GET, no requiere ningún parámetro adicional en la petición y la respuesta que emite es un listado de criptomonedas recuperada de base de datos para un mismo instante temporal.

La respuesta incluye datos como el nombre, símbolo, precio máximo y mínimo para la criptomoneda o los nombres de las casas de intercambio que proveen esos precios.

Los datos obtenidos de base de datos se corresponden con los datos recuperados mediante el uso del script en R que hace ‘Scraping’ sobre la página de Coinmarketcap.

GET /coins/”nombre de la criptomoneda”

Este método realiza varias llamadas a las API de un conjunto finito de casas de intercambio para obtener el precio actual de la criptomoneda en las diversas casas. Una vez recuperado el conjunto de precios, se comparan entre sí para obtener el precio máximo y mínimo de la criptomoneda.

Además de los precios y los nombres de las casas se devuelve el porcentaje de beneficio y las unidades mínimas necesarias para realizar la operación teniendo en cuenta las comisiones reales de cada casa de intercambio.

GET /coins/profitperop

Este método GET recibe como parámetros las comisiones de las casas de intercambio involucradas en la operación, así como los precios de las mismas, devolviendo el beneficio calculado para unas unidades determinadas.

Para la realización de todos los cálculos referentes al beneficio y al número mínimo de unidades necesarias para la obtención de beneficio, se ha utilizado la siguiente fórmula matemática.

Beneficio =

$$((N * (1 - comOpA) - comTransA) * precioB * (1 - comOpB)) - (N * precioA) - comTransB$$

Donde:

- **N** es el número de unidades de una criptomoneda determinada.
- **PrecioA** es el precio mínimo de la criptomoneda.
- **PrecioB** es el precio máximo de la criptomoneda.
- **ComOpA** es la comisión por operación de compra de una criptomoneda.
- **ComOpB** es la comisión por operación de venta de una criptomoneda.
- **ComTransA** es la comisión de transferencia de una criptomoneda entre la casa de intercambio que oferta el precio mínimo y la casa con el precio máximo.
- **ComTransB** es la comisión de transferencia de los USDT resultantes de la venta de la criptomoneda entre las casas de intercambio con el precio máximo y el mínimo.

Igualando el beneficio a cero y despejando N obtiene el número mínimo de unidades necesarias para que la operación no genere pérdidas. Un número superior al N mínimo implicará una obtención de beneficio.

El listado de métodos que la API REST tiene disponibles públicamente es solo un pequeño conjunto de la lógica instanciada en la parte del servidor. Existen múltiples métodos adicionales que dan soporte a estos métodos públicos y que permiten generar una respuesta correcta ante las invocaciones sobre la API REST.

Para mantener varios procesos en constante ejecución se han valorado las siguientes opciones:

Creación de los procesos como servicio.

Esta solución permitiría mantener varios procesos en constante ejecución y arrancar automáticamente los procesos al iniciar el sistema operativo. El problema es que son algo complejos de monitorizar y para obtener los logs del proceso hay que redireccionar la salida a un fichero externo.

Añadir los scripts al administrador regular de procesos (Cron).

Añadir procesos al fichero Crontab permite que se ejecute una determinada tarea con la frecuencia indicada. En este caso solo se requiere una única ejecución prolongada de los procesos y por ello no es la solución más adecuada.

Utilizar Screen.

Screen es un programa que permite preservar la sesión en UNIX una vez se cierra la herramienta que se esté utilizando para la conexión con la máquina, esto es, permite que la ejecución de los scripts continúe en el tiempo, aunque se cierre la conexión entre el dispositivo remoto que invocó el script y la máquina. Screen permite mantener varias sesiones en segundo plano, pudiendo ejecutar así múltiples procesos al mismo tiempo y observando sus salidas por pantalla, sin necesidad de archivos externos.

Se ha seleccionado Screen como solución al problema de ejecutar múltiples procesos de forma concurrente y tener acceso a la monitorización de los mismos ya que se trata de una herramienta muy simple y potente que cumple con las necesidades identificadas.

Sobre la arquitectura seleccionada se ha instalado un servidor MySQL5.7 con el objeto de tener una estructura persistente sobre la cual poder almacenar la información recuperada en el proceso de extracción de datos de CoinMarketcap.

La estructura de datos utilizada se compone de dos únicas tablas. La primera tabla, denominada ALL_COINS, almacena toda la información extraída en el proceso contra

Coinmarketcap mientras que la segunda tabla, denominada EXCHANGE_MD almacena información estática referente a las casas de intercambio como sus comisiones de operación, comisiones de transferencia o la URL de acceso a su API. La estructura de las dos tablas se puede ver en la ilustración 3.

ALL_COINS	EXCHANGE_MD
name	exchangeName
symbol	com_op
comision	com_trans_xlm
maxname	com_trans_usdt
maxvalue	com_trans_xrp
minname	com_trans_eos
minvalue	com_trans_bnb
maxdiff	com_trans_trx
minquantity	com_trans_neo
minquantityprice	com_trans_eth
profitperunit	com_trans_ltc
profitperunitperc	com_trans_atom
datasearch	url
	com_type

Ilustración 3 - Estructura de las tablas en base de datos

4.3.3 Arquitectura en el cliente

La parte Front-end o parte del cliente está constituida por una aplicación multiplataforma que brinda la visualización a todo el proceso de arbitraje con criptomonedas. Esta aplicación, optimizada para móvil, está desarrollada utilizando el Framework de Ionic, que permite utilizar un único código para múltiples plataformas. [4]

Ionic utiliza tecnologías web HTML, CSS y Javascript y está integrado con Angular, lo que hace de este framework una herramienta muy potente de desarrollo de aplicaciones móviles y de escritorio. El proceso de instalación es realmente fácil, utilizándose NodeJs en el proceso y la construcción y prueba en dispositivos multiplataforma es tan sencillo

como ejecutar un “*ionic serve*” en la consola de comandos sobre la ubicación del proyecto.

Los datos requeridos para la visualización se obtienen de la llamada a la API REST configurada en la máquina de Amazon Web Services y explicada en la sección anterior.

La aplicación cuenta con dos componentes principales que son:

Componente de reporte general.

En este componente se lista un conjunto finito de criptomonedas que ha sido seleccionadas con anterioridad bajo el criterio que se explicará en la sección 3.2.2 *Selección de criptomonedas*. Este componente se comunica a si vez de forma interna con el servicio que realiza la conexión con la API REST y utiliza el método GET /allcoin/ para obtener el listado que se muestra en la ilustración 4.

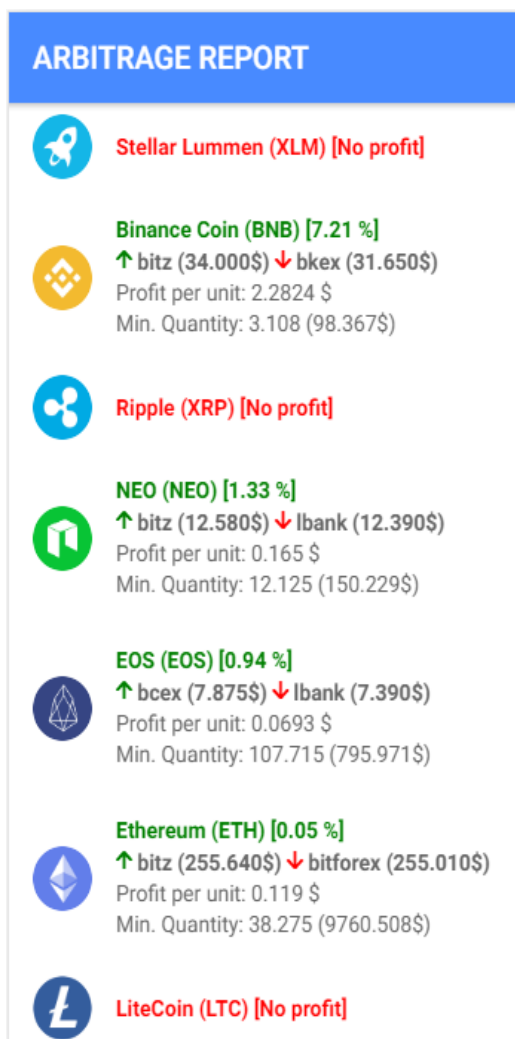


Ilustración 4 - Pantalla de reporte

Este componente está formado principalmente por un listado de bloques que contienen información sobre los precios de la criptomoneda en diferentes casas de intercambio, así como información sobre la operación en el caso de que se realizase el arbitraje.

Como se puede observar en la ilustración 5 el bloque de información está formado por el nombre de la criptomoneda y su símbolo. El porcentaje que va a continuación del nombre representa el beneficio por unidad a partir del número mínimo de unidades. Por ejemplo, en el caso que se representa en la ilustración 5, si se realiza una operación de arbitraje con el número mínimo de unidades (14.43 unidades) el beneficio de la operación sería 0 mientras que si se realiza con una unidad más (15.43 unidades) el beneficio de la operación sería de 0.79\$.

La línea justamente inferior al nombre de la moneda representa el nombre de las casas de intercambio donde se da el precio mínimo (representado con una flecha roja hacia abajo) y el precio máximo (representado con una flecha verde hacia arriba).

El '*Profit per unit*' indica el beneficio por unidad adicional una vez superado el número mínimo de unidades para realizar la operación. Por último, el campo '*Min. Quantity*' representa el número mínimo de unidades necesario para que el beneficio de la operación sea nulo, esto es, con una cantidad superior a ese número de unidades el beneficio será positivo y viceversa.

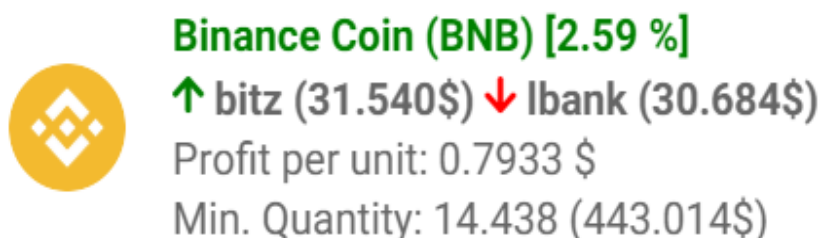


Ilustración 5 - Detalle del bloque de para la criptomoneda Binance Coin

Componente de detalle

Este segundo componente es totalmente dependiente del componente de reporte general y extrae la información del mismo. La navegación se activa sobre este componente al seleccionar un bloque del listado del componente anterior y automáticamente se cargan los datos asociados a la criptomoneda en el componente de detalle.

La información representada en esta pantalla tiene parte común con la información vista en el listado del componente anterior pero esta vista se centra únicamente en la criptomoneda seleccionada y no en el conjunto como ocurría anteriormente.

Otro detalle que incluye esta vista es la posibilidad de simular la operación utilizando los precios y las casas de intercambio óptimas en cada momento. La simulación utiliza también las comisiones conocidas de las casas de intercambio y una cantidad de unidades que define el propio usuario para realizar los cálculos sobre la rentabilidad de la transacción.

Como se puede observar en la ilustración 6, el detalle de la criptomoneda añade un nuevo bloque de comisiones (fees) que no estaba presente en el componente anterior. Se representan las comisiones por operación que aplica cada casa de intercambio por comprar o vender una criptomoneda en su plataforma, así como las comisiones por transferencia que aplica cada una.

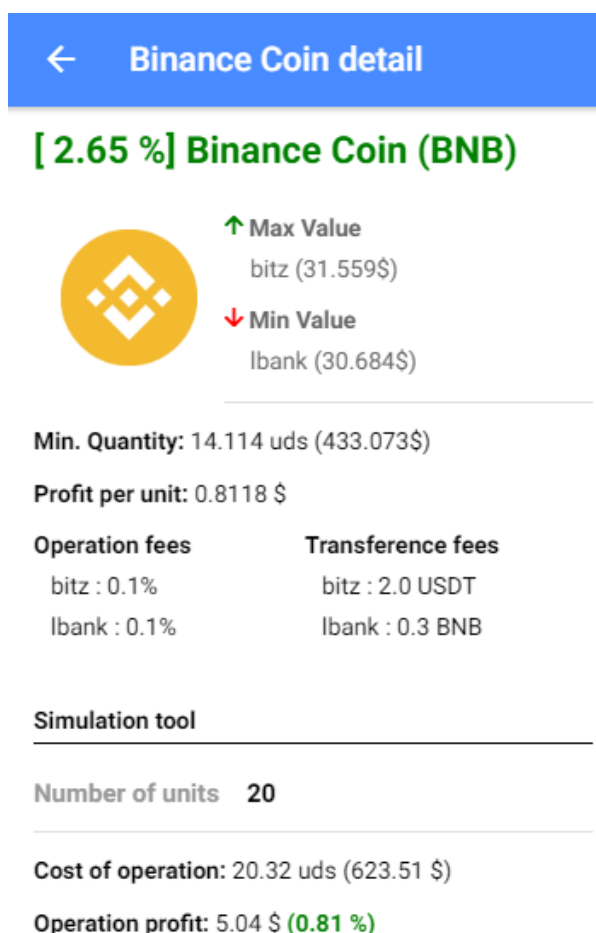


Ilustración 6 - Detalle de la criptomoneda BNB

La herramienta de simulación simple incluida en la vista permite, como se comentó con anterioridad, introducir el número de unidades sobre las que se quiere operar y calcular los beneficios de la operación. Por defecto el número de unidades se precarga con el número de unidades mínimo para que el beneficio sea nulo.

El coste de la operación resultante indica el número de criptomonedas exactas que habría que comprar en la casa de intercambio con el menor precio para que, después de la transferencia del activo entre casas incluyendo comisiones de operación y transferencia, se pueda operar con el número exacto de unidades introducido en la vista en la casa de intercambio con el precio más alto. El porqué de mantener las unidades enteras en la casa de intercambio donde se realiza la venta se explicará más adelante, en la sección de “4.3.5 Estrategia para conseguir el arbitraje”

4.3 Estrategia de operación

En esta sección se explicará toda la operativa realizada durante la investigación sobre la viabilidad del arbitraje con criptomonedas utilizando para ello la arquitectura definida en la sección anterior.

4.3.5 Monitorización previa

Utilizando el script que obtiene información de Coinmarketcap mediante la técnica de “*Scraping*” y posteriormente almacena la información filtrada y procesada se puede obtener un listado de las criptomonedas que tienen un potencial mayor a ser objeto de las operaciones con arbitraje. Acto similar ocurre sobre las casas de intercambio, pudiéndose obtener un listado con las casas de intercambio que tienen el precio más alto o más bajo para una determinada criptomoneda y el número de veces que aparecen como casas que ofrecen el valor máximo y el mínimo. Un ejemplo de esto se representa en la ilustración 7, donde se observa que la casa que mayor número de veces proporciona un valor máximo

para la criptomoneda Binance Coin es el Bit-Z. En la ilustración 8, por el contrario, se representa el número de veces que una casa de intercambio ha dado el valor mínimo para la criptomoneda Binance Coin, siendo BKEX la Exchange con mayor número de apariciones.

```

1 • SELECT count(*) as numMax, maxname
2 FROM crypto2.all_coins
3 WHERE name="binance-coin"
4 GROUP BY maxname ORDER BY numMax desc;
    
```

numMax	maxname
1795	Bit-Z
1308	BKEX
711	LBank
609	Binance
362	DragonEX
342	BitMax

Ilustración 7 - Número de veces que un Exchange da el precio máximo para BNB

```

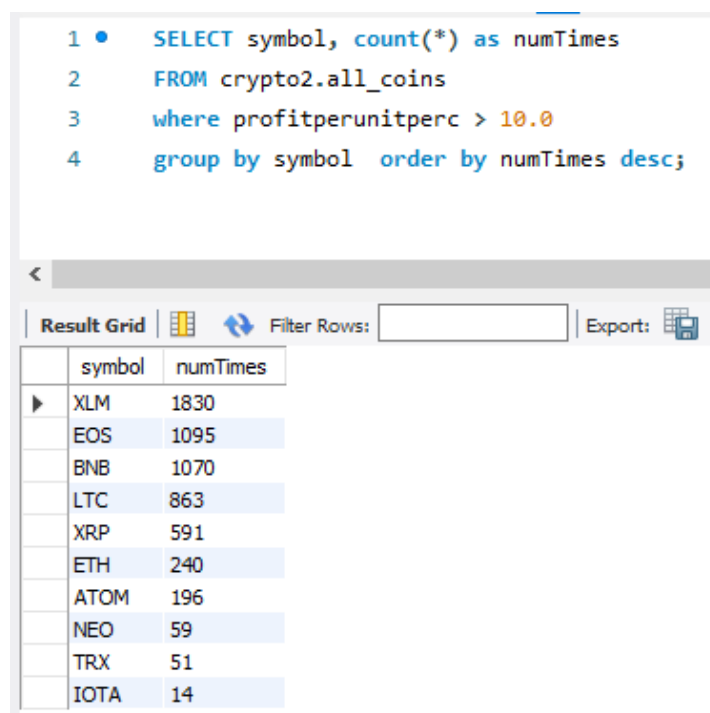
1 • SELECT count(*) as numMin, minname
2 FROM crypto2.all_coins
3 WHERE name="binance-coin"
4 GROUP BY minname ORDER BY numMin desc;
    
```

numMin	minname
2616	BKEX
1446	LBank
351	DragonEX
293	Binance
206	BitMax
136	Bit-Z
73	CHAOEX
6	Gate.io

Ilustración 8 - Número de veces que un Exchange da el precio mínimo para BNB

Utilizando una técnica de conteo similar a las anteriores se ha podido determinar el número de veces que una criptomoneda supera el 10% de beneficio por unidad. El listado resultante se muestra en la ilustración 9, analizándose con un mayor grado de detalle en la sección de resultados, y marca al Stellar Lumen(XLM) como la moneda más interesante dentro del conjunto estudiado.

```
1 • SELECT symbol, count(*) as numTimes
2 FROM crypto2.all_coins
3 where profitperunitperc > 10.0
4 group by symbol order by numTimes desc;
```



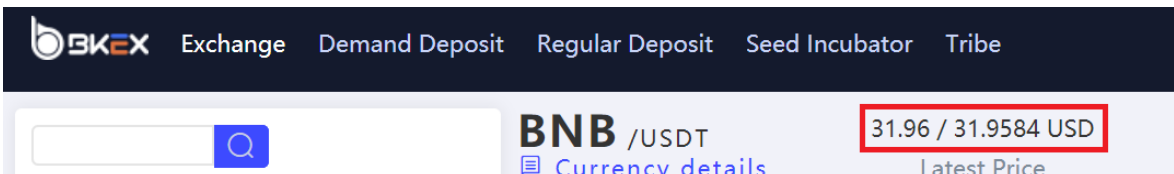
symbol	numTimes
XLM	1830
EOS	1095
BNB	1070
LTC	863
XRP	591
ETH	240
ATOM	196
NEO	59
TRX	51
IOTA	14

Ilustración 9 - Número de veces que una criptomoneda supera el 10% de beneficio

Tras obtener el conjunto de criptomonedas y casas de intercambio que puedan llegar a ser mejores para la operación de arbitraje se decide comprobar los valores de precio mostrados en Coinmarketcap contra los valores indicados en la propia casa de intercambio. El resultado de la comparación no es el esperado, difiriendo los valores entre la página y las casas de intercambio. En las ilustraciones 10 y 11 se puede observar la diferencia de precios sobre la moneda Binance Coin dadas por la página de Coinmarketcap y la casa de intercambio BKEX. Se observa que la diferencia supera el dólar, haciendo inviable utilizar los valores que proporciona Coinmarketcap como referentes para el estudio de viabilidad del arbitraje con criptomonedas.

4	 LBank	BNB/USDT	\$35,776,310	\$32.62	7.27%
41	 LocalTrade	BNB/USDT	\$521,703	\$32.69	0.11%
3	 BKEX	BNB/USDT	\$67,793,121	\$33.06	13.77%
148	 Trade Satoshi	BNB/USDT	\$52	\$45.11	0.00%

Ilustración 10 - Precio de la moneda BNB en Coinmarketcap



The screenshot shows the BKEX website interface. At the top, there are navigation links: Exchange, Demand Deposit, Regular Deposit, Seed Incubator, and Tribe. Below this is a search bar with a magnifying glass icon. To the right of the search bar, the text 'BNB /USDT' is displayed, followed by a red-bordered box containing the price '31.96 / 31.9584 USD'. Below the price, there is a link for 'Currency details' and the text 'Latest Price'.

Ilustración 11- Precio de la moneda BNB para el Exchange BKEX

Aunque los valores de Coinmarketcap no sean correctos en varios de los casos en los que se ha comprobado, el volumen de activos que la página indica que tienen las casas de intercambio puede ser utilizado como un factor de decisión a la hora de seleccionar las *Exchange* sobre las que hacer el estudio. Sobre la selección de criptomonedas ocurre algo similar, pese a que los valores que proporciona el script en R que saca de Coinmarketcap no son correctos y por lo tanto no son válidos para determinar si se puede o no realizar operaciones de arbitraje, se puede tener una idea orientativa de qué monedas pueden ser mejores para ello.

4.3.5 Selección de criptomonedas

Tras realizar la monitorización descrita en el paso anterior, y sobre la cual se realiza un análisis exhaustivo en la sección de resultados, se han definido un conjunto de criptomonedas sobre las cuales se puede realizar el estudio de viabilidad del arbitraje. El listado de monedas seleccionadas es el siguiente:

Stellar Lumen (XLM) [7]

La red Stellar fue creada en 2014 por el fundador de Mt. Gox, una de las primeras casas de intercambio, Jed McCaleb y el abogado Joyce Kim. El principal activo digital de esta red es el Stellar Lumen (XLM) que actualmente aparece en la décima posición del listado de criptomonedas de Coinmarketcap. En el momento de la redacción de este documento, tiene un volumen de 3,000 millones de dólares y su precio es de 0,13 dólares. La velocidad en sus transacciones, según la web de 2 a 5 segundos, y la aparente diferencia de cotización entre las diferentes casas de intercambio hacen que esta sea una buena criptomoneda para ser objeto de estudio.

Ripple (XRP) [8]

Esta moneda de carácter empresarial se encuentra actualmente en la tercera posición en Coinmarketcap con cerca 17,000 millones de dólares de valor de mercado. Forma parte de la red RippleNet que nace como una red de conexión entre bancos y pagos que permite realizar las transacciones de forma rápida, segura, fiable y económica.

La velocidad de las transacciones de esta criptomoneda, según su web, es de tan solo 4 segundos, lo que hace que sea una interesante forma de realizar transferencias bancarias en poco tiempo.

Todos los factores anteriores, además de la monitorización previa realizada han hecho que esta criptomoneda sea viable para ser objeto de estudio.

EOS [9]

Esta criptomoneda ocupa la sexta posición en el listado de Coinmarketcap con una capitalización del mercado de casi 6,000 millones de dólares. La red a la que pertenece se denomina EOSIO y fue creada en mayo de 2017. La red es escalable, rápida y de bajo coste.

Binance Coin (BNB)

Esta criptomoneda está directamente ligada a la casa de intercambio Binance, surgiendo como método para pagar las comisiones de operación y transferencia de forma más económica en la casa de intercambio. Actualmente Binance Coin ocupa el séptimo puesto en el listado de Coinmarketcap con una capitalización de mercado de casi 4,200 millones de dólares.

Pese a que la moneda surge de la casa de intercambio de Binance se puede intercambiar en múltiples *Exchange* además de la casa anteriormente listado.

Tron (TRX) [10]

Pertenciente a la red que lleva el mismo nombre que la criptomoneda, el TRON o TRX según su abreviatura surge de la mano de Justin Sun, quien la dio a conocer en septiembre de 2017. El TRON ocupa actualmente la undécima posición en el Coinmarketcap y tiene una capitalización del mercado cercana a los 2,400 millones de dólares. Actualmente el precio de esta criptomoneda se encuentra en los 0.03 dólares.

NEO [11]

Con una capitalización de mercado de 821 millones de dólares, esta criptomoneda ocupa la décimo octava posición en el listado de activos de Coinmarketcap. Esta moneda se ha introducido en el grupo ya que, en la mayoría de las casas de intercambio, la comisión por transferencia de la misma es nula. Esto puede llegar a hacer que, en caso de ser posible el arbitraje, los beneficios sean mucho mayores que en el resto de las criptomonedas sobre las cuales sí que existe este tipo de comisión.

Ethereum (ETH) [12]

Esta red, creada en 2014 por Vitalik Buterin fue el resultado de la mejora del protocolo que utilizaba el Bitcoin. La moneda que se utiliza en dicha red se denomina Ether y actualmente ocupa el segundo puesto, detrás del Bitcoin, en la lista de Coinmarketcap con una capitalización de mercado de 26,200 millones de dólares en el momento de la redacción de este documento y con un precio por unidad de 247 dólares.

Litecoin (LTC) [13]

Por último, se ha seleccionado el Litecoin que es una red descentralizada enfocada a los pagos que busca realizarlos de forma instantánea y con coste casi nulo. La red fue creada por Charlie Lee en octubre de 2011. La criptomoneda asociada a esta red actualmente ocupa la quinta posición en Coinmarketcap y tiene una capitalización de mercado de 6,000 millones de dólares.

El conjunto anterior de criptomonedas se ha seleccionado basándose en la fase de monitorización previa y las características de cada moneda. Además, se han contemplado también las comisiones de retirada, que son las únicas que varían entre monedas, para las diferentes criptomonedas del conjunto, teniendo todas ellas una comisión aceptable.

Para completar de forma satisfactoria las operaciones entre diferentes casas y aplicar estrategias de arbitraje es necesario el uso de una moneda que equivalga en precio al dólar. La criptomoneda que más se asemeja en este comportamiento actualmente es el USDT o Tether. Esta moneda forma parte del conjunto de criptomonedas determinadas ‘Stable coins’ o monedas estables (También se las conoce como FIAT) ya que su precio en general no varía demasiado y se mantiene siempre en 1 dólar.

Pese a que es cierto que el valor del USDT no es siempre equivalente al valor de 1 dólar, llegando en casos muy extremos a valer 1.20 dólares o incluso 0.84 dólares, se utilizará la equivalencia de que un USDT equivale a un dólar para realizar este estudio puesto que en general es su valor la mayoría del tiempo.

4.3.3 Selección de *Exchanges*

Para la selección de las casas de intercambio se ha tenido en cuenta la fase previa de monitorización del precio de una criptomoneda en diversas *Exchange* utilizando Coinmarketcap como fuente de datos. Este análisis se puede ver con un mayor grado de detalle en la parte referente a los Resultados. Pese a que los datos en cuanto a precio no son del todo correctos, se pueden utilizar para aproximar los valores que una casa da para

una criptomoneda concreta y estudiar además el volumen con el que opera dicha casa de intercambio.

Otro criterio fundamental para la selección de Exchange o casas de intercambio es la existencia de una API REST invocable desde cualquier navegador web, que permita realizar múltiples peticiones por minuto y que mantenga el valor constantemente actualizado directamente de la casa de intercambio y no de un intermediario como ocurre en el proceso de extracción de datos de Coinmarketcap. Tras realizar todo el proceso de selección, el conjunto de casas de intercambio utilizadas en el estudio es:

BCEx [14]

Esta casa de intercambio tiene sede en HongKong y tiene un volumen diario cercano a los 1.000 millones de dólares. Comenzando su actividad en 2017 permite la operación tanto sobre criptomonedas principales, como Bitcoin o Ethereum, como como monedas alternativas como el XRP, XLM, EOS, etc...

Las comisiones que aplica esta casa de intercambio están en torno al 0.2 % de comisión por operación y las comisiones por retirada de moneda, las cuales dependen del estado de la red, son muy competentes.

La casa de intercambio posee además una API REST para realizar consultas en tiempo real del valor de cada moneda sin límite de peticiones por minuto. La API REST tiene además una extensa documentación con ejemplos para su correcta implementación.

Binance [15]

Esta casa de intercambio fue fundada en 2017 y actualmente es el Exchange con mayor volumen del mundo. Esta casa de intercambio tiene su sede en Malta y tiene un volumen diario aproximado de 2.500 millones de dólares con más de cien activos digitales sobre los cuales se puede operar, así como diversos modos de operación como la compra/venta de activos o los contratos de futuros con el uso de apalancamiento para incrementar el beneficio/riesgo.

Las comisiones que aplica esta casa de intercambio son del 0.1% por cada operación y para la retirada de los activos unas comisiones muy competentes que se adjuntan en la tabla de comisiones.

La casa de intercambio dispone también de una API REST para la consulta del precio de cada moneda y la realización de operaciones de compra y venta para cada activo. Esta API tiene un número de peticiones limitada por lo que no se puede realizar el refresco del precio de los activos en intervalos inferiores a los 3 segundos. Esta API también tiene documentación y numerosos ejemplos para su implementación en lenguajes como Python, Java, Javascript, etc.

BitForex [16]

BitForex es un Exchange con sede en HongKong que fue fundada en 2018 y que actualmente tiene un volumen de transacciones de unos 1.200 millones de dólares diarios. Cuenta con unos 300 pares de activos disponibles para comerciar y cuenta con sedes en Corea, Singapur, Filipinas, Malasia y Japón.

Al igual que la casa de intercambio Binance, la comisión por operación es del 0.1% y las comisiones por retirada de activos son algo menos competentes que el resto. Esta casa de intercambio dispone de una API REST documentada que permite realizar peticiones de forma ilimitada sin sufrir ninguna penalización.

Bit-Z [17]

Bit-Z es una casa de intercambio con sede en HongKong que fue fundada en 2016. Actualmente este Exchange tiene un volumen diario de más de 800 millones de dólares. Posee más de 160 activos diferentes sobre los que se puede operar y ocupa el puesto número 87 en el ranking de CoinMarketCap.

Las comisiones son muy similares al resto de Exchange consultados y dispone también de API REST invocable y documentada, por lo que se ha considerado válida para incluirse en el conjunto de casas de intercambio a estudiar.

BKEx [18]

Con un volumen diario aproximado de 1.700 millones de dólares entre las diversas operaciones que la plataforma permite realizar entre sus casi 140 activos a los que da

soporte para realizar el intercambio. Esta casa de intercambio está en la posición 141 en el listado de Exchanges de CoinMarketCap y comenzó su actividad en Junio de 2018.

En cuanto a las comisiones, para el token USDT posee una elevada comisión con respecto al resto de casas de intercambio. El resto de comisiones es similar al del resto de Exchange.

La casa de intercambio posee una API REST invocable sin límite de peticiones por minuto y correctamente documentada.

HitBTC [19]

Este Exchange es uno de las casas de intercambio cuya actividad se inició más pronto. Comenzando en 2013 en la actualidad posee un volumen de casi 500 millones de dólares diarios y se encuentra en la posición número 25 en el ranking de CoinMarketCap.

Las comisiones de esta casa de intercambio distan mucho de ser competentes en comparación con el resto de Exchange, y es por ello por lo que no aparece demasiado involucrada en las posibles operaciones de arbitraje estudiadas.

La casa de intercambio dispone también de una API Rest completamente documentada.

LBank [20]

Fundada en 2016 este Exchange mueve diariamente unos 100 millones de dólares, siendo la casa de intercambio con menor volumen de todas las estudiadas. Ocupa actualmente la posición 51 en el ranking de CoinMarketCap y dispone también de API Rest.

Latoken [21]

Esta última casa de intercambio solo se utiliza en el caso de realizar operaciones de arbitraje con Stellar Lumen (XLM). Con un volumen diario de más de 700 millones

de dólares, ocupa la posición número 42 en el ranking de CoinMarketCap y comenzó su actividad de Julio de 2017.

Las únicas comisiones aplicables a esta casa de intercambio son altas teniendo en cuenta el resto de los Exchange, pero aun así se ha tenido en cuenta para este estudio.

4.3.5 Comisiones por Exchange

A continuación, se detallan las comisiones por operación y por retiradas de activos en función de las diferentes casas de intercambio que se han tenido en cuenta para este estudio.

Todas las comisiones, a excepción de las comisiones por operación, se dan en la moneda sobre la que se aplica la comisión.

Exchange	Comisión Operación	Com. USDT	Com. XLM	Com. XRP	Com. EOS	Com. BNB	Com. NEO	Com. LTC	Com. ETH
BCEX	0.2%	3	1	1	0.1	-	0	0.001	0.005
Binance	0.1%	1.23	0.01	0.25	0.1	0.001	0	0.00037	0.000073
Bit-Z	0.1%	1	0.01	0.2	0.1	0.1	0	0.01	0.003
BKEX	0.1%	4	0.5	0.15	0.1	0.15	0	0.001	0.008
HitBTC	0.2%	8	101	7	0.1	0.3	0	0.01	0.042
Latoken	0.1%	1.5	5	-	-	-	-	-	-
LBank	0.1%	2	-	0.2	0.1	0.2	0	0.01	0.01

BitForex	0.1%	2	0.01	20	0.1	0.001	0	0.01	0.001
-----------------	------	---	------	----	-----	-------	---	------	-------

Sobre la tabla anterior se puede observar que hay casas de intercambio como la de HitBTC o BitForex cuyas comisiones son más elevadas con respecto al resto de casas de intercambio haciendo que en muchos casos estas Exchange no formen parte en las operaciones de arbitraje debido a dichas comisiones.

4.3.5 Estrategia para conseguir el arbitraje

En esta sección se describe el proceso óptimo para conseguir realizar la operación de arbitraje entre diferentes casas de intercambio.

En una primera aproximación se consideró el modelo básico de arbitraje expresado en el diagrama de la ilustración 12. En este proceso se realiza una compra en la casa de intercambio donde se dé un menor precio para una criptomoneda, utilizando como moneda de pago USDT. Sobre esta primera casa de intercambio se realizaría el pago de una primera comisión de operación, normalmente el 0,1% del valor de la transacción.

Tras la compra de la criptomoneda se procede a la transferencia de la misma a la casa de intercambio donde el precio es notablemente superior al de la compra y puede llegar a generar un beneficio. Esta operación de transferencia normalmente tiene una comisión fija, esto es, sobre el total de criptomonedas a transferir se descuenta una cantidad fija que varía en función de la casa de intercambio y de la moneda. Este pago se denomina comisión de retirada y se realiza sobre la casa de intercambio en la que se hace la retirada del activo.

Cuando las criptomonedas se encuentran en la segunda casa de intercambio se realiza una operación de venta de la criptomoneda a USDT, nuevamente pagando una comisión de operación que suele ser del 0,1%.



Ilustración 12- Modelo típico de arbitraje

Este modelo simple presenta una serie de inconvenientes que pueden llegar a hacer imposible la práctica del arbitraje entre varias casas de intercambio.

Solo se puede realizar una única vez la operación.

El resultado de todo el proceso anterior es una cantidad determinada de USDT en la casa de intercambio B. Es necesario el movimiento de dicha cantidad de criptomonedas nuevamente para repetir la operación y volver a obtener beneficios. En la ilustración 13 se representa un modelo de arbitraje que contempla el retorno de los USDT a la casa de intercambio con el objeto de repetir el proceso de arbitraje y obtener nuevos beneficios. Esta nueva operación de transferencia, al igual que ocurría al transferir las criptomonedas anteriormente, acarrea una nueva comisión de retirada sobre la casa de intercambio que finalizó el anterior proceso. Esta comisión se aplica sobre la criptomoneda USDT y varía en función de la casa de intercambio sobre la que se realice la retirada. La comisión suele variar de los 2 dólares a los 6 dólares.

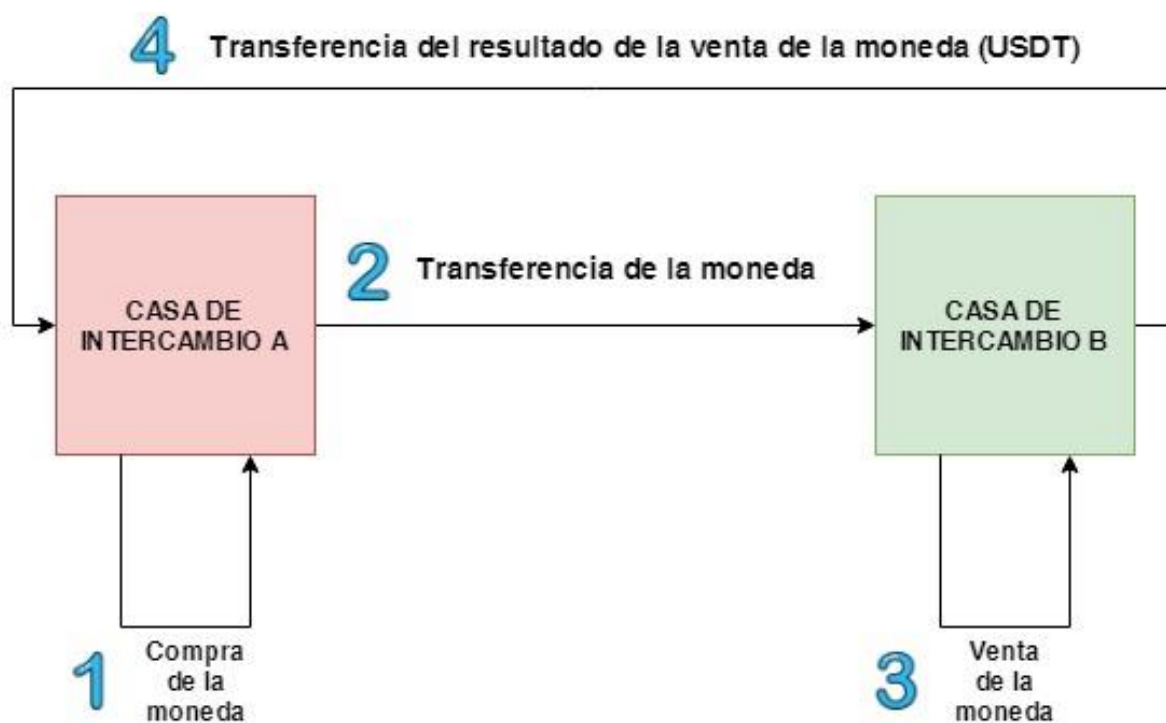


Ilustración 13 - Proceso de arbitraje con retorno de beneficios

Aplicando esta solución se puede repetir la operación siempre que exista arbitraje entre las dos casas de intercambio. Tras solventar este inconveniente, aparecen nuevos problemas.

Los tiempos de transferencia no son instantáneos

La operación de transferencia entre la casa de intercambio con precio mínimo y la casa de intercambio con precio máximo no es instantánea, depende de la saturación de la red en el momento de realizar la transferencia. Pese a que la operación de transferencia, en teoría, no es muy costosa temporalmente, la operación de validación realizada en cada transacción puede demorarse varios minutos.

En ese lapso temporal que dura la transferencia de la moneda entre casas, el precio de venta en la casa de intercambio puede haber cambiado y puede que la operación completa ya no sea rentable, siendo incluso contraproducente. Para solucionar este problema se propone el modelo de arbitraje que se representa en la ilustración 14.

En este nuevo modelo se realiza un cambio temporal en las operaciones que realiza el proceso completo. En un primer paso se realiza una orden de compra en la casa de

intercambio con menor precio y a la vez se realiza una orden de venta en la casa con el precio más alto. De esta forma se consigue que la operación de compra / venta de la criptomoneda se realice de forma “instantánea” y asegurar por tanto que los precios de las casas no varían durante la operación.

Una vez finalizadas y confirmadas las órdenes de compra y venta en ambas casas se realizan las operaciones de transferencia de las criptomonedas. De la casa de intercambio con menor precio se transfiere la criptomoneda en cuestión y de la casa de intercambio con mayor precio se transfiere los USDT generados con la venta. Una vez se reciban las dos criptomonedas en sus respectivas casas de intercambio, se puede repetir la operación.

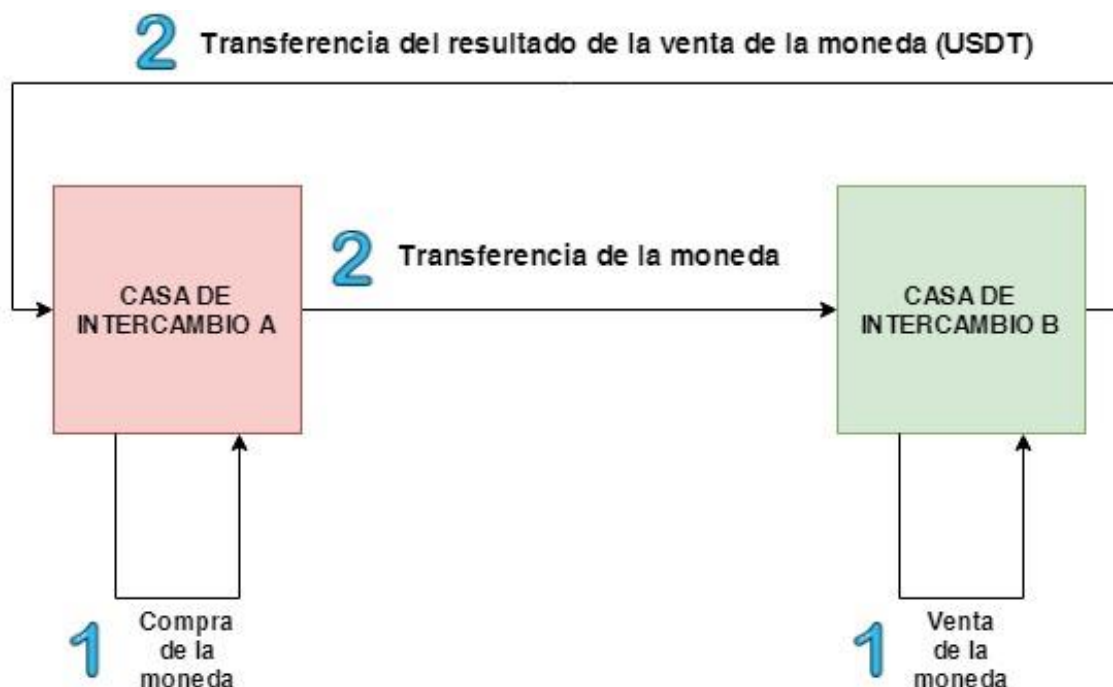


Ilustración 14 - Modelo de arbitraje que evita el tiempo de transferencia

Este modelo de arbitraje permite realizar la compra y venta de manera “instantánea” pero requiere de un escenario previo para poder ejecutarse. En la casa de intercambio con mayor precio tiene que existir el mismo número de monedas que se vayan a comprar en la casa de intercambio con menor precio. Esto implica pre comprar y transferir una cantidad determinada de criptomonedas previamente a realizar cualquier proceso de arbitraje. Este proceso de pre compra se describe en la ilustración 15.

El hecho de necesitar tener en la casa de intercambio con mayor precio una cantidad de monedas determinada implica una mayor inversión inicial y además limita el número de criptomonedas que se utilizarán en la transacción.

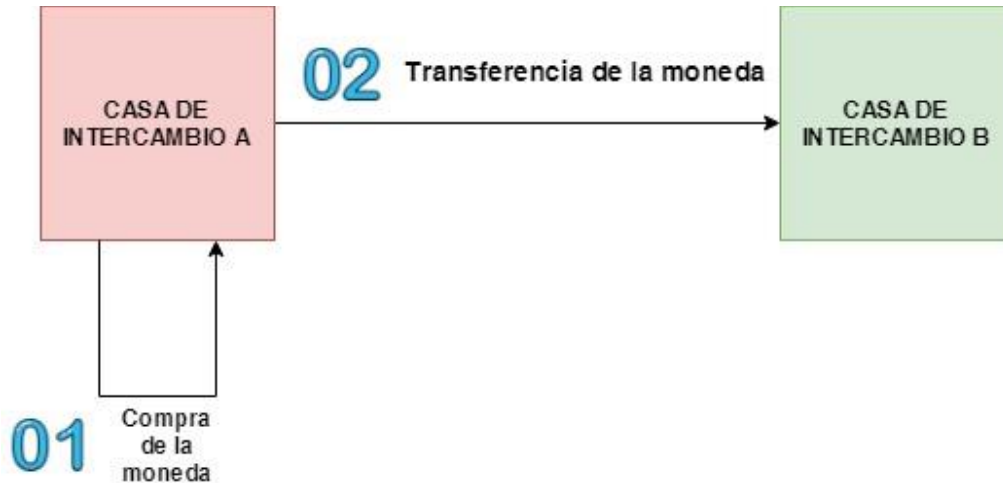


Ilustración 15 - Proceso previo al arbitraje

En las siguientes ilustraciones se procede a realizar un ejemplo completo del proceso de arbitraje teniendo en cuenta los modelos anteriormente representados. En la ilustración 16 se puede observar el escenario inicial del ejemplo. En la Casa de Intercambio A tiene un precio para la criptomoneda CM notablemente inferior a la Casa de Intercambio B, por tanto, es aparentemente posible el arbitraje entre ambas casas de intercambio.



Ilustración 16 - Escenario inicial del ejemplo

Tras verificar que es posible el arbitraje entre ambas casas se procede a preparar la Casa de Intercambio B con el número de criptomonedas CM que se quiera operar posteriormente, esto es, se realiza una pre compra en la casa de intercambio para tener el

suficiente stock en el Exchange y poder realizar la operación de forma automática. La operación de compra previa se puede realizar en cualquiera de las dos casas de intercambio, siendo en general, más rentable realizar esta compra en la Casa de Intercambio A y posteriormente realizar una transferencia a la *Casa de Intercambio B*, aunque exista una comisión de retirada en la Casa de Intercambio A. Esta operación inicial para preparar el arbitraje se representa en la ilustración 17, comprando 706 criptomonedas en la Casa de Intercambio A para que lleguen aproximadamente 700 a la casa de intercambio B tras aplicar comisiones.



Ilustración 17- Compra previa de CM para permitir el arbitraje

Una vez se tienen las 700 criptomonedas en la Casa de Intercambio B se puede iniciar la operación de arbitraje entre las dos casas. Nuevamente se realiza una orden de compra de 706 CM en la Casa de Intercambio A y en el mismo instante temporal se realiza una orden de venta de 700 CM en la Casa de Intercambio B. Cuando ambas órdenes se validen y se completen, se procede a la fase de transferencia de los activos de una casa a otra. De la Casa de Intercambio A se transfieren las CM, llegando 700 CM a la Casa de Intercambio B tras aplicar comisiones y restaurando el número de CM que había antes de iniciar la operación de arbitraje. De la Casa de Intercambio B se realiza una transferencia del total de USDT generados por la venta de CM hacia la Casa de Intercambio A, recuperando así los USDT utilizados para la compra de CM con un margen de beneficio. Esta operación se representa en la ilustración 18.



Ilustración 18 - Operación final ejemplo arbitraje

El resultado final de la operación, sin tener en cuenta la inversión realizada en la pre compra de las criptomonedas CM, reporta un beneficio de 3424.5 USDT. Este beneficio generado no supera la inversión inicial de 7060 USDT realizada, por lo que habría que repetir la operación de arbitraje algo más de dos veces para que el conjunto total reportase beneficio.

Sobre este último modelo de arbitraje definido surge un nuevo inconveniente a la hora de realizar las operaciones de compra y venta.

Las órdenes de compra y venta no se realizan automáticamente.

Las operaciones de compra y venta en las diferentes casas de intercambio ocurren debido a que existe una parte que quiere vender un activo y otra parte que quiere comprar ese activo. Las órdenes de compra y venta representan esas intenciones por ambas partes y definen el precio y la cantidad de activos que se van a transferir en la operación. Para que una compra o venta se realicen tienen que existir en un mismo instante temporal una orden de compra y otra de venta, o viceversa, que tengan el mismo precio y una cantidad de activos similares. Esta situación se suele dar con mucha frecuencia en las casas de intercambio grandes, donde normalmente cuando se emite una orden de compra o venta al precio actual del activo, esta se suele realizar de manera “instantánea”.

Pese a que normalmente la operación de compra y venta suele realizarse muy rápidamente tras emitir la orden de compra o venta, es un riesgo que se ha de mitigar en la medida de lo posible. Para ello, la solución que se propone es la de reducir un mínimo porcentaje el precio de venta y aumentar también un mínimo porcentaje el precio de compra de un

activo con el fin de obtener una mayor prioridad en un momento dado sobre las órdenes de compra y venta que se están generando en el mercado en ese mismo instante.

Otra modelo de arbitraje interesante y que no se ha estudiado totalmente a fondo consiste en realizar una combinación entre el último modelo representado, el que requiere una pre compra de unidades en la casa de intercambio con el mayor precio y un aumento de capital inicial en la casa que aporta el precio mínimo. La idea es, una vez pre comprada una cantidad definida de monedas en la casa de intercambio con mayor precio, hacer pequeñas operaciones de arbitraje entre ambas casas, sin llegar a utilizar nunca el total de capital disponible en la casa de precio mínimo para una única operación. El resultado de la venta de las criptomonedas en la casa de intercambio con mayor precio se almacena en esa misma casa hasta que se agote el capital inicial en la otra casa de intercambio.

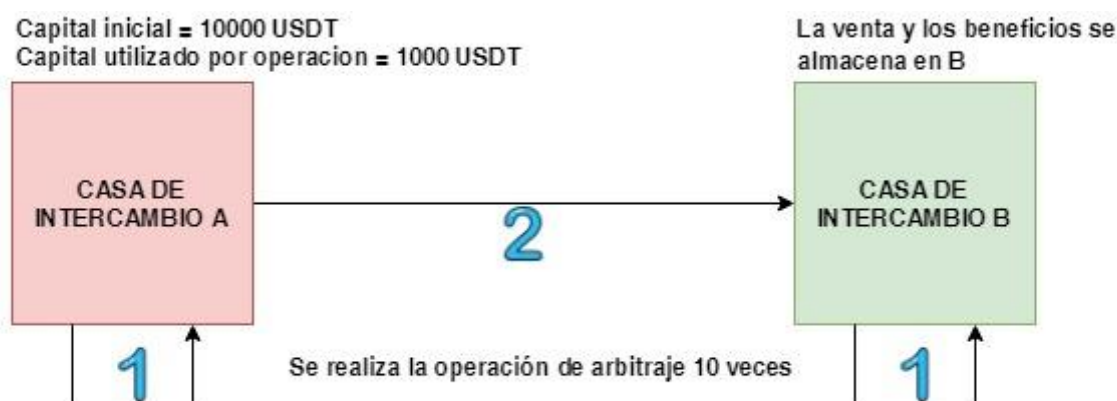


Ilustración 19 - Modelo de arbitraje con múltiples operaciones

Este modelo, representado en la ilustración 19, busca minimizar el número de transferencias de USDT entre la casa con mayor precio y la casa con menor precio, reduciendo así la cantidad pagada en la comisión de retirada en la casa donde se realiza la venta, ya que normalmente estas comisiones son una cantidad fija.

Otro de los beneficios de no utilizar todo el capital en cada operación es que el riesgo es menor, ya que, si la operación falla por cualquier motivo, el capital perdido es menor. Como parte negativa, es un proceso que lleva un mayor coste temporal ya que al tratar con cantidades más pequeñas los beneficios son inferiores.

4.4 Plan de pruebas

A continuación, se detalla el plan de pruebas realizado para comprobar el correcto funcionamiento tanto de la aplicación multiplataforma como de los servicios que proporcionan la información necesaria a la misma.

Este plan de pruebas se divide en tres secciones. La primera sección se centra en la batería de pruebas necesarias para asegurar el funcionamiento esperado en la parte de los servicios. Comprobando que la comunicación con la parte backend es la correcta y el resultado de los servicios es el esperado. La segunda sección se centra en comprobar que la aplicación multiplataforma desarrollada para observar la posibilidad de arbitraje en tiempo real funciona correctamente

4.4.1 Pruebas en los servicios

Esta sección recoge todas las pruebas realizadas en la parte de backend para el correcto funcionamiento de los servicios

ID	Descripción	URL	Resultado esperado	Resultado obtenido
S-1	Obtener los valores óptimos para el arbitraje en la criptomoneda XLM	/coins/xlmlivelimited	Precio máximo y mínimo para la criptomoneda. Las diferentes casas de intercambio involucradas, comisiones que estas aplican y cantidad mínima de monedas para realizar la operación.	Resultado esperado
S-2	Obtener los valores óptimos para el arbitraje en la criptomoneda BNB	/coins/bnblivelimited	Precio máximo y mínimo para la criptomoneda. Las diferentes casas de intercambio involucradas,	Resultado esperado

			comisiones que estas aplican y cantidad mínima de monedas para realizar la operación.	
S-3	Obtener los valores óptimos para el arbitraje en la criptomoneda XRP	/coins/xrplivelimited	Precio máximo y mínimo para la criptomoneda. Las diferentes casas de intercambio involucradas, comisiones que estas aplican y cantidad mínima de monedas para realizar la operación.	Resultado esperado
S-4	Obtener los valores óptimos para el arbitraje en la criptomoneda NEO	/coins/neolivelimited	Precio máximo y mínimo para la criptomoneda. Las diferentes casas de intercambio involucradas, comisiones que estas aplican y cantidad mínima de monedas para realizar la operación.	Resultado esperado
S-5	Obtener los valores óptimos para el arbitraje en la criptomoneda EOS	/coins/eoslivelimited	Precio máximo y mínimo para la criptomoneda. Las diferentes casas de intercambio involucradas, comisiones que estas aplican y cantidad mínima de monedas para realizar la operación.	Resultado esperado
S-6	Obtener los valores óptimos para el arbitraje en la criptomoneda ETH	/coins/ethlivelimited	Precio máximo y mínimo para la criptomoneda. Las diferentes casas de intercambio involucradas, comisiones que estas aplican y cantidad mínima de monedas para realizar la operación.	Resultado esperado

S-7	Obtener los valores óptimos para el arbitraje en la criptomoneda LTC	/coins/lclevelimited	Precio máximo y mínimo para la criptomoneda. Las diferentes casas de intercambio involucradas, comisiones que estas aplican y cantidad mínima de monedas para realizar la operación.	Resultado esperado
S-8	Obtener una simulación del resultado de una operación de arbitraje en un instante temporal determinado	/coins/profitperop Como parámetros se añaden la cantidad de unidades, el precio actual en cada Exchange y sus comisiones	Precio máximo y mínimo para la criptomoneda. Las diferentes casas de intercambio involucradas, comisiones que estas aplican y cantidad mínima de monedas para realizar la operación.	Resultado esperado

Para la realización de esta prueba se ha utilizado la aplicación POSTMAN con el fin de comprobar la accesibilidad y correcto funcionamiento de todos los servicios de la aplicación. En la ilustración 20 se puede observar un ejemplo de cómo se ha utilizado dicha aplicación para la batería de pruebas realizadas para la parte de backend.

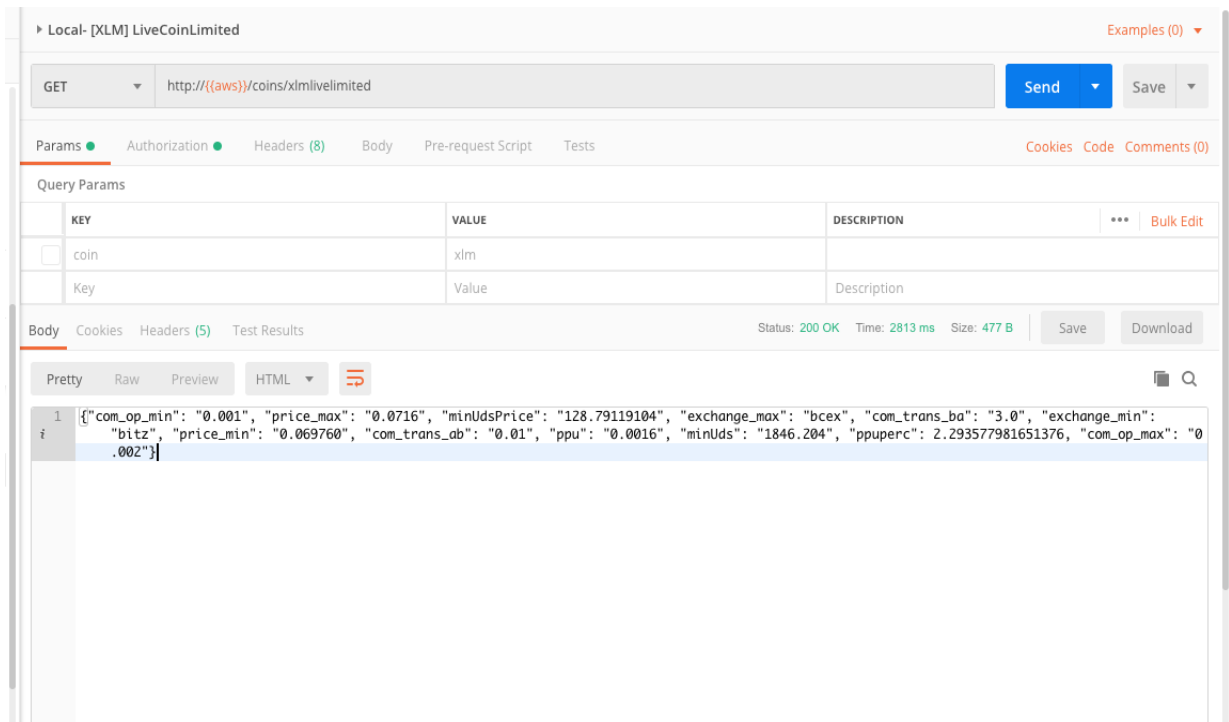


Ilustración 20 - Uso de Postman para la realización de las pruebas

4.4.2 Pruebas en la aplicación








A continuación, se detallan las diversas pruebas realizadas para comprobar el correcto funcionamiento de la aplicación según los comportamientos esperados.

ID	Descripción	Resultado esperado	Resultado Obtenido
A-1	Listado de las criptomonedas en la aplicación multiplataforma	Listado correcto de las diversas monedas en la plataforma. Mostrando, en el caso de existir la posibilidad de arbitraje, detalles de la operación como el precio o las casas de intercambio. En caso de no existir beneficio con la operación se debe indicar también.	Resultado esperado

A-2	Ver el detalle de una posible operación en la aplicación multiplataforma.	Para cada una de las monedas listadas, en el caso de existir oportunidad de arbitraje, debe redirigirse a una segunda pantalla donde se pueda observar el detalle en tiempo real de la operación. Se debe ver también las diferentes casas de intercambio involucradas así como las diferentes comisiones que estas aplican.	Resultado esperado.
A-3	Ver en el detalle de la criptomoneda la opción de simular la operación con una determinada cantidad de monedas	Al introducir la cantidad de monedas determinada debería devolver el porcentaje de beneficio resultante de ejecutar esa operación. Para ello debe tener en cuenta las diferentes comisiones de los Exchange, así como el precio en ambas casas en el momento de realizar la simulación	Resultado esperado.


En las ilustraciones que aparecen a continuación se puede ver el claro resultado de las pruebas realizadas sobre la aplicación multiplataforma.

ARBITRAGE REPORT

- 
Stellar Lummen (XLM) [1.87 %]
 ↑ bcex (0.071\$) ↓ bitz (0.069\$)
 Profit per unit: 0.0013 \$
 Min. Quantity: 2270.783 (157.515\$)
- 
Binance Coin (BNB) [No profit]
- 
Ripple (XRP) [1.07 %]
 ↑ bcex (0.190\$) ↓ bitz (0.187\$)
 Profit per unit: 0.002 \$
 Min. Quantity: 1514.651 (283.732\$)
- 
NEO (NEO) [No profit]
- 
EOS (EOS) [3.90 %]
 ↑ hitbtc (2.530\$) ↓ bcex (2.425\$)
 Profit per unit: 0.0946 \$
 Min. Quantity: 87.19 (211.462\$)
- 
Ethereum (ETH) [No profit]
- 
LiteCoin (LTC) [0.37 %]
 ↑ bcex (43.560\$) ↓ hitbtc (43.226\$)
 Profit per unit: 0.1599 \$
 Min. Quantity: 19.03 (822.591\$)

← Stellar Lummen detail

[3.17 %] Stellar Lummen (XLM)

- 
 ↑ Max Value
 bcex (0.072\$)
- ↓ Min Value
 binance (0.069\$)

Min. Quantity: 1392.415 uds (96.536\$)

Profit per unit: 0.0022 \$

Operation fees	Transference fees
bcex : 0.2%	bcex : 3.0 USDT
binance : 0.1%	binance : 0.01 XLM

Simulation tool

Number of units **2000**

Cost of operation: 2002.01 uds (138.14 \$)

Operation profit: 0.58 \$ (0.42 %)

Ilustración 21 - Resultado pruebas A-1, A-2 y A-3

5 Resultados

En esta sección se analizará toda la información y datos obtenidos mediante el uso de la herramienta de visualización, desarrollada para la realización de este estudio, y los datos obtenidos mediante el script de R y el uso de la base de datos. Para realizar este análisis se ha utilizado la arquitectura definida en la sección *4.1.1 Arquitectura en el servidor* y se ha utilizado la fórmula matemática definida en esa misma sección para el cálculo de los beneficios y el número mínimo de unidades necesarias para realizar la operación de arbitraje.

Para la realización de este análisis se han tomado datos tanto del año 2019, fecha de inicio de este proyecto de investigación, como de 2020 pudiéndose tener una visión de los diferentes cambios acontecidos para las diversas criptomonedas y casas de intercambio.

5.1 Análisis de los valores obtenidos utilizando el Scraping y CoinMarketCap

El actual proyecto de investigación se inició realizando un proceso de ‘Scraping’ sobre la web CoinMarketCap con el objetivo de identificar de una forma sencilla si existía la posibilidad de aplicar técnicas de arbitraje sobre los mercados de criptodivisas y, en caso afirmativo, saber en qué casas de intercambio aplicar dichas operaciones de arbitraje.

El proceso, que se menciona en la sección *4.1.1 Arquitectura en el servidor*, realiza cada pocos minutos un “volcado” en base de datos de toda la información referente al conjunto de criptomonedas que se puede observar en la ilustración 22 así como información relativa a los valores máximos y mínimos en cuanto a valor en el instante de la toma de datos.

symbol
BTC
ETH
XRP
BCH
LTC
EOS
BNB
XLM
ADA
TRX
XMR
DASH
ATOM
IOTA
NEO
XEM
ZEC

Ilustración 22 - Conjunto de criptomonedas extraídas de CoinMarketCap

Sobre las casas de intercambio que tienen algún registro en la base de datos, y por ello son partícipes en alguna operación potencial de arbitraje, se han identificado 49 casas de intercambio diferentes. Estas casas de intercambio son las representadas en la tabla que se muestra a continuación.

EXX	DragonEX	OEX	DOBI Exchange	BITKER
BCEX	Hubi	LATOKEN	Bibox	Bitinka
Huobi Global	Dcoin	CoinMex	IDAX	Bgogo
LBank	HitBTC	Bitrue	FCoin	Iquant
CoinTiger	LocalTrade	ZBG	BitMax	TOPBTC
Binance	DigiFinex	CoinBene	55 Global Markets	P2PB2B
BW.com	OKEx	BKEX	CHAOEX	Bilaxy
IDCM	BitMart	CoinEgg	Hotbit	KuCoin
BitForex	Bit-Z	Coineal	OOBTC	RightBTC
ZB.COM	Gate.io	Coinall	Bitrabbitt	

El proceso se ha ejecutado de forma intermitente durante algo menos de dos meses y ha generado un total de 341.258 registros. Sobre este número total de registros se ha podido observar que 275.828 se corresponden con un porcentaje de beneficio positivo, esto es, la operación de arbitraje realizada sobre las casas de intercambio y la criptomoneda registrada aporta un valor positivo después de descontar el importe de las comisiones.

De los 275.828 registros que tienen un beneficio positivo, 115.876 registros superan el 1% de beneficio por unidad, y solo 7546 registros reportan un beneficio igual o superior al 10%.

En la ilustración 23 se puede observar el número de registros que tienen un beneficio por unidad superior al 0% en función de la criptomoneda sobre la que se aplica la operación de arbitraje.

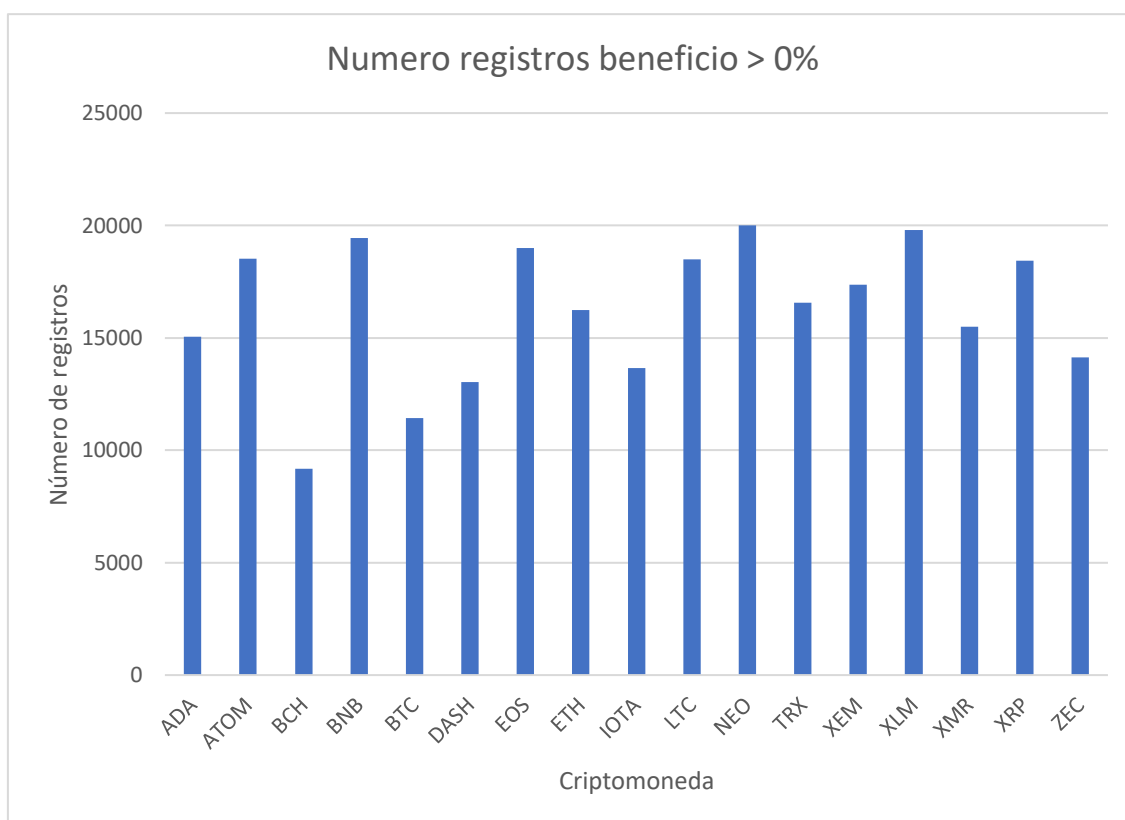


Ilustración 23 - Gráfico de la distribución del número de registros con beneficio positivo

Sobre el gráfico anterior podemos observar que de las 17 monedas que inicialmente se tuvieron en cuenta para realizar la monitorización tienen en mayor o menor medida presencia en cuanto a la posibilidad de ser objeto de operaciones de arbitraje ya que su beneficio es positivo.

Sobre el gráfico se puede observar que una de las criptomonedas con mayor número de registros es el NEO. Esto se debe principalmente a que en la mayoría de casas de intercambio esta criptomoneda no tiene comisión de retirada, facilitando que el beneficio potencial de realizar una operación de arbitraje con esta criptomoneda sea siempre o casi siempre positivo.

En la ilustración 24 se puede observar una comparativa similar a la realizada en el anterior gráfico, pero esta vez teniendo en cuenta un beneficio positivo mayor al 1%.

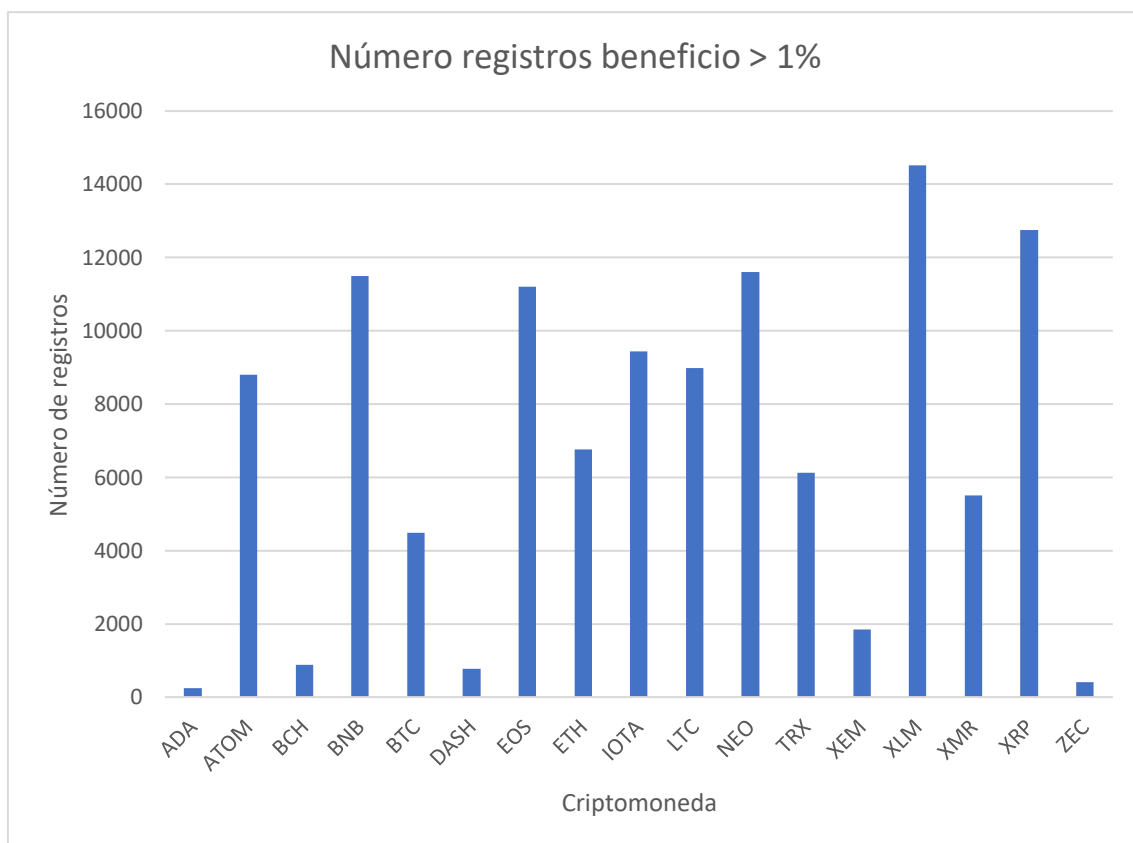


Ilustración 24 - Gráfico de distribución del número de registros con beneficio superior al 1%

En este segundo caso, el número de criptomonedas obtenido de este registro sigue siendo 17, por lo que el conjunto completo de criptomonedas monitorizadas sigue teniendo un beneficio superior al 1%.

Se puede observar como criptomonedas como el ADA, el BCH, o el ZEC tienen ya muy poca presencia en el número de registros que superan el porcentaje definido de beneficio. Se comienza a observar también criptomonedas interesantes como el XLM, el XRP, el BNB, el EOS o el NEO que superan los 10.000 registros con un beneficio superior al 1% de beneficio.

En la ilustración 25 se ha vuelto a realizar la comparativa haciendo que el beneficio fuese superior al 10% con el fin de observar las criptomonedas más prometedoras y con mayor beneficio por unidad.

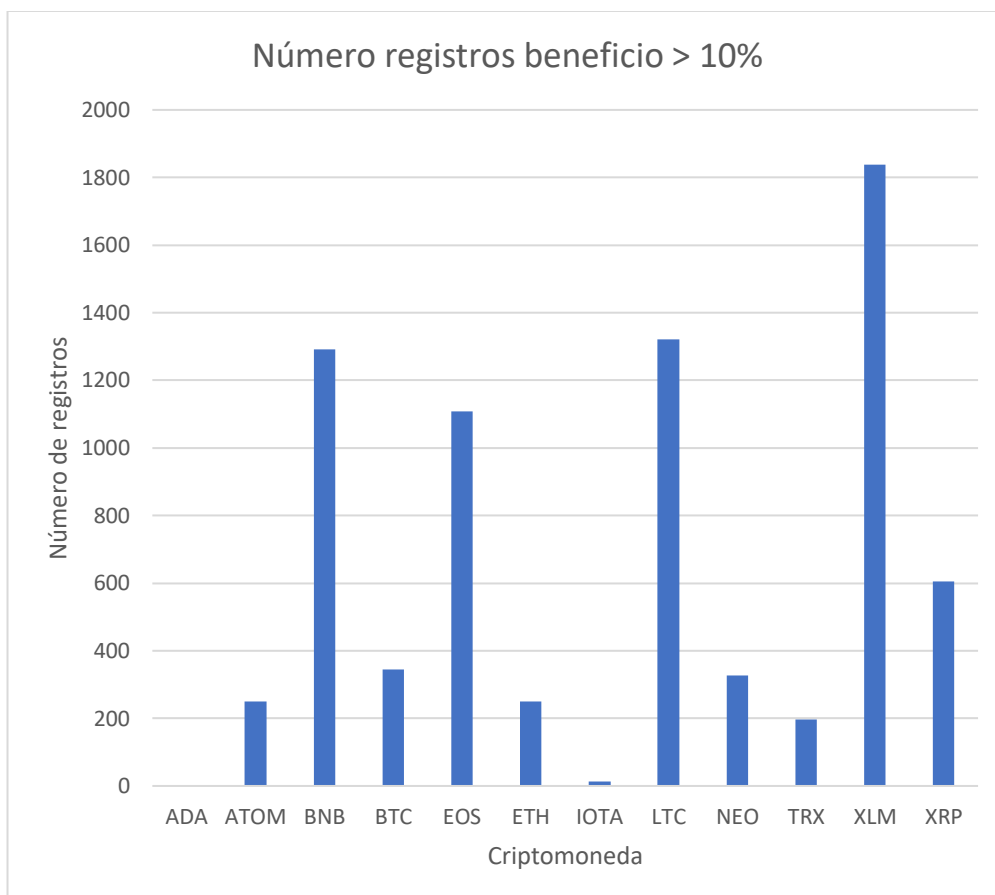


Ilustración 25 - Gráfico de distribución del número de registros con beneficio superior al 10%

Tras realizar este último análisis se ha podido observar que de las 17 criptomonedas iniciales solo 12 son candidatas a las operaciones de arbitraje con un potencial beneficio superior al 10%.

Además, sobre el gráfico de la ilustración 25 se puede ver que solo 4 de las 12 monedas superan los 1000 registros con un beneficio potencial del 10%, convirtiéndolas en candidatas perfectas para realizar operaciones de arbitraje.

El último de los análisis realizados a nivel de criptomoneda sobre la fase de monitorización se representa en la ilustración 26. Este nuevo gráfico muestra el beneficio máximo que ha tenido una determinada criptomoneda durante la duración del proceso de monitorización.

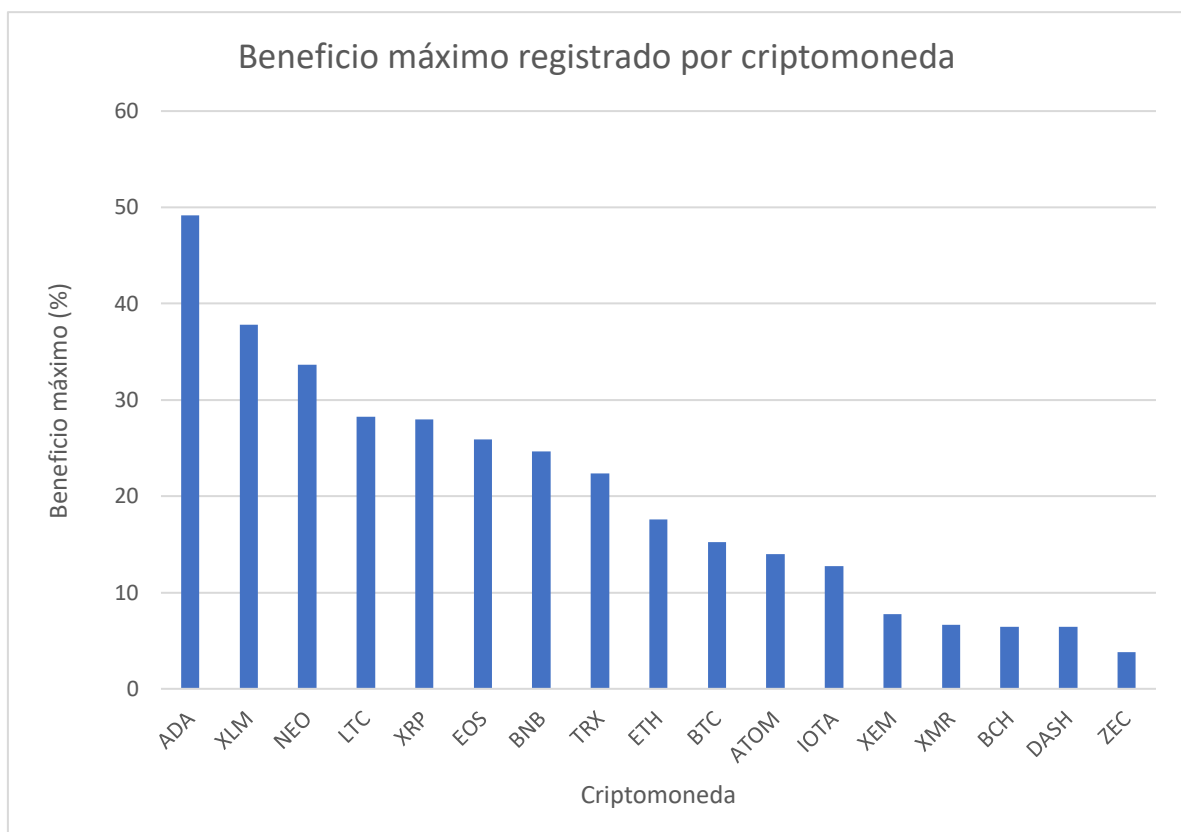


Ilustración 26 - Grafico beneficio máximo registrado por criptomoneda

Sobre el anterior gráfico se puede observar que, a excepción del ADA, los valores máximos de beneficio se dan sobre el conjunto de criptomonedas que se identificaron como “interesantes” tras analizar el gráfico de la Ilustración 25.

Este gráfico por sí sólo puede no aportar valor ya que el valor máximo puede haberse dado en un instante temporal determinado, como en el caso del ADA, y no volver a repetirse a lo largo del tiempo. Es por ello que no se ha tenido demasiado en cuenta este criterio a la hora de seleccionar las criptomonedas ya que se buscaban las criptomonedas que puedan tener más posibilidad de presentar operaciones de arbitraje a lo largo del tiempo.

Similar al análisis realizado con las criptomonedas, se procede a realizar un análisis sobre el conjunto de datos disponibles de las casas de intercambio que más veces aparecen en los registros obtenidos durante el proceso de monitorización.

En primer lugar, se analiza las casas de intercambio que han sido identificadas como exchanges que proporcionaban el valor máximo o mínimo para una criptomoneda en un determinado instante temporal, cumpliéndose que la hipotética operación de arbitraje reportase un beneficio positivo.

En la ilustración 27 se puede observar el número de registros en función de la casa de intercambio que reporta un valor máximo para una determinada criptomoneda y la posible operación de arbitraje resulta con un beneficio positivo.

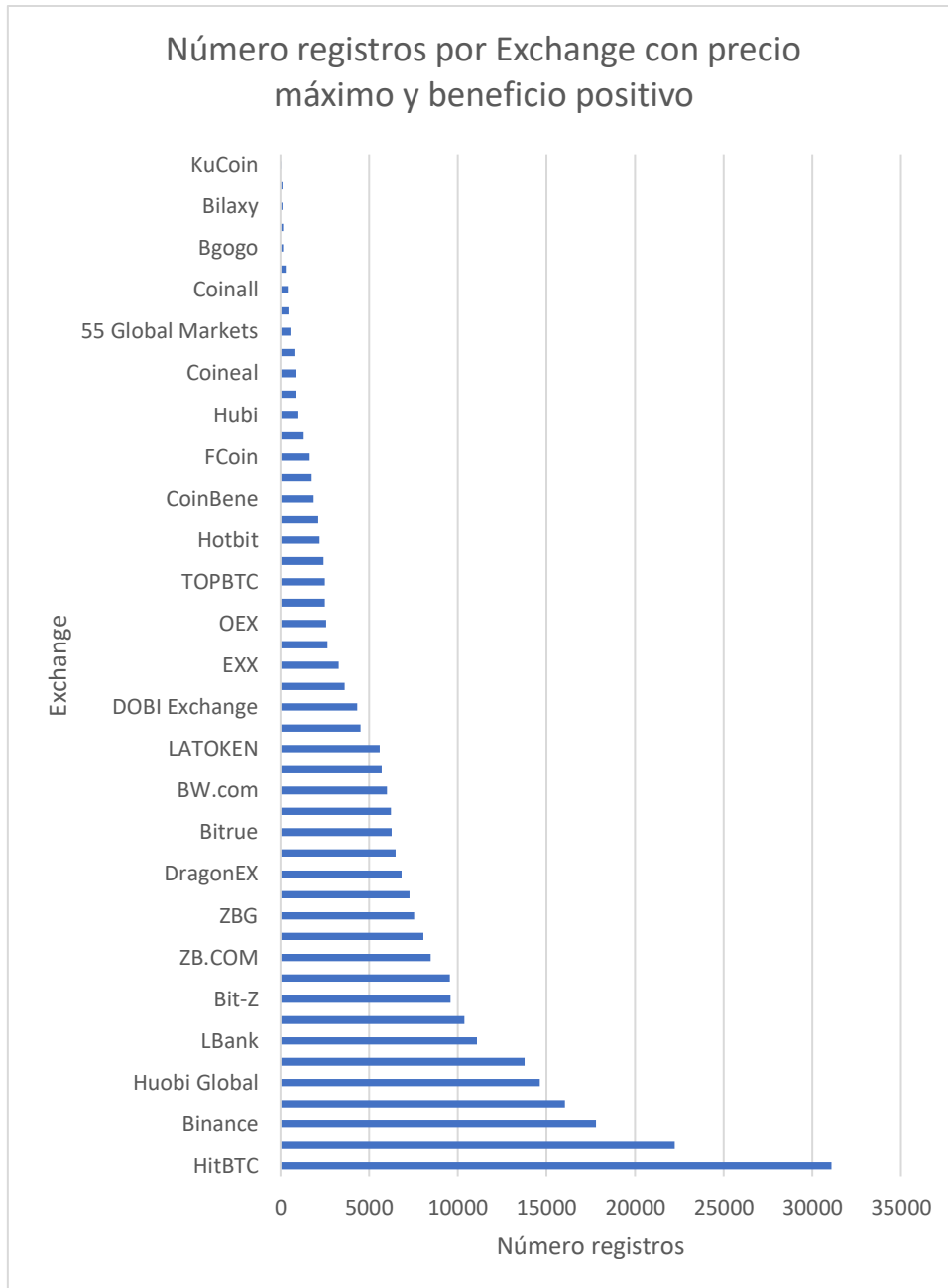


Ilustración 27 - Exchange precio máximo beneficio positivo

Pese a que no todos los resultados están representados en el gráfico anterior, este gráfico sirve como una primera aproximación para ver que casas de intercambio tienen normalmente un precio mayor para una criptomoneda determinada. Similar al gráfico de la ilustración 27, en la ilustración 28 se puede observar las casas de intercambio que reportan el valor mínimo para una determinada criptomoneda.

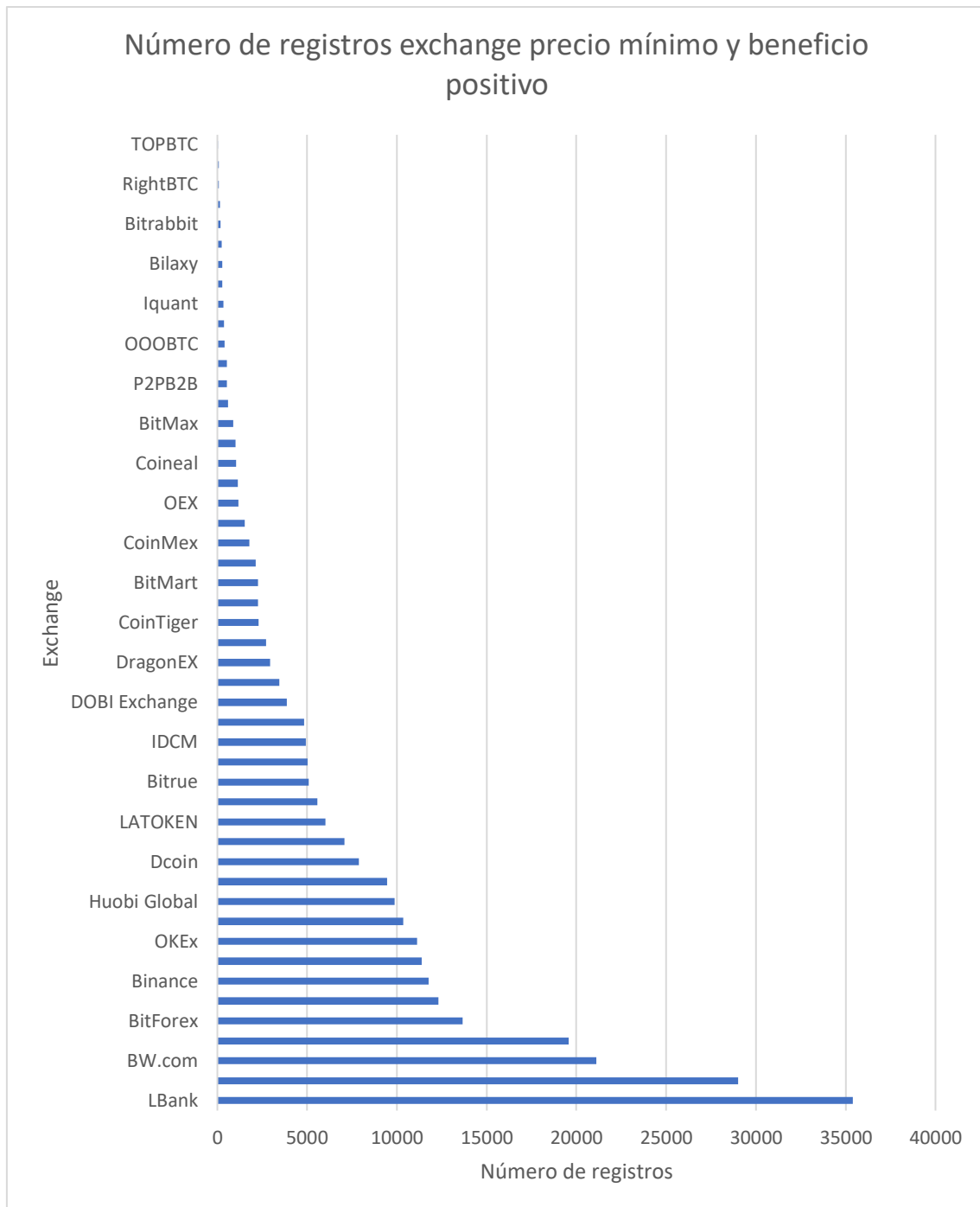


Ilustración 28 - Número registros exchange precio mínimo y beneficio positivo

Similar al análisis realizado sobre la ilustración 27, en este nuevo gráfico se puede observar que casas de intercambio como LBank, Bitforex o Binance aparecen con bastante frecuencia como aquellas casas que proporcionan un menor precio para una determinada criptomoneda en un instante temporal concreto.

En la ilustración 29 se representa, de la misma forma que se hizo con el conjunto de criptomonedas, el gráfico de número de veces que una casa de intercambio proporciona el precio máximo para un activo y la operación completa potencialmente reportaría un beneficio superior al 1%.

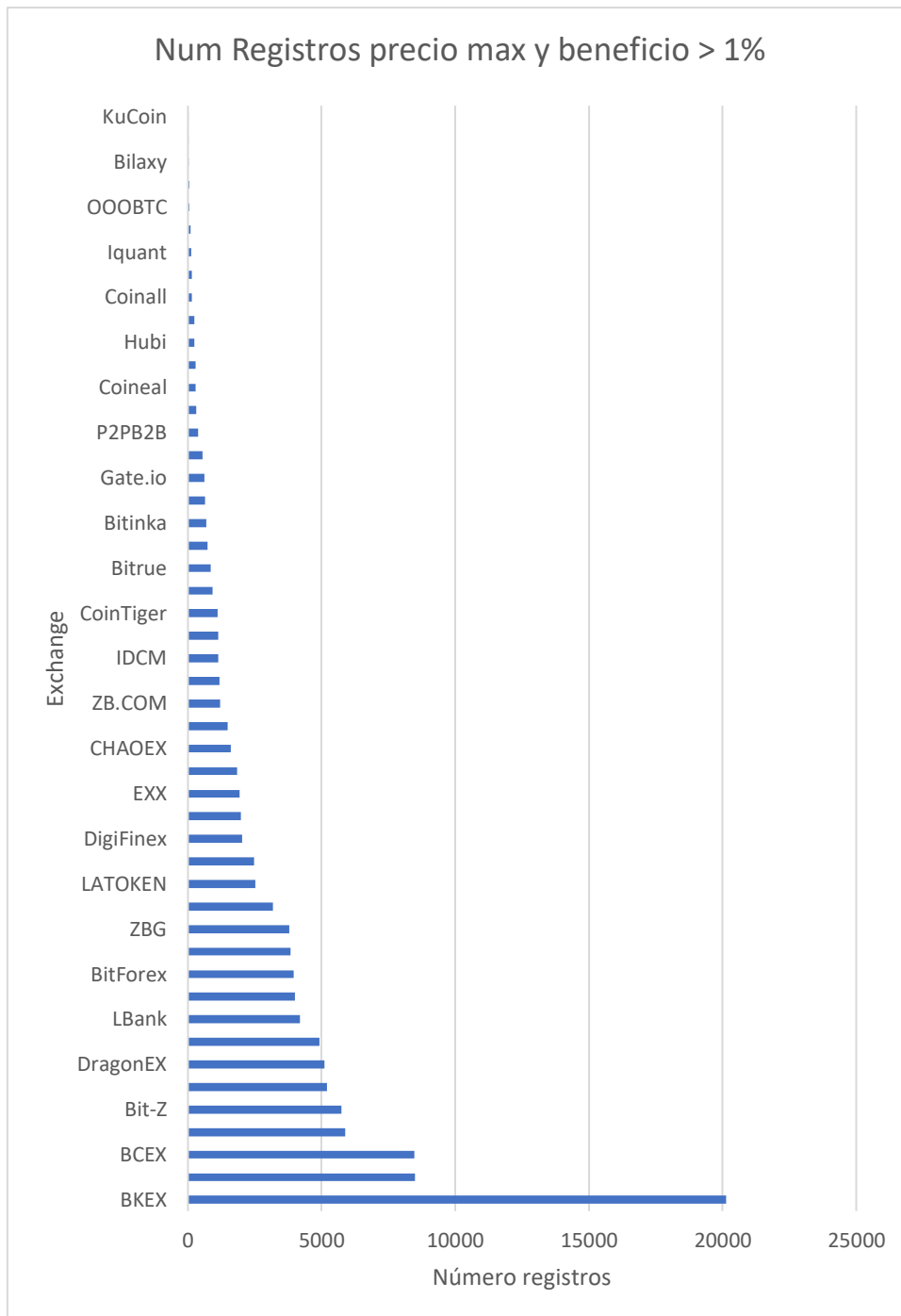


Ilustración 29 - Exchange precio máximo y beneficio mayor que 1%

Sobre el anterior gráfico se puede observar que la mayoría de casas de intercambio mantienen su posición en cuanto al número de registros pese a haber aumentado el beneficio al 1%. Sobre la ilustración 30 se puede observar el mismo análisis, pero realizado sobre las casas de intercambio que proporcionan un precio mínimo para una criptomoneda determinada.

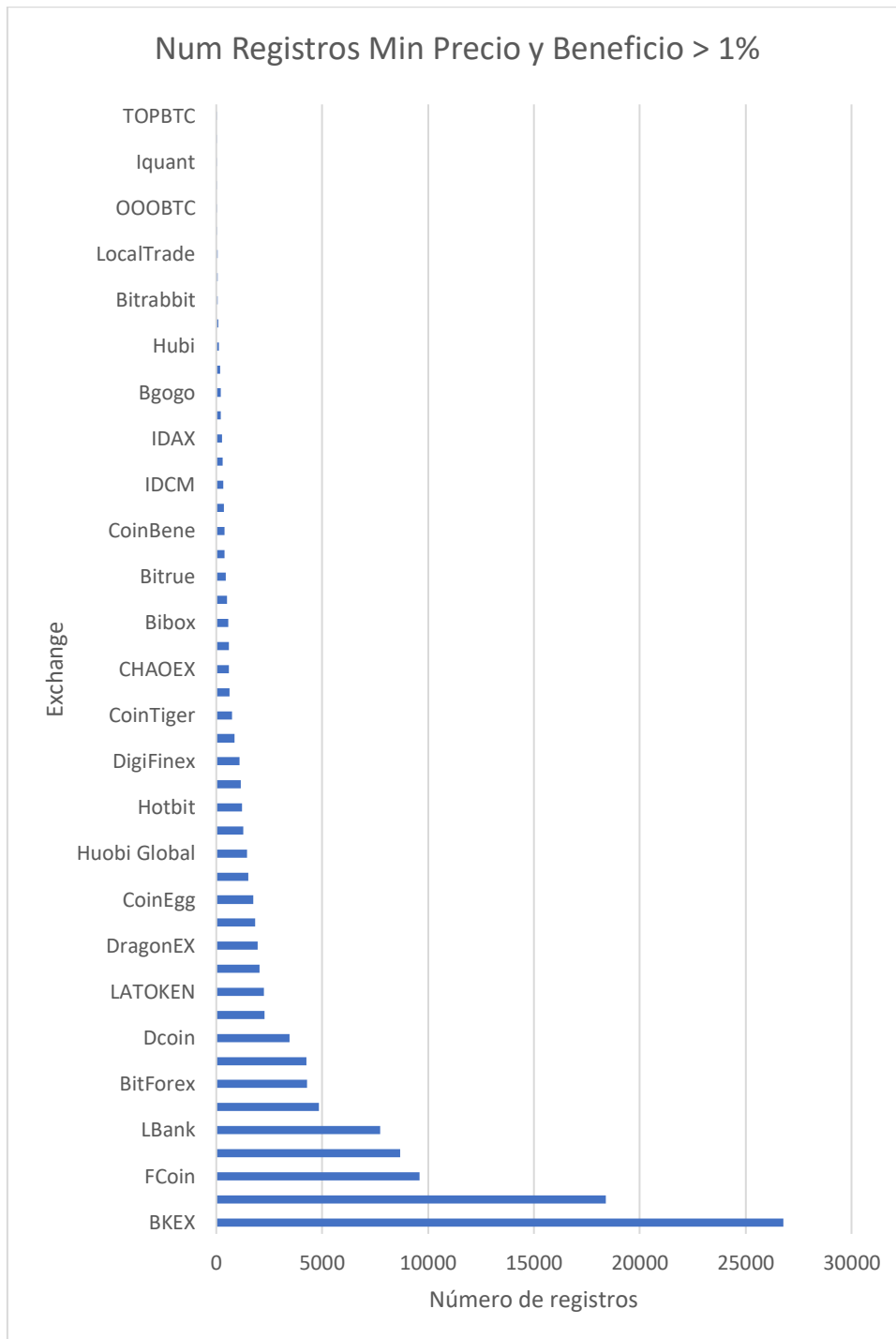


Ilustración 30 - Número de registros exchange precio mínimo y beneficio mayor que 1%

Al igual que ocurría con el gráfico de la ilustración 29, la mayoría de casas de intercambio mantienen su posición en el ranking, reportando beneficios positivos superiores al 1% en los registros para los que están dando un precio mínimo para una determinada criptomoneda.

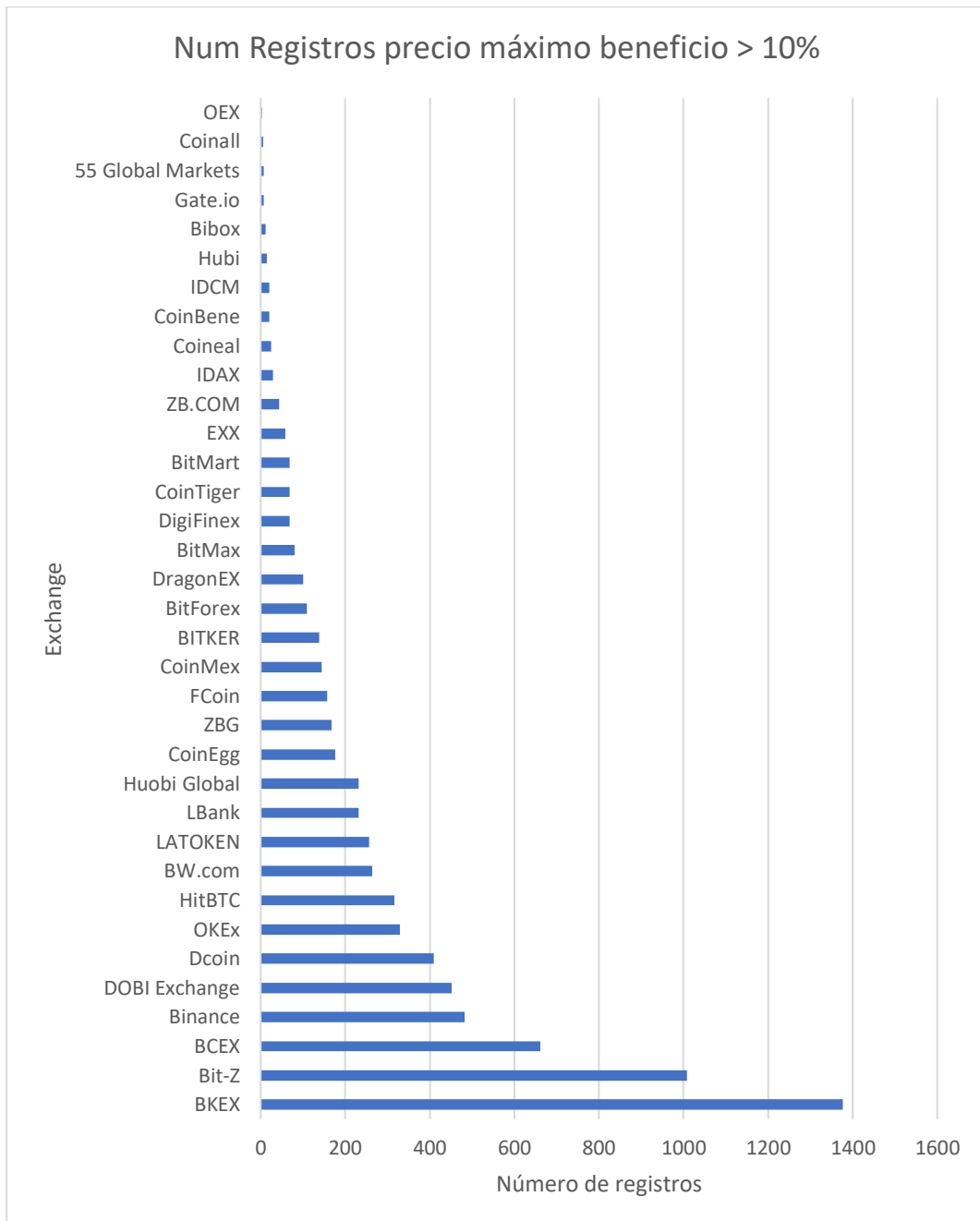


Ilustración 31- Número registros precio máximo y beneficio mayor que 10%

Para terminar el análisis en la fase de la monitorización de desarrollan dos nuevos gráficos para observar las casas de intercambio involucradas en hipotéticas operaciones con un beneficio superior al 10%. En la ilustración 31 se puede observar el número de registros para cada Exchange que proporciona el precio máximo con un beneficio superior al mercado anteriormente. Así mismo en la ilustración 32 se realiza el mismo análisis, pero para las casas de intercambio que proporcionan el precio mínimo para una determinada criptomoneda.

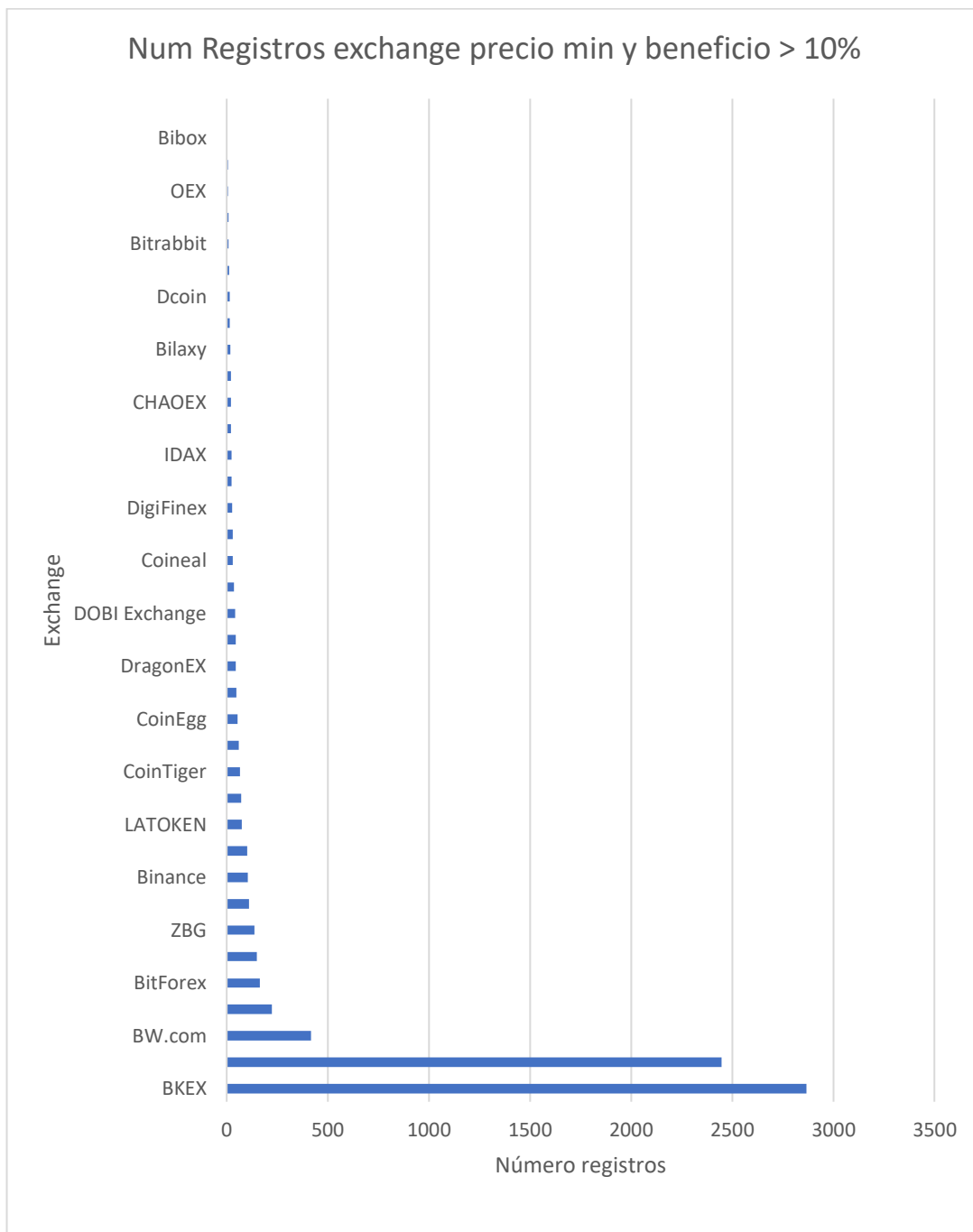


Ilustración 32 - Número registros por exchange con precio mínimo y beneficio superior al 10%

Ante los datos de las últimas graficas se puede observar una clara distribución de las casas de intercambio que tienen una mayor presencia dentro de las potenciales operaciones de arbitraje.

Tras analizar los datos obtenidos de la fase de monitorización se han encontrado una serie de impedimentos que hacen inviable el uso de este método como vía para obtener información sobre las potenciales operaciones de arbitraje.

5.2 Inconvenientes encontrados durante la fase de monitorización

Durante la fase de monitorización que duró aproximadamente dos meses se detectó un error que haría inviable esta metodología de utilizar datos directamente de CoinMarketCap como fuente de información para determinar si existe o la posibilidad de realizar operaciones de arbitraje con criptomonedas.

El problema, tal y como se anticipaba y resumía en la sección 4.3.1 *Monitorización previa*, reside en que los valores que proporciona la plataforma de CoinMarketCap no se corresponden exactamente con los precios reales de las casas de intercambio.

Esto posiblemente se debe a que la tasa de refresco que tiene la propia plataforma no es lo suficientemente alta y da pie a que los valores se actualicen en las diferentes casas de intercambio, en función de la oferta y demanda de una determinada criptomoneda, pero que no esta actualización no se vea reflejada en CoinMarketCap

A continuación, se analiza esta situación para la criptomoneda XLM, una de las que presentaba un mayor potencial a ser objeto de operaciones de arbitraje, y tres diferentes casas de intercambio. En la ilustración 33 se puede apreciar su valor según CoinMarketCap.

Stellar Market Pairs















Rank	Source	Pair	Price	Volume (24h)
1	 Binance	XLM/USDT 	\$0,067866	\$6.831.834
5	 Huobi Global	XLM/USDT 	\$0,067885	\$2.231.706
6	 HitBTC	XLM/USDT	\$0,067896	\$3.432.159
7	 OKEx	XLM/USDT 	\$0,067876	\$2.029.944
8	 Bitrue	XLM/USDT 	\$0,067885	\$3.086.689
9	 MXC	XLM/USDT	\$0,067879	\$3.526.158
10	 BitForex	XLM/USDT	\$0,067866	\$20.833.303
11	 WhiteBIT	XLM/USDT	\$0,067846	\$2.129.683
14	 LATOKEN	XLM/USDT	\$0,067716	\$1.916.874
19	 BKEX	XLM/USDT	\$0,067876	\$1.478.788

Ilustración 33 - Valor de la criptomoneda XLM a fecha 25 de Junio de 2020

Como se puede observar en la anterior imagen se ha decidido comprobar su valor en las diferentes casas de intercambio marcadas en rojo. El valor para la exchange *Binance* se representa en la ilustración 34, el precio para la casa de intercambio HitBTC en la ilustración 35 y, por último, el precio del XLM para la casa de intercambio LATOKEN se representa en la ilustración 36.



Ilustración 34 - Valor de la criptomoneda XLM para la Exchange Binance



Ilustración 35 - Valor de la criptomoneda XLM para la exchange HitBtc



Ilustración 36 - Valor de la criptomoneda XLM para la exchange LATOKEN

Como se puede observar en las anteriores ilustraciones, el valor proporcionado por la casa de intercambio difiere del proporcionado por la plataforma de CoinMarketCap. La diferencia parece muy pequeña, el error en términos de porcentaje se puede observar en la tabla que se muestra a continuación, pero es una diferencia que podría ser crítica a la hora de seleccionar una u otra casa de intercambio como posibles candidatas ante una hipotética operación de arbitraje.

Exchange	Binance (USDT)	HitBTC (USDT)	LATOKEN (USDT)
Precio CoinMarketCap	0,067866	0,067896	0,067716
Precio Exchange	0,06761	0,067659	0,06753
Error cometido	0,000256	0,000237	0,000186
% Error	0,379%	0,350%	0,275%

Como se comentaba anteriormente la frecuencia de refresco de la página no es demasiado elevada por lo que, añadiendo que el proceso de monitorización tarda cerca de los dos minutos en completarse, no se consideró viable esta solución y se decidió abordar un conjunto más limitado de criptomonedas y casas de intercambio y “atacar” directamente a las API Rest que estas posean para obtener los precios actualizados.

Cabe destacar que la propia plataforma de CoinMarketCap dispone de una API Rest que podría consultarse para obtener una mayor tasa de refresco en sus valores, pero tiene limitada la cantidad de peticiones mensuales y diarias que se pueden realizar a la misma.

Dispone también de varias modalidades de pago de la propia API que permiten aumentar ese límite de peticiones diario, pero se escapan del presupuesto de este proyecto.

5.3 Análisis de los resultados obtenidos mediante el uso de la aplicación

Como se anticipaba en la sección anterior, el uso de la plataforma de CoinMarketCap como fuente única de información sobre el precio de las criptomonedas en diversas casas de intercambio no es viable debido a la tasa de refresco que la plataforma tiene.

Para solventar este problema se decidió seleccionar un conjunto finito de criptomonedas y de casas de intercambio. En las secciones 4.3 y 4.4 de este documento se puede ver en detalle las criptomonedas y las casas de intercambio seleccionadas y en la sección 5.1 se puede observar el análisis que influyó en la selección de las mismas. Un detalle importante en cuanto a la selección de exchanges fue que estas dispusiesen de una API REST pública que permitiese un gran número de peticiones por minuto sin llegar a producir error.

Para realizar el análisis sobre esta sección se utilizarán diversas capturas de pantalla realizadas a lo largo del periodo de desarrollo de este proyecto. Esto se debe ya que este segundo proceso no tiene una parte persistente que almacene históricos como ocurría en la fase de monitorización.

En la ilustración 20, se observa una captura de la aplicación de visualización realizada el día 4 de junio de 2019 a las 10:00. En ella se puede ver que la moneda Binance Coin reporta unos beneficios del 3.2% por unidad en las operaciones de arbitraje utilizando un mínimo de 11.77 unidades. Se observa también que monedas como el NEO, Ethereum o Litecoin no llegan al 1% de beneficio por unidad en las operaciones.

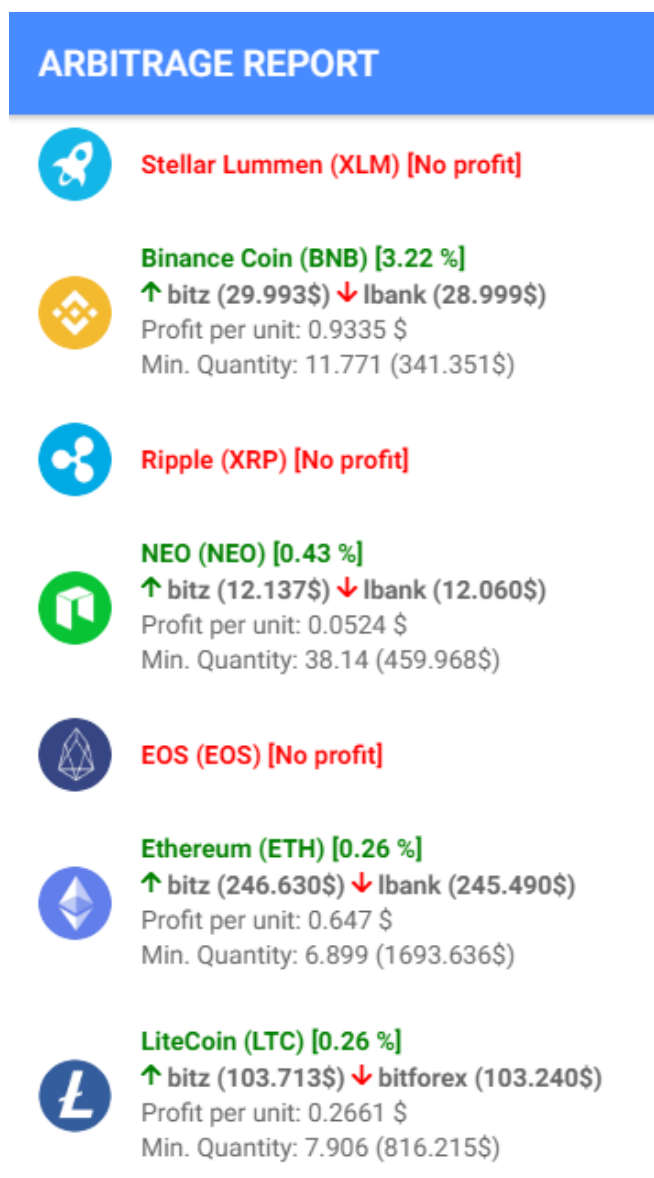


Ilustración 37 - Reporte a día 4 de junio de 2019

Esta situación podría definirse como idónea para comenzar las operaciones de arbitraje entre las casas de intercambio Bit-Z y Lbank, aplicando la estrategia para conseguir el arbitraje definida en la sección 4.3.4 *Estrategia para conseguir el arbitraje*.

Sobre la anterior imagen se puede destacar el alto coste de realizar la compra de unidades mínimas para que el arbitraje de beneficios, viendo que sería necesaria la compra inicial de 11.77 BNB para que la operación no reportase pérdidas. La compra de esta cantidad está valorada en casi 342\$ si se realiza en la casa de intercambio Lbank.

También existen ocasiones donde la herramienta reporta unos beneficios por unidad superiores al 20%. Estos casos suelen ser muy poco frecuentes y difíciles de detectar ya que normalmente acontecen unas pocas horas y después se restaura la “normalidad”. En la sección de futuras mejoras se hablará de la implementación de un sistema de notificaciones que permita facilitar la identificación de estos casos concretos con el fin de poder explotar la operación de arbitraje y maximizar el beneficio.

Normalmente estas situaciones donde existe un gran desfase de precios entre varias casas de intercambio son detectadas por la propia Exchange y corregidas. Sobre este tema se hablará en la sección 5.4 Inconvenientes encontrados mediante el uso de la aplicación.

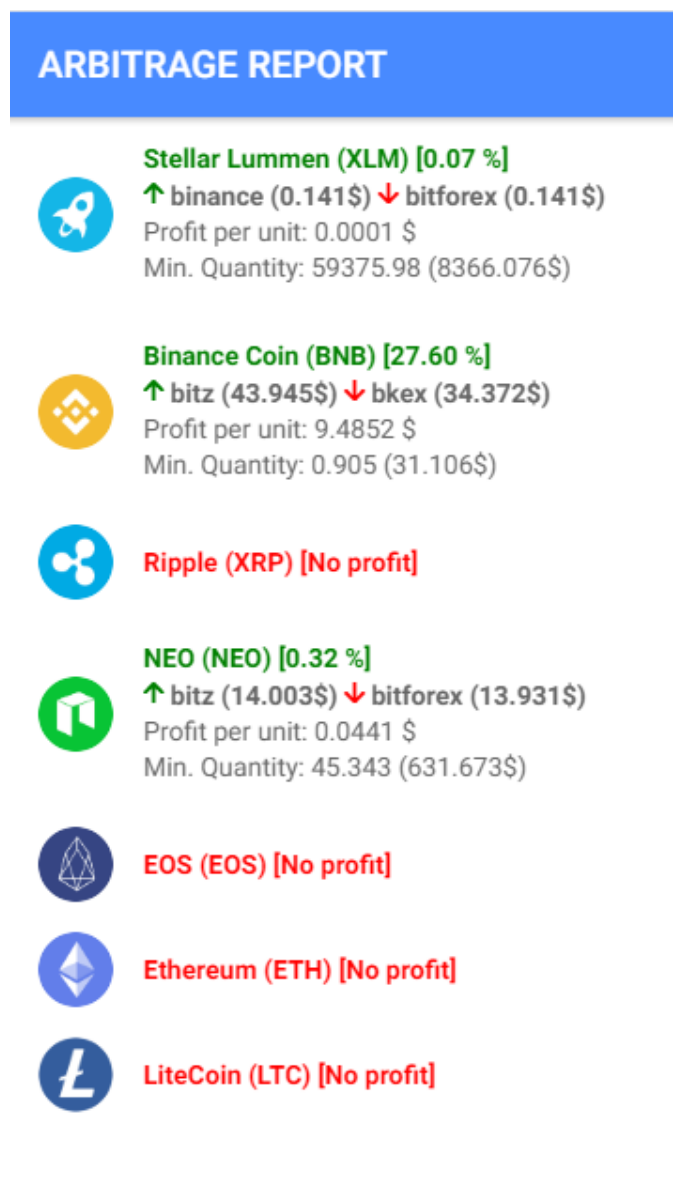


Ilustración 38 -Reporte de criptomonedas el 30 de mayo de 2019

En la ilustración 38 se puede observar una captura de pantalla que refleja exactamente la situación que se relata anteriormente. Sobre la propia captura se puede ver un beneficio por unidad de un 27% y una compra mínima de monedas valorada en 31\$.

A priori esta situación puede parecer idónea para realizar la compra en la casa de intercambio BKEx y la venta en la casa BIT-Z pero por lo general una de las dos casas de intercambio tendrá bloqueadas las retiradas o los depósitos debido a esta gran diferencia de precios.

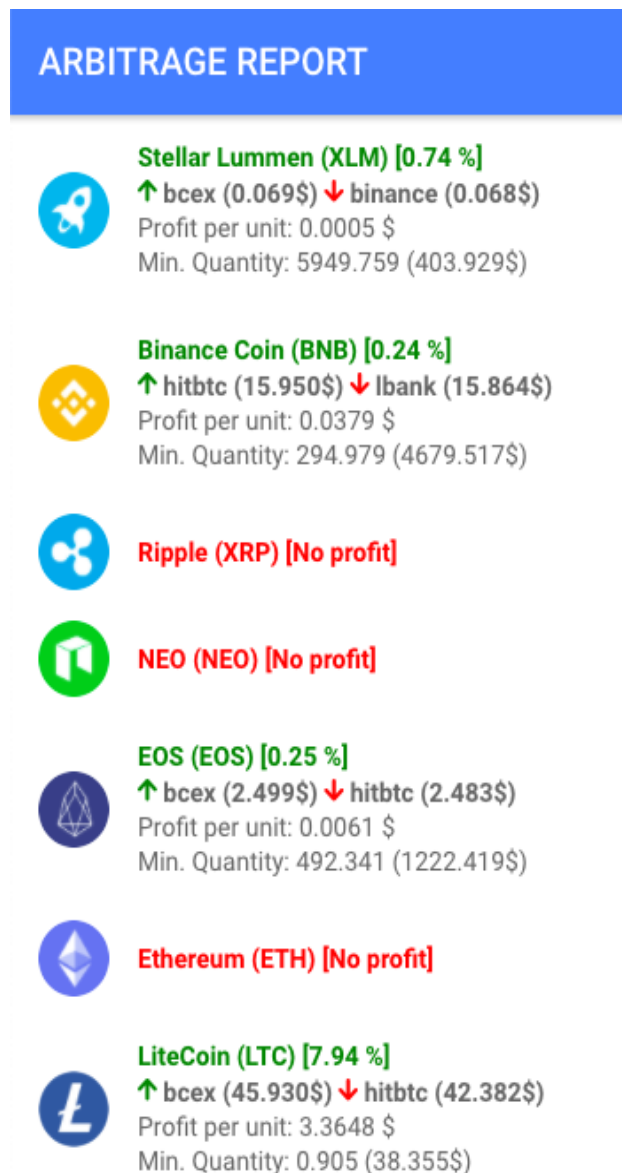


Ilustración 39 - Reporte de criptomonedas tomado el día 25 de Junio de 2020 a las 14:35

En la ilustración 39 se pueden observar datos más recientes, tomados este año 2020. En ellos se puede observar que sigue existiendo la posibilidad de aplicar arbitraje ya que todavía los diferentes mercados muestran diferentes precios para una determinada criptomoneda.

Lo mismo ocurre con la ilustración 40 donde se pueden observar oportunidades de arbitraje claras sobre dos criptomonedas y con beneficios cercanos o superiores al 4%.

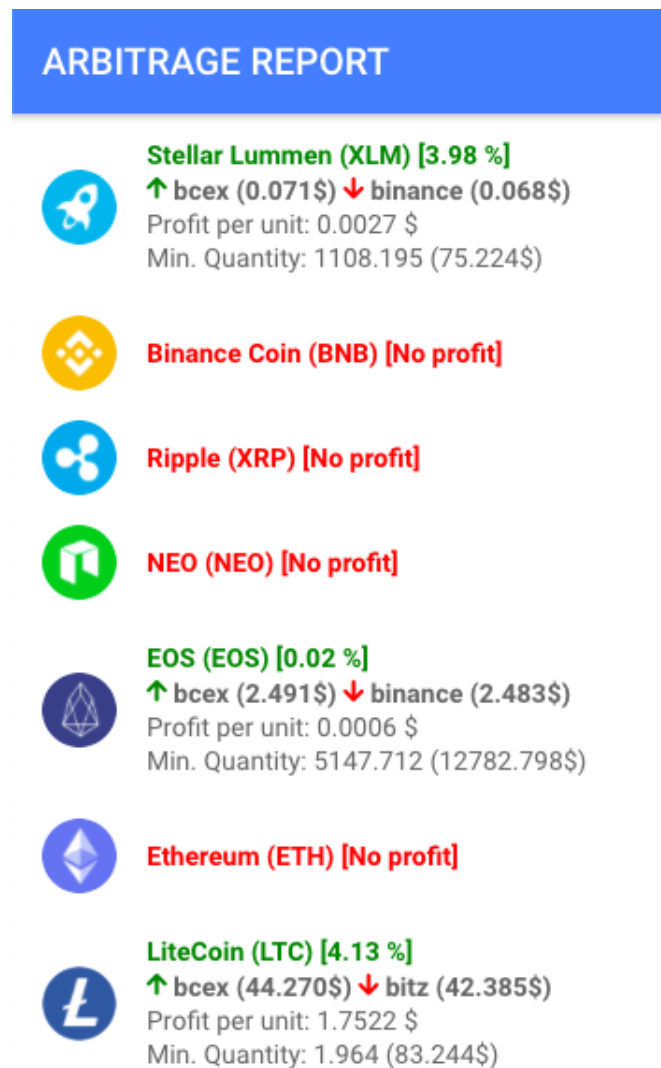


Ilustración 40 - Reporte de criptomonedas el día 25 de Junio de 2020 a las 18:30

La principal diferencia entre las dos ilustraciones anteriores es el cambio de las criptomonedas que podrían ser objeto de arbitraje. Entre los dos reportes existe un intervalo temporal cercano a las 4 horas. Se puede observar que en ese pequeño lapso de tiempo el escenario ha cambiado, presentándose nuevas oportunidades de arbitraje y regulándose aquellas operaciones que reportaban un alto beneficio por unidad.

A continuación, se procede a realizar una comparación en tiempo real de los valores que presenta la aplicación comparados con los valores que marca la casa de intercambio. En la ilustración 41 se representa la comparativa entre la casa de intercambio BcEx y el valor que muestra la aplicación.

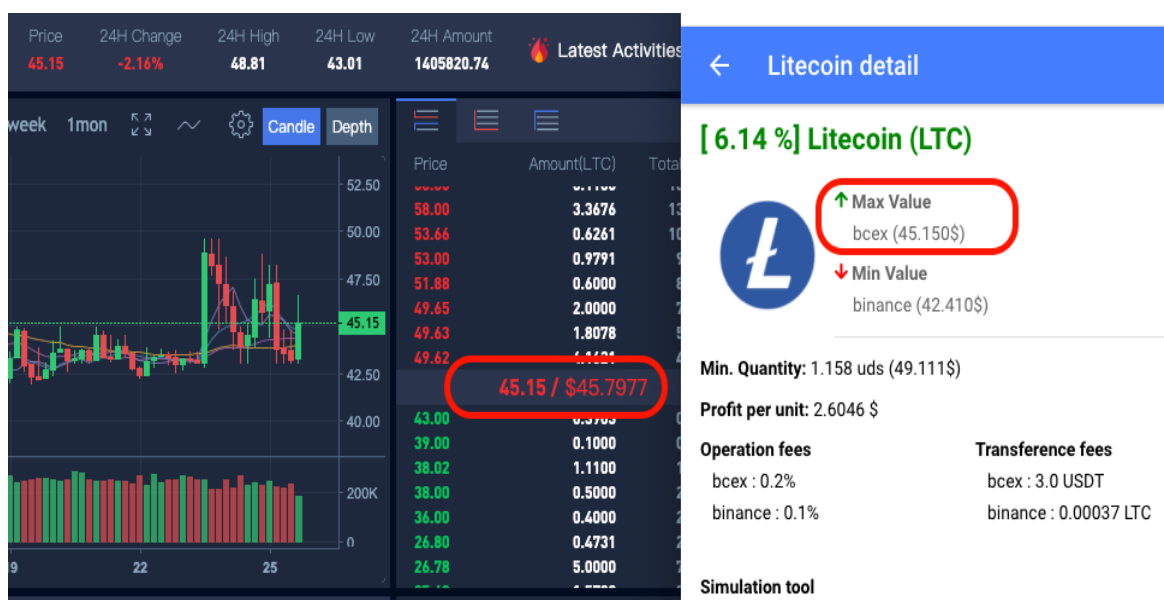


Ilustración 41- Comparativa valor BcEx con valor aplicación para LTC

Sobre la imagen anterior se puede ver que el valor es el mismo entre la aplicación y la casa de intercambio, confirmando el correcto funcionamiento de la API Rest para esta Exchange determinada. Cabe destacar en este punto que todas las API REST han sido probadas y funcionan correctamente.

Así mismo, en la ilustración 42 se repite la comparativa para la otra casa de intercambio que está involucrada en la operación de arbitraje, en este caso proporcionando el valor mínimo para la criptomoneda.

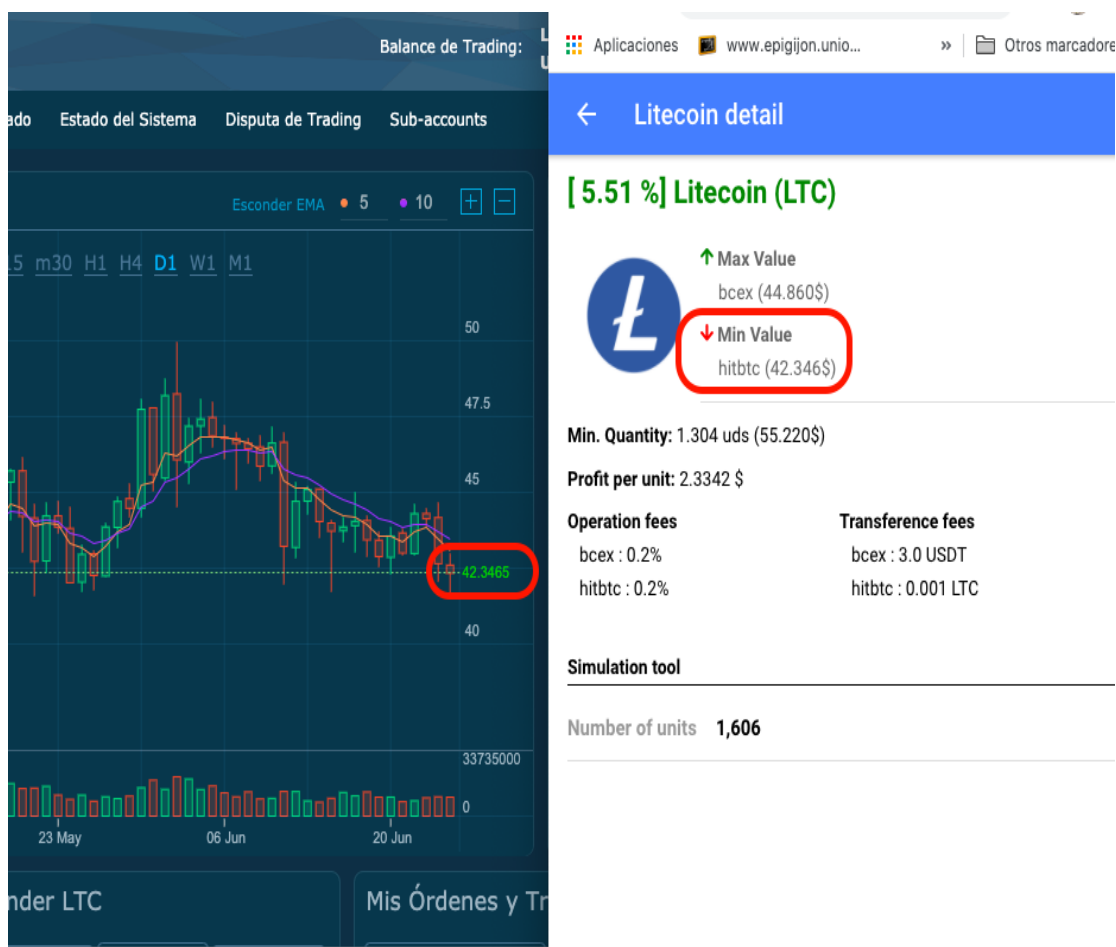


Ilustración 42 - Comparativa de valor entre HitBTC y la aplicación para LTC

Sobre la ilustración 42 se vuelve a comprobar el correcto funcionamiento de la aplicación y de la API REST sobre la que realiza las peticiones para obtener el valor de la criptomoneda. Cabe destacar que en los escasos diez minutos que existen entre capturas de pantalla, la casa de intercambio que proporciona el precio mínimo ha cambiado, pasando de ser Binance a HitBTC. También ha cambiado el beneficio potencial por unidad en caso de realizarse la operación de arbitraje.

Los cambios en los valores de la operación con tanta rapidez hacen aún más imprescindible la correcta definición de la estrategia de arbitraje. Además, profundizan en la importancia de diferenciar entre la fase de compra / venta y la fase de transferencia dentro de la operación de arbitraje puesto que, como se ha podido ver en las ilustraciones 41 y 42, el mercado está en constante movimiento y esto hace sumamente importante cerrar las operaciones de compra/ venta lo más rápido posible para evitar alteraciones en el precio.

5.4 Inconvenientes encontrados mediante el uso de la aplicación

Durante la fase de desarrollo y posterior análisis se han detectado una serie de problemas debidos al uso de la aplicación y de la propia operativa de arbitraje. En esta sección se analizarán todos ellos proponiendo, en el caso de que sea posible una solución para los mismos.

El primer problema que se observó es que, al intentar acceder desde varios dispositivos, la respuesta de la aplicación era más lenta de lo esperado. Esto posiblemente sea debido a que la máquina donde se están ejecutando los servicios no sea capaz de proveer dichos servicios con la suficiente velocidad.

Como solución a este punto se puede modificar la estructura de los servicios para que el servidor acepte una ejecución multihilo y poder así dar soporte a varias sesiones en paralelo. Otra opción sería el re-escalado de la máquina a una instancia más potente como se propone en la sección 7. *Futuras mejoras*. En cualquier caso, la arquitectura definida hasta la fecha y la instancia seleccionada son suficientes para realizar esta prueba de concepto.

El segundo de los inconvenientes encontrados se anticipó en la sección anterior y consiste en la imposibilidad de realizar ingresos o retiradas en una casa de intercambio cuando esta detecta que tiene un precio demasiado diferente al precio que estipulan el resto de casas de intercambio.

En la ilustración 43 se pueden observar un conjunto de criptomonedas que tienen bloqueado tanto la retirada como el depósito debido a que sus precios no concuerdan con el resto de casas de intercambio, corriendo el riesgo de que la casa de intercambio tenga una fuga de capital hacia otras exchanges que proporcionen un mejor precio para la misma criptomoneda.

DAX	0.00000000	0.00000000	0.00000000	Deposit	Withdrawal	Trade
DCCY	0.00000000	0.00000000	0.00000000	Deposit	Withdrawal	Trade
DCON	0.00000000	0.00000000	0.00000000	Suspend	Suspend	Trade
DOGE	0.00000000	0.00000000	0.00000000	Deposit	Withdrawal	Trade
DRCT	0.00000000	0.00000000	0.00000000	Deposit	Withdrawal	Trade
ELA	0.00000000	0.00000000	0.00000000	Suspend	Suspend	Trade
ELF	0.00000000	0.00000000	0.00000000	Deposit	Withdrawal	Trade
EMC2	0.00000000	0.00000000	0.00000000	Deposit	Withdrawal	Trade
EON	0.00000000	0.00000000	0.00000000	Suspend	Suspend	Trade
EOS	0.00000000	0.00000000	0.00000000	Suspend	Suspend	Trade
EOSDAC	0.00000000	0.00000000	0.00000000	Suspend	Suspend	Trade
EPR	0.00000000	0.00000000	0.00000000	Deposit	Withdrawal	Trade
ETC	0.00000000	0.00000000	0.00000000	Suspend	Suspend	Trade
ETF	0.00000000	0.00000000	0.00000000	Suspend	Suspend	Trade
EVS	0.00000000	0.00000000	0.00000000	Deposit	Withdrawal	Trade
FOFB	0.00000000	0.00000000	0.00000000	Suspend	Withdrawal	Trade

Ilustración 43 - Depósitos y retiradas cerradas para ciertas criptomonedas

La situación expuesta en la ilustración 43 muestra una pequeña dificultad para completar la operación de arbitraje, pero no impide realizarla. Esto se debe a que pese a estar cerradas las opciones de retirada y depósito para una determinada criptomoneda se sigue pudiendo realizar operaciones de compra y venta sobre la misma.

Nuevamente y gracias a la correcta definición de la estrategia de arbitraje, se podría realizar la operativa una única vez, realizando la fase de la compra y la venta en cualquier momento, y la fase de la transferencia en el momento en el que la casa de intercambio que bloqueaba las retiradas y depósitos restaure la normalidad.

Otro de los problemas encontrados ha sido en el momento de intentar realizar pruebas reales sobre ciertas casas de intercambio. Se ha intentado realizar una compra de criptomonedas XLM o Stellar Lumen sobre la casa de intercambio BDEX. Durante esas pruebas realizadas bajo las circunstancias marcadas han aparecido dos nuevos problemas.

El primero de todos es la existencia de Bots dentro de la casa de intercambio. Se entiende como Bot en este contexto un proceso automático que realiza operaciones sin la necesidad de iteración humana. La existencia de estos Bots dentro de la casa de intercambio empezó a ser un problema en el momento en el que intenté abrir una orden de compra de unas determinadas unidades para la criptomoneda XLM. Tras fijar el precio pude observar como una de las órdenes de compra que se encontraban abiertas en el momento del inicio de la prueba se cerró automáticamente y se volvió a abrir ofertando un precio mejor que el mío.

Cancelé la orden varias veces y la volví a abrir mejorando el precio que ponía el bot, pero el resultado siempre era el mismo, el bot cerraba su posición y la volvía a abrir mejorando mi precio.

Ante este problema no existe solución aparente. Bien es cierto que puede que la casa de intercambio donde he intentado realizar las pruebas puede no tener el volumen necesario como para que la presencia de bots no sea irrelevante y que dicho problema con el volumen esté relacionado con la falta de órdenes de compra y venta.

El segundo de los problemas que tuve a la hora de realizar pruebas sobre dicha casa de intercambio fue precisamente la falta de órdenes de compra y venta. Sobre una nueva criptomoneda que no parecía tener ningún bot, intente realizar la compra de varias unidades al precio que me marcaba la aplicación. El resultado no fue positivo ya que no conseguí completar ninguna de las ordenes que generé para adquirir las criptomonedas.

La solución a ambos problemas reside en utilizar otro tipo de casas de intercambio que tengan una mayor fiabilidad y mayor volumen.

5.5 Análisis sobre los objetivos definidos en el alcance

Sobre los objetivos definidos en el comienzo de este documento se puede afirmar que se han cumplido todos los definidos en el alcance de este proyecto.

A) **Investigación de las oportunidades de arbitraje con criptomonedas.**

Se ha realizado un proceso de monitorización sobre varias criptomonedas y varias casas de intercambio con el fin de obtener, en pasos posteriores, un conjunto de activos y *Exchange* que posean un potencial suficiente como para conseguir aplicar la estrategia de arbitraje sobre ellos.

Además, se han valorado diversos modelos de arbitraje y se han estudiado los problemas que genera cada uno de ellos. Todos los problemas se han ido solucionando, dando lugar a un modelo de arbitraje teórico que satisface las necesidades para aplicar la estrategia correctamente. También se ha indicado un modelo de arbitraje alternativo que, aunque no se ha estudiado en detalle, también satisface los requisitos para aplicar la estrategia.

Por último, se han identificado varios problemas que podrían surgir en el caso de realizar operaciones de arbitraje en un entorno real y se han propuesto soluciones para tratar de mitigar dichas consecuencias

B) **Desarrollo de una herramienta de visualización**

Se ha implementado la arquitectura definida en la sección 4.1 Arquitectura de la solución con el fin de desarrollar una aplicación multiplataforma, optimizada para móvil. Esta aplicación permite visualizar en tiempo real los valores de precio máximo y mínimo que existen para una misma criptomoneda comparadas con varias casas de intercambio. En el caso de que exista una diferencia suficiente que pueda llegar a permitir el arbitraje, se muestra sobre la aplicación los beneficios potenciales de realizar la operación, así como el número mínimo de unidades con las que se debe de operar para que los beneficios sean positivos y las casas de intercambio donde se debe realizar la operación.

La aplicación desarrollada permite, además ver en detalle las comisiones de operación y transferencia que tiene cada casa de intercambio que está potencialmente involucrada en el arbitraje.

Por último, se ha desarrollado también un sistema de simulación simple que permite, en el caso de que se den las condiciones para realizar arbitraje, calcular los beneficios por operación teniendo en cuenta un número de unidades que define el usuario y las comisiones y precios de las casas que actualmente dan la situación idónea para el arbitraje.

6 Conclusiones

Revisando la aplicación de forma continuada y bajo el conjunto de criptomonedas y casas de intercambio estudiadas, se puede observar que **existe la posibilidad de aplicar estrategias de arbitraje sobre el mercado de las criptomonedas.**

Las potenciales operaciones de arbitraje a realizar dependen de la criptomoneda y por lo general **no reportan un amplio margen de beneficio.** Normalmente los beneficios suelen rondar el 1% y rara vez superan el 10%.

Así mismo, **la cantidad de monedas mínimas necesarias para realizar la operación y que este tenga un beneficio positivo, suele ser bastante elevada,** teniendo que realizar una inversión bastante grande para recibir unos beneficios no superiores al 2%. Esto hace que los pequeños inversores no puedan explotar la estrategia de arbitraje de la misma forma que lo haría un inversor con un gran capital.

Como **parte positiva** se ha de recalcar que la aplicación de estrategias de arbitraje, concretamente con los modelos definidos anteriormente, tienen un **riesgo muy bajo** en comparación con otro tipo de estrategias como el Trading. En el momento en el que se cierran las órdenes de compra y venta, y por tanto se supera el momento crítico de la operación, se puede asegurar el beneficio de la operación, independientemente del tiempo que tarden en realizarse las transferencias de los activos entre las diferentes casas de intercambio. Además, la relación entre los beneficios y el riesgo que se corre por operación están bastante bien.

7 Futuras mejoras

En esta sección se propone una serie de mejoras que, tras comprobar que es posible realizar el arbitraje con criptomonedas, se procederían a aplicar sobre el sistema existente.

- **Aumento de la potencia de las máquinas contratadas.**

Actualmente debido a la no criticidad de tener los valores actualizados con una frecuencia demasiado alta se está utilizando, como se indicó en la sección 4.1.1 Arquitectura en el servidor, una máquina gratuita proporcionada por AWS. Esta máquina cumple el objetivo marcado para el estudio de viabilidad, pero si se quiere explotar este estudio de manera profesional o simplemente se desea operar basándose en la información generada por la aplicación se necesita un aumento en la potencia de la máquina contratada.

Con una máquina con mejores características y una mejor disposición de red se puede aumentar la frecuencia de llamadas a la API REST que se realiza desde la aplicación de visualización y obtener así los valores actualizados constantemente.

- **Creación de un proceso para automatizar las comisiones.**

Actualmente las comisiones se extraen de forma manual de las diferentes casas de intercambio y se introducen en base de datos para que puedan ser utilizadas para calcular el beneficio potencial que genera una operación de arbitraje.

Una futura mejora sería la implementación de un proceso de ejecución semanal que, utilizando o bien técnicas de scraping o haciendo uso de la API REST en el caso de que el servicio esté disponible, permita obtener las comisiones actualizadas en el momento de la consulta.

Este sistema no sería costoso de implementar y puede aportar una mayor precisión a la aplicación ya que se estaría obteniendo datos de comisiones por operación, retirada o depósito actualizadas.

- **Repetir el estudio únicamente con casas de intercambio grandes**

Con el objetivo de operar sobre casas de intercambio totalmente fiables y con gran volumen como Coinbase o Kraken. Estas casas de intercambio posiblemente no reporten un beneficio tan grande como lo harían las casas de intercambio que son objeto de este estudio, pero tienen un plus de confianza y aseguran en parte que, en el caso de existir la posibilidad de aplicar arbitraje, la operación se va a cumplir sin ninguno de los problemas identificados en secciones pasadas.

- **Creación de una herramienta de automatización del arbitraje.**

Esta ambiciosa mejora pretende automatizar el proceso de operación siguiendo la estrategia del arbitraje con criptomonedas. Se apoya básicamente en el pilar de que todas las casas de intercambio que aparecen en la aplicación de visualización tienen una API que permite realizar órdenes de compra y venta en las respectivas plataformas de intercambio.

Las operaciones de transferencia son soportadas en un conjunto menor de casas de intercambio y, en el caso de llegar a desarrollarse esta mejora, esa funcionalidad requiere de un estudio más a fondo con el objeto de encontrar las casas de intercambio óptimas.

Apoyándose en el estudio realizado en este documento se pueden definir parámetros y condiciones sobre las cuales el sistema desarrollado en la mejora debería actuar y realizar las operaciones entre las diferentes casas de intercambio que presenten la posibilidad de permitir el arbitraje.

- **Integración de un sistema de notificaciones.**

De forma relativamente sencilla se puede implementar sobre el sistema actual un sistema de notificaciones que envíe un correo electrónico o un SMS cada vez que el porcentaje de beneficio por unidad supere un porcentaje predeterminado.

Actualmente existen muchos clientes de correo electrónicos de sencilla implementación en múltiples lenguajes de programación por lo que no debería ser muy complicado añadirlo.

8 Referencias

[1] – Makarova I. & Schoarb, A (2020) Trading and Arbitrage in Cryptocurrency Markets. Journal of Financial Economics

[2] - Czapliński, T., & Nazmutdinova, E. (2019). Using FIAT currencies to arbitrage on cryptocurrency exchanges. Journal of International Studies, 12(1), 184-192. doi:10.14254/2071-8330.2019/12-1/12

[3] – Yago Montero Castellanos. Arbitraje financiero. Consulta realizada sobre qué es el arbitraje financiero. Recuperado de día 15 de Junio de 2019. <https://economipedia.com/definiciones/arbitraje-financiero.html>

[4] – What is a cryptocurrency exchange. Consulta realizada acerca de que son las casas de intercambio. Recuperado el 15 de Junio de 2019. <https://cryptocurrencyfacts.com/what-is-a-cryptocurrency-exchange/>

[5] – Amazon Web Services. Qué es Amazon Web Services. Definición recuperada de la Wikipedia el día 20 de Junio de 2019. https://es.wikipedia.org/wiki/Amazon_Web_Services

[6] – What is Ionic Framework? – Documentación sobre la plataforma de desarrollo de IONIC. Recuperado el 23 de Junio de 2019 <https://ionicframework.com/docs/intro>

[7] – Stellar – Sitio web de la criptomoneda Stellar Lumen (XLM). Consultada por última vez el día 1 de Junio de 2020. <https://www.stellar.org/>

[8] – Ripple(XRP)- Sitio web de la criptomoneda Ripple(XRP). Consultada por última vez el día 1 de Junio de 2020. <https://ripple.com/xrp/>

[9] – EOSIO(EOS) - Sitio web de la criptomoneda EOSIO (EOS). Consultada por última vez el día 1 de Junio de 2020. <https://eos.io/>

[10] – TRON - Sitio web de la criptomoneda TRON(TRX). Consultada por última vez el día 1 de Junio de 2020. <https://tron.network/>

[11] – NEO - Sitio web de la criptomoneda Ripple(NEO). Consultada por última vez el día 1 de Junio de 2020. <https://neo.org/>

[12] – Ethereum - Sitio web de la criptomoneda Ethereum(ETH). Consultada por última vez el día 1 de Junio de 2020. <https://www.ethereum.org/>

[13] – Litecoin - Sitio web de la criptomoneda Litecoin(LTC). Consultada por última vez el día 1 de Junio de 2020. <https://litecoin.org/>

[14] – BCEX – Sitio web de la casa de intercambio BCEX. Consultada por última vez el día 5 de Junio de 2020. <https://www.bcx.ca/>

[15] – Binance - Sitio web de la casa de intercambio Binance. Consultada por última vez el día 5 de Junio de 2020. <https://www.binance.com/es/>

[16] – BitForex - Sitio web de la casa de intercambio BitForex. Consultada por última vez el día 5 de Junio de 2020. <https://www.bitforex.com/>

[17] – Bit-Z - Sitio web de la casa de intercambio BitZ. Consultada por última vez el día 5 de Junio de 2020. <https://www.bitz.com/>

[18] – BKEx - Sitio web de la casa de intercambio BKEx. Consultada por última vez el día 5 de Junio de 2020. <https://www.bkex.com/>

[19] – HitBTC - Sitio web de la casa de intercambio HitBTC. Consultada por última vez el día 5 de Junio de 2020. <https://hitbtc.com/>

[20] – LBank - Sitio web de la casa de intercambio LBank. Consultada por última vez el día 5 de Junio de 2020. <https://www.lbank.info/>

[21] – Latoken - Sitio web de la casa de intercambio Latoken. Consultada por última vez el día 5 de Junio de 2020. <https://latoken.com/>.

ANEXO I

Código de los servicios corriendo en AWS realizado en python

```

#Importaciones
from flask import Flask, request
import mysql.connector
import json
from flask_basicauth import BasicAuth
import requests
app = Flask(__name__)

#Configuración seguridad
app.config['BASIC_AUTH_USERNAME'] = '*****'
app.config['BASIC_AUTH_PASSWORD'] = '*****'

from flask_cors import CORS
CORS(app) # Se habilita CORS para evitar problemas con el

basic_auth = BasicAuth(app)

#Definición del servicio allcoins que retorna el ultimo resultado para todas las criptos
(PROCESO MONITORIZACION)
@app.route('/allcoins/')
@basic_auth.required
def coin_exchange_comparison():
    mydb = mysql.connector.connect(
        host="localhost",
        user="*****",
        passwd="*****"
    )
    mycursor = mydb.cursor()
    mycursor.execute("SELECT * FROM crypto2.all_coins where datesearch = (SELECT
    datesearch FROM crypto2.all_coins order by datesearch desc limit 1) order by profitperunitperc
    desc;")
    myresult = mycursor.fetchall()

    result = []
    for x in myresult:
        data = {}
        data["coinName"] = x[0]
        data["coinSymbol"] = x[1]
        data["coinCommision"] = x[2]
        data["exchangeMaxName"] = x[3]
        data["exchangeMaxValue"] = format(round(float(x[4]),2))
        data["exchangeMinName"] = x[5]
        data["exchangeMinValue"] = format(round(float(x[6]),2))
        data["coinMaxDiff"] = x[7]
        data["minQuantity"] = format(round(float(x[8]),4))
        data["minQuantityPrice"] = format(round(float(x[9]),2))
        data["profitPerUnit"] = format(round(float(x[10]),2))
        data["profitPerUnitPerc"] = format(round(float(x[11]),2))
        data["dateSearch"] = x[12]
        result.append(data)

    print(result)
    mydb.disconnect()
    return(json.dumps(result))

```

#Servicio quee retorna el beneficio potencial que tendrá una operacion de arbitraje y el numero de unidades necesarias.

```
@app.route('/coins/profitperop', methods = ['GET'])
@basic_auth.required
def estimated_profit_per_operation():
    unidadesB = float(request.args.get('unidadesB'))
    com_op_1 = float(request.args.get('com_op_1'))
    com_op_2 = float(request.args.get('com_op_2'))
    com_trans_ab = float(request.args.get('com_trans_ab'))
    com_trans_ba = float(request.args.get('com_trans_ba'))
    precio_a = float(request.args.get('precio_a'))
    precio_b = float(request.args.get('precio_b'))
    unidadesA = (unidadesB + com_trans_ab)/(1-com_op_1) #Unidades necesarias para que
    lleguen a b las unidades puras
    beneficio = (unidadesB * precio_b * (1-com_op_2)) - (unidadesA * precio_a) -
    com_trans_ba
    precio_uds_necesarias = unidadesA*precio_a
    beneficio_perc = (beneficio / precio_uds_necesarias) * 100
    result = {}
    result["unidadesNecesariasA"] = format(round(float(unidadesA), 3))
    result["precioUdsNecesariasA"] = format(round(float(precio_uds_necesarias),2))
    result["beneficioperc"] = format(round(float(beneficio_perc),4))
    result["beneficio"] = format(round(float(beneficio), 2))
    return(json.dumps(result))
```

#Servicio que retorna el número mínimo de unidades requeridas

```
@app.route('/coins/minquantity', methods = ['POST'])
@basic_auth.required
def calculaMinUds():
    com_op_1 = float(request.form['com_op_1'])
    com_op_2 = float(request.form['com_op_2'])
    com_trans_ab = float(request.form['com_trans_ab'])
    com_trans_ba = float(request.form['com_trans_ba'])
    precio_a = float(request.form['precio_a'])
    precio_b = float(request.form['precio_b'])
    com_type_a = str(request.form['com_type_a'])
    com_type_b = str(request.form['com_type_b'])
    minUds = ((-precio_b * com_op_2 * com_trans_ab) + (precio_b*com_trans_ab) +
    com_trans_ba) / ((precio_b * com_op_1 * com_op_2) - (precio_b*com_op_1) -
    (precio_b*com_op_2) - precio_a + precio_b)
    profitperunit = (((1 + minUds) * (1 - com_op_1)) - com_trans_ab) * precio_b * (1 -
    com_op_2) - ((1 + minUds) * precio_a) - com_trans_ba
    result = {}
    result["minUds"] = format(round(float(minUds), 3))
    result["profitperunit"] = format(round(float(profitperunit), 4))
    return(json.dumps(result))
```

#Servicio que retorna dada una moneda determinada el detalle de la operacion de arbitraje [No se utiliza]

```
@app.route('/coins/livecoin', methods = ['GET'])
@basic_auth.required
```

```

def liveCoins():
    coin = request.args.get('coin')
    exchange_min = request.args.get('exchange_min')
    exchange_max = request.args.get('exchange_max')
    exchangeMDTablePos = ['exchangeName','com_op','com_trans_xlm','com_trans_usdt',
'com_trans_xrp','com_trans_eos','com_trans_bnb',
'com_trans_trx','com_trans_neo','com_trans_eth','com_trans_ltc','com_trans_atom','url','com_ty
pe']
    mydb = mysql.connector.connect(
        host="localhost",
        user="*****",
        passwd="*****"
    )
    mycursor = mydb.cursor()
    mycursor.execute(
        "SELECT * FROM crypto2.ExchangeMD where exchangeName =" +
exchange_min+"";")
    myresult = mycursor.fetchall()

    exchange_min_url = myresult[0][exchangeMDTablePos.index('url')]
    exchange_min_com_type = myresult[0][exchangeMDTablePos.index('com_type')]
    exchange_min_com_op = myresult[0][exchangeMDTablePos.index('com_op')]
    exchange_min_com_trans =
myresult[0][exchangeMDTablePos.index('com_trans_'+coin.lower())]
    exchange_min_url = procesaURLbyExchangeCoin(exchange_min, coin,
exchange_min_url)

    mycursor = mydb.cursor()
    mycursor.execute(
        "SELECT * FROM crypto2.ExchangeMD where exchangeName =" +
exchange_max+"";")
    myresult = mycursor.fetchall()

    exchange_max_url = myresult[0][exchangeMDTablePos.index('url')]
    exchange_max_com_type = myresult[0][exchangeMDTablePos.index('com_type')]
    exchange_max_com_op = myresult[0][exchangeMDTablePos.index('com_op')]
    exchange_max_com_trans =
myresult[0][exchangeMDTablePos.index('com_trans_usdt')]
    exchange_max_url = procesaURLbyExchangeCoin(exchange_max, coin,
exchange_max_url)
    r_exchange_min = requests.get(url=exchange_min_url, headers={'User-Agent':
'Mozilla/5.0'})
    r_exchange_max = requests.get(url=exchange_max_url, headers={'User-Agent':
'Mozilla/5.0'})
    data_exchange_min = r_exchange_min.json()
    data_exchange_max = r_exchange_max.json()
    precio_exchange_min = procesaDataResultByExchange(exchange_min,
data_exchange_min)
    precio_exchange_max = procesaDataResultByExchange(exchange_max,
data_exchange_max)
    URL_PY = "http://localhost/coins/minquantity"
    data = {'com_op_1': exchange_min_com_op,
'com_op_2': exchange_max_com_op,
'com_trans_ab': exchange_min_com_trans,
'com_trans_ba': exchange_max_com_trans,
'precio_a': precio_exchange_min,
'precio_b': precio_exchange_max,
'com_type_a': exchange_min_com_type,
'com_type_b': exchange_max_com_type}
    r = requests.post(url=URL_PY, auth=(*****, *****), data=data)

```

```

response = r.json()
ppuperc = (float(response['profitperunit']) / float(precio_exchange_min)) * 100
data = {}
data["minUds"] = response['minUds']
data["ppu"] = response['profitperunit']
data["ppuperc"] = ppuperc
data["price_a"] = precio_exchange_min
data["price_b"] = precio_exchange_max
return (json.dumps(data))

```

Detalle de la criptomoneda XLM

```

@app.route('/coins/xlmlivlimited', methods = ['GET'])
@basic_auth.required
def xlmlivlimited():
    #exchange_xlm = ['binance', 'bitforex', 'bcex', 'bitz', 'hitbtc']
    exchange_xlm = ['binance', 'bitforex', 'bcex', 'bitz']
    coin = 'xlm'
    data = coinlivlimited(coin,exchange_xlm)
    return(json.dumps(data))

```

Detalle de la criptomoneda BNB

```

@app.route('/coins/bnblivlimited', methods = ['GET'])
@basic_auth.required
def bnblivlimited():
    #exchange_bnb = ['binance', 'bitz', 'bkex', 'hitbtc', 'lbank']
    exchange_bnb = ['binance', 'bitz', 'hitbtc', 'lbank', 'bitforex']
    coin = 'bnb'
    data = coinlivlimited(coin,exchange_bnb)
    return(json.dumps(data))

```

Detalle de la criptomoneda XRP

```

@app.route('/coins/xrplivlimited', methods = ['GET'])
@basic_auth.required
def xrplivlimited():
    exchange_xrp = ['binance', 'bcex', 'bitz', 'hitbtc', 'bitforex']
    coin = 'xrp'
    data = coinlivlimited(coin,exchange_xrp)
    return(json.dumps(data))

```

Detalle de la criptomoneda NEO

```

@app.route('/coins/neolivlimited', methods = ['GET'])
@basic_auth.required
def neolivlimited():
    #exchange_neo = ['binance','bitforex', 'bitz', 'bkex', 'lbank']
    exchange_neo = ['binance','bitforex', 'bitz', 'lbank']
    coin = 'neo'
    data = coinlivlimited(coin,exchange_neo)
    return(json.dumps(data))

```

Detalle de la criptomoneda EOS

```

@app.route('/coins/eoslivlimited', methods = ['GET'])
@basic_auth.required
def eoslivlimited():
    #exchange_eos = ['binance', 'bcex', 'bitz', 'bkex', 'lbank', 'hitbtc']
    exchange_eos = ['binance', 'bcex', 'bitz', 'lbank', 'hitbtc', 'bitforex']
    coin = 'eos'
    data = coinlivlimited(coin,exchange_eos)

```

```

        return(json.dumps(data))

# Detalle de la criptomoneda ETH
@app.route('/coins/ethlivelimited', methods = ['GET'])
@basic_auth.required
def ethlivelimited():
    #exchange_eth = ['binance', 'bitforex', 'bitz', 'bkex', 'lbank', 'hitbtc']
    exchange_eth = ['binance', 'bitforex', 'bitz', 'lbank', 'hitbtc', 'bcex']
    coin = 'eth'
    data = coinlivelimited(coin,exchange_eth)
    return(json.dumps(data))

# Detalle de la criptomoneda LTC
@app.route('/coins/lctlivelimited', methods = ['GET'])
@basic_auth.required
def lctlivelimited():
    #exchange_ltc = ['binance', 'bitforex', 'bitz', 'bkex', 'hitbtc']
    exchange_ltc = ['binance', 'bitforex', 'bitz', 'hitbtc', 'bcex']
    coin = 'ltc'
    data = coinlivelimited(coin,exchange_ltc)
    return(json.dumps(data))

def coinlivelimited(coin, exchange_list):
    exchangeMDTablePos = ['exchangeName', 'com_op', 'com_trans_xlm', 'com_trans_usdt',
'com_trans_xrp', 'com_trans_eos', 'com_trans_bnb', 'com_trans_trx',
'com_trans_neo', 'com_trans_eth', 'com_trans_ltc', 'com_trans_atom', 'url', 'com_type']
    mydb = mysql.connector.connect(
        host="localhost",
        user="*****",
        passwd="*****")
    mycursor = mydb.cursor()
    price_max = 0.0
    price_min = 100000.0
    for exchange in exchange_list:
        mycursor.execute("SELECT * FROM crypto2.ExchangeMD where exchangeName
=" + exchange + ";")
        myresult = mycursor.fetchall()
        exchange_url = myresult[0][exchangeMDTablePos.index('url')]
        exchange_url = procesaURLbyExchangeCoin(exchange, coin, exchange_url)
        r_exchange = requests.get(url=exchange_url, headers={'User-Agent':
'Mozilla/5.0'})
        data_exchange = r_exchange.json()
        precio_exchange = procesaDataResultByExchange(exchange, data_exchange)
        if precio_exchange != "-1":
            if precio_exchange > price_max:
                price_max = precio_exchange
                exchange_max_data = {
                    "exchange_name" : exchange,
                    "exchange_price" : precio_exchange,
                    "exchange_com_op" :
myresult[0][exchangeMDTablePos.index('com_op')],
                    "exchange_com_trans_ba":
myresult[0][exchangeMDTablePos.index('com_trans_usdt')],
                    "exchange_com_type":
myresult[0][exchangeMDTablePos.index('com_type')]
                }

            if (float(precio_exchange) < float(price_min)):
                price_min = precio_exchange

```

```

        exchange_min_data = {
            "exchange_name" : exchange,
            "exchange_price" : precio_exchange,
            "exchange_com_op" :
myresult[0][exchangeMDTablePos.index('com_op')],
            "exchange_com_trans_ab":
myresult[0][exchangeMDTablePos.index('com_trans_' + coin.lower())],
            "exchange_com_type":
myresult[0][exchangeMDTablePos.index('com_type')]
        }

URL_PY = "http://localhost/coins/minquantity"
data = {'com_op_1': exchange_min_data["exchange_com_op"],
        'com_op_2': exchange_max_data["exchange_com_op"],
        'com_trans_ab': exchange_min_data["exchange_com_trans_ab"],
        'com_trans_ba': exchange_max_data["exchange_com_trans_ba"],
        'precio_a': exchange_min_data["exchange_price"],
        'precio_b': exchange_max_data["exchange_price"],
        'com_type_a': exchange_min_data["exchange_com_type"],
        'com_type_b': exchange_max_data["exchange_com_type"]}
r = requests.post(url=URL_PY, auth=('user_19', 'pythonapicoin19!'), data=data)
response = r.json()
ppuperc = (float(response['profitperunit']) / float(exchange_min_data["exchange_price"] ))
* 100
data = {}
data["minUds"] = response["minUds"]
data["ppu"] = response["profitperunit"]
data["ppuperc"] = ppuperc
data["exchange_min"] = str(exchange_min_data["exchange_name"])
data["exchange_max"] = str(exchange_max_data["exchange_name"])
data["price_min"] = str(exchange_min_data["exchange_price"])
data["price_max"] = str(exchange_max_data["exchange_price"])
data["com_op_min"] = str(exchange_min_data["exchange_com_op"])
data["com_op_max"] = str(exchange_max_data["exchange_com_op"])
data["com_trans_ab"] = str(exchange_min_data["exchange_com_trans_ab"])
data["com_trans_ba"] = str(exchange_max_data["exchange_com_trans_ba"])
data["minUdsPrice"] =
str(float(response["minUds"])*float(exchange_min_data["exchange_price"]))
return (data)

def procesaURLbyExchangeCoin(exchange, coin, url):
    url = str(url)
    if(exchange == "bcex"):
        url = url + "market=USDT&token="+str(coin).upper()
    if(exchange == "binance"):
        url = url + str(coin).upper()+"USDT"
    if(exchange == "bitz"):
        url = url + str(coin).lower()+"_usdt"
    if(exchange == "bkex"):
        url = url + str(coin).upper()+"_USDT"
    if(exchange == "lbank"):
        url = url + str(coin).lower()+"_usdt"
    if(exchange == "bitforex"):
        url = url + str(coin).lower()
    if(exchange == "hitbtc"):
        if (str(coin).upper() != "XRP"):
            url = url + str(coin).upper() + "USD"
        else:
            url = url + str(coin).upper() + "USDT"
    return url

```



```

def procesaDataResultByExchange(exchange, data):
    if(exchange == "binance"):
        if 'price' in data:
            result = data['price']
        else:
            result = "-1"
    if(exchange == "bcex"):
        if 'data' in data:
            result = data['data'][0]['price']
        else:
            result = "-1"
    if(exchange == "bitz"):
        if 'data' in data:
            result = data['data']['now']
        else:
            result = "-1"
    if(exchange == "bkex"):
        if 'data' in data:
            result = data['data']['price']
        else:
            result = "-1"
    if(exchange == "lbank"):
        if 'ticker' in data:
            result = data['ticker']['latest']
        else:
            result = "-1"
    if(exchange == "bitforex"):
        if 'bitforex' in data:
            result = data['data']['last']
        else:
            result = "-1"
    if(exchange == "hitbtc"):
        if 'last' in data:
            result = data['last']
        else:
            result = "-1"
    return result

if __name__ == '__main__':
    app.run(host='0.0.0.0', port = 80)

```

Código del proceso de monitorización realizado en R

```

if(!require(rvest))
  install.packages("rvest", repos='http://cran.us.r-project.org'); library(rvest)

if(!require(DBI))
  install.packages("DBI", repos='http://cran.us.r-project.org'); library(DBI)

if(!require(RMySQL))
  install.packages("RMySQL", repos='http://cran.us.r-project.org'); library(RMySQL)

source("DataExtractionUtils.R")
source("AllExchangesCoin.R")

```

```

source("FIATExchangeCoin.R")

#Global variables
volume = 1
updated= "Recently"
blackListExchange = c("Fatbtc")

minimumQuantityNonFIAT <- function(df, commision, commisionColdA, commisionBCold){
  max_name <- df$exchange_max_name[1]
  min_name <- df$exchange_min_name[1]
  max_value <- as.numeric(df$exchange_max_value[1])
  min_value <- as.numeric(df$exchange_min_value[1])
  min_quantity <- ((0.999*min_value*max_value*commision) + (min_value*commisionBCold) +
(0.998001*max_value*commisionColdA)) / (-min_value^2 + 0.998001*min_value*max_value)
  price_min_quantity <- min_value * min_value
  profit_per_unit <- (((0.999*(min_value*(min_quantity + 1) - commisionColdA))/ min_value) -
commision) * max_value * 0.999 - commisionBCold - ((min_quantity + 1)*min_value)
  price_min_quantity <- format(round(price_min_quantity, 2), nsmall = 2)
  profit_per_unit <- format(round(profit_per_unit, 8), nsmall = 8)
  df_res <- data.frame(min_quantity=min_quantity)
  df_res$price_min_quantity <- price_min_quantity
  df_res$profit_per_unit <- profit_per_unit
  return(df_res)
}

createConnDB <- function(env='local'){
  if (env == 'local'){
    conn <- dbConnect(
      drv = RMySQL::MySQL(),
      dbname = "crypto2",
      host = "127.0.0.1",
      username = "*****",
      password = "*****")
  }

  return(conn)
}

#Selección inicial de criptos y exchanges
initial_load_names <- c("bitcoin", "ethereum", "ripple", "bitcoin-cash", "litecoin", "eos", "binance-
coin", "stellar", "cardano", "tron", "monero", "dash", "cosmos", "iota", "neo", "nem", "zcash")
initial_load_symbol <- c("BTC", "ETH", "XRP", "BCH", "LTC", "EOS", "BNB", "XLM", "ADA", "TRX",
"XMR", "DASH", "ATOM", "IOTA", "NEO", "XEM", "ZEC")
initial_load_commission <- c(0.0005, 0.01, 0.25, 0.01, 0.001, 0.1, 0.005, 0.01, 1, 1, 0.0001,
0.002, 0.005, 0.5, 0, 4, 0.005)
conn <- createConnDB("local")
while(TRUE){
  initial_load <- data.frame(name=initial_load_names, symbol=initial_load_symbol,
comision=initial_load_commission)
  initial_load$maxname <- NA
  initial_load$maxvalue <- NA
  initial_load$minname <- NA
  initial_load$minvalue <- NA
  initial_load$maxdiff <- NA
  initial_load$minquantity <- NA
  initial_load$minquantityprice <- NA
  initial_load$profitperunit <- NA
}

```

```

initial_load$profitperunitperc <- NA
initial_load$datasearch <- Sys.time()

for (i in 1:nrow(initial_load)){
  coin_name <- initial_load[i,]$name
  coin_symbol <- initial_load[i,]$symbol
  coin_commission <- initial_load[i,]$comision
  url <- paste("https://coinmarketcap.com/currencies/", coin_name, "/#markets", sep="")
  wp <- read_html(url) # "https://coinmarketcap.com/currencies/stellar/#markets"
  cp <- html_nodes(wp, "#markets-table")
  cpt <- html_table(cp)[[1]]
  df <- data.frame(source = cpt$Source, price = cpt$Price, pair = cpt$Pair, volume =
as.numeric(substr(cpt$Volume("%)", 1, nchar(cpt$Volume("%))-1)), updated = cpt$Updated)

  pair <- paste(coin_symbol, "/USDT", sep="")
  commission = coin_commission

  df_filter <- df[df$pair == pair,]
  df_filter <- df_filter[df_filter$volume >= volume,]
  df_filter <- df_filter[df_filter$updated == updated,]
  df_filter <- df_filter[!(df_filter$source %in% blacklistExchange),]
  df_filter <- df_filter[, 1:2]
  df_filter$price <- as.numeric(gsub("\\$", "", as.character(df_filter$price)))
  df_filter_diff <- calculateDifferenceALLEXchange(df_filter)

  df_result <- minimumQuantityNonFIAT(df_filter_diff, commission, 0.5)
  print(paste("===== ", coin_name, " ====="))
  print(paste("MAX Name :", df_filter_diff$exchange_max_name))
  print(paste("MAX Value :", df_filter_diff$exchange_max_value))
  print(paste("MIN Name :", df_filter_diff$exchange_min_name))
  print(paste("MIN Value :", df_filter_diff$exchange_min_value))
  print(paste("Difference (BRUTE)", df_filter_diff$max_dif_value))
  print(paste("MIN. QUANTITY :", df_result$min_quantity))
  print(paste("MIN. QUANTITY COST :", df_result$price_min_quantity))
  print(paste("PROFIT PER UNIT :", df_result$profit_per_unit))
  print(paste("% PROFIT P.U :",
(as.numeric(df_result$profit_per_unit)*100)/as.numeric(df_filter_diff$exchange_min_value)))

  print("=====
=====")

  initial_load[i,]$maxname <- as.character(df_filter_diff$exchange_max_name)
  initial_load[i,]$maxvalue <- as.numeric(df_filter_diff$exchange_max_value)
  initial_load[i,]$minname <- as.character(df_filter_diff$exchange_min_name)
  initial_load[i,]$minvalue <- as.numeric(df_filter_diff$exchange_min_value)
  initial_load[i,]$maxdiff <- as.numeric(df_filter_diff$max_dif_value)
  initial_load[i,]$minquantity <- as.numeric(df_result$min_quantity)
  initial_load[i,]$minquantityprice <- as.numeric(df_result$price_min_quantity)
  initial_load[i,]$profitperunit <- as.numeric(df_result$profit_per_unit)
  initial_load[i,]$profitperunitperc <-
as.numeric((as.numeric(df_result$profit_per_unit)*100)/as.numeric(df_filter_diff$exchange_min
_value))
  Sys.sleep(7)
}
dbWriteTable(conn = conn, name = "all_coins", value = initial_load, row.names=FALSE,
append = TRUE)
}

```

Código utilizado en la parte del frontend

Pantalla del listado – HTML (IONIC)

```

<ion-header>
  <ion-navbar color="primary">
    <ion-title>
      ARBITRAGE REPORT
    </ion-title>
  </ion-navbar>
</ion-header>

<ion-content >
  <div id ="loadingdiv" *ngIf="showSpinner==1"><ion-spinner name="crescent"></ion-spinner>
    <p id ="loading">Loading...</p></div>
  <ion-list *ngIf="showSpinner==0">
    <ion-item-sliding>
      <ion-item (click)="goToCoinDetail(XLMCoin, 'Stellar Lummen', 'xlm')">
        <ion-avatar item-start>
          
        </ion-avatar>
        <div *ngIf="XLMCoin.minUds<=0">
          <h3 style="color:red"> <b> Stellar Lummen (XLM) [No profit] </b></h3>
        </div>
        <div *ngIf="XLMCoin.minUds>0" >
          <h3 style="color:green"> <b> Stellar Lummen (XLM) [{{XLMCoin.profit_per_unit_perc}} %] </b>
</h3>

          <p><ion-icon name="arrow-round-up"></ion-icon> <b>{{XLMCoin.exchange_max_name}}
({{XLMCoin.exchange_max_price}}$) </b>
          <ion-icon name="arrow-round-down"></ion-icon> <b>{{XLMCoin.exchange_min_name}}
({{XLMCoin.exchange_min_price}}$) </b>
        </p>
        <p> Profit per unit: {{XLMCoin.profit_per_unit}} $ </p>
        <p>Min. Quantity: {{XLMCoin.minUds}} ({{XLMCoin.minUdsPrice}}$)</p>
      </div>
    </ion-item>
    <ion-item (click)="goToCoinDetail(BNBCoin, 'Binance Coin', 'bnb')">
      <ion-avatar item-start>
        

```

```

</ion-avatar>
<div *ngIf="BNBCoin.minUds<=0">
  <h3 style="color:red"> <b> Binance Coin (BNB) [No profit] </b></h3>
</div>
<div *ngIf="BNBCoin.minUds>0" >
  <h3 style="color:green"> <b> Binance Coin (BNB) [{{BNBCoin.profit_per_unit_perc}} %] </b>
</h3>

  <p><ion-icon name="arrow-round-up"></ion-icon> <b>{{BNBCoin.exchange_max_name}}
({{BNBCoin.exchange_max_price}}$) </b>
  <ion-icon name="arrow-round-down"></ion-icon> <b>{{BNBCoin.exchange_min_name}}
({{BNBCoin.exchange_min_price}}$) </b>
  </p>
  <p> Profit per unit: {{BNBCoin.profit_per_unit}} $ </p>
  <p>Min. Quantity: {{BNBCoin.minUds}} ({{BNBCoin.minUdsPrice}}$)</p>
</div>
</ion-item>
<ion-item (click)="goToCoinDetail(XRPCoin, 'Ripple', 'xrp')">
  <ion-avatar item-start>
    
  </ion-avatar>
  <div *ngIf="XRPCoin.minUds<=0">
    <h3 style="color:red"><b> Ripple (XRP) [No profit] </b></h3>
  </div>
  <div *ngIf="XRPCoin.minUds>0" >
    <h3 style="color:green"> <b> Ripple (XRP) [{{XRPCoin.profit_per_unit_perc}} %] </b> </h3>

    <p><ion-icon name="arrow-round-up"></ion-icon> <b>{{XRPCoin.exchange_max_name}}
({{XRPCoin.exchange_max_price}}$) </b>
    <ion-icon name="arrow-round-down"></ion-icon> <b>{{XRPCoin.exchange_min_name}}
({{XRPCoin.exchange_min_price}}$) </b>
    </p>
    <p> Profit per unit: {{XRPCoin.profit_per_unit}} $ </p>
    <p>Min. Quantity: {{XRPCoin.minUds}} ({{XRPCoin.minUdsPrice}}$)</p>
  </div>
</ion-item>
<ion-item (click)="goToCoinDetail(NEOCoin, 'NEO Coin', 'neo')">
  <ion-avatar item-start>
    
  </ion-avatar>

```

```

<div *ngIf="NEOCoin.minUds<=0">
  <h3 style="color:red"> <b>NEO (NEO) [No profit] </b></h3>
</div>
<div *ngIf="NEOCoin.minUds>0" >
  <h3 style="color:green"> <b> NEO (NEO) [{{NEOCoin.profit_per_unit_perc}} %] </b> </h3>
  <p><ion-icon name="arrow-round-up"></ion-icon> <b>{{NEOCoin.exchange_max_name}}
  ({{NEOCoin.exchange_max_price}}$) </b>
  <ion-icon name="arrow-round-down"></ion-icon> <b>{{NEOCoin.exchange_min_name}}
  ({{NEOCoin.exchange_min_price}}$) </b>
  </p>
  <p> Profit per unit: {{NEOCoin.profit_per_unit}} $ </p>
  <p>Min. Quantity: {{NEOCoin.minUds}} ({{NEOCoin.minUdsPrice}}$)</p>
</div>
</ion-item>
<ion-item (click)="goToCoinDetail(EOSCoin, 'EOS Coin', 'eos')">
  <ion-avatar item-start>
    
  </ion-avatar>
  <div *ngIf="EOSCoin.minUds<=0">
    <h3 style="color:red"><b> EOS (EOS) [No profit] </b></h3>
  </div>
  <div *ngIf="EOSCoin.minUds>0" >
    <h3 style="color:green"> <b> EOS (EOS) [{{EOSCoin.profit_per_unit_perc}} %] </b> </h3>
    <p><ion-icon name="arrow-round-up"></ion-icon> <b>{{EOSCoin.exchange_max_name}}
    ({{EOSCoin.exchange_max_price}}$) </b>
    <ion-icon name="arrow-round-down"></ion-icon> <b>{{EOSCoin.exchange_min_name}}
    ({{EOSCoin.exchange_min_price}}$) </b>
    </p>
    <p> Profit per unit: {{EOSCoin.profit_per_unit}} $ </p>
    <p>Min. Quantity: {{EOSCoin.minUds}} ({{EOSCoin.minUdsPrice}}$)</p>
  </div>
</ion-item>
<ion-item (click)="goToCoinDetail(ETHCoin, 'Ethereum', 'eth')">
  <ion-avatar item-start>
    
  </ion-avatar>
  <div *ngIf="ETHCoin.minUds<=0">
    <h3 style="color:red"><b> Ethereum (ETH) [No profit]</b></h3>
  </div>

```

```

<div *ngIf="ETHCoin.minUds>0" >
  <h3 style="color:green"> <b> Ethereum (ETH) [{{ETHCoin.profit_per_unit_perc}} %] </b> </h3>

  <p><ion-icon name="arrow-round-up"></ion-icon> <b>{{ETHCoin.exchange_max_name}}
  ({{ETHCoin.exchange_max_price}}$) </b>

  <ion-icon name="arrow-round-down"></ion-icon> <b>{{ETHCoin.exchange_min_name}}
  ({{ETHCoin.exchange_min_price}}$) </b>

</p>

<p> Profit per unit: {{ETHCoin.profit_per_unit}} $ </p>

<p>Min. Quantity: {{ETHCoin.minUds}} ({{ETHCoin.minUdsPrice}}$)</p>
</div>
</ion-item>
<ion-item (click)="goToCoinDetail(LTCCoin, 'Litecoin', 'ltc')">
  <ion-avatar item-start>
    
  </ion-avatar>
  <div *ngIf="LTCCoin.minUds<=0">
    <h3 style="color:red"><b> LiteCoin (LTC) [No profit]</b></h3>
  </div>
  <div *ngIf="LTCCoin.minUds>0" >
    <h3 style="color:green"> <b> LiteCoin (LTC) [{{LTCCoin.profit_per_unit_perc}} %] </b> </h3>

    <p><ion-icon name="arrow-round-up"></ion-icon> <b>{{LTCCoin.exchange_max_name}}
    ({{LTCCoin.exchange_max_price}}$) </b>

    <ion-icon name="arrow-round-down"></ion-icon> <b>{{LTCCoin.exchange_min_name}}
    ({{LTCCoin.exchange_min_price}}$) </b>

</p>

<p> Profit per unit: {{LTCCoin.profit_per_unit}} $ </p>

<p> Min. Quantity: {{LTCCoin.minUds}} ({{LTCCoin.minUdsPrice}}$)</p>
  </div>
</ion-item>
</ion-item-sliding>
</ion-list>
</ion-content>

```

Pantalla del listado de criptomonedas – TS (IONIC)

```
import { Component, OnInit } from '@angular/core';
import { NavController } from 'ionic-angular';

import {Coin} from '../interfaces/coin.interface'
import { ApiConnectProvider } from '../providers/api-connect/api-connect';
import { CoinlivedetailPage } from '../coinlivedetail/coinlivedetail';
@Component({
  selector: 'page-home',
  templateUrl: 'home.html'
})
export class HomePage implements OnInit{

  public XLMCoin = new Coin();
  public BNBCoin = new Coin();
  public XRPCoin = new Coin();
  public NEOCoin = new Coin();
  public EOSCoin = new Coin();
  public ETHCoin = new Coin();
  public LTCCoin = new Coin();
  public showSpinner:number = 1;
  public coinLoadNumber:number = 1;

  constructor(public navCtrl: NavController, public apiConnect: ApiConnectProvider) {

  }
```



```
ngOnInit(): void {  
  // XLM PROCESS  
  this.apiConnect.getXLMLive().subscribe( x => {  
    this.XLMCoin = this.setDataToModelCoin(x, this.XLMCoin);  
    this.displaySpinner();  
  })  
  setInterval(function(){  
    this.apiConnect.getXLMLive().subscribe( x => {  
      this.XLMCoin = this.setDataToModelCoin(x, this.XLMCoin);  
      this.displaySpinner();  
    })  
  }.bind(this), 10000)  
  
  // BNB PROCESS  
  this.apiConnect.getBNBLive().subscribe( x => {  
    this.BNBCoin = this.setDataToModelCoin(x, this.BNBCoin);  
    this.displaySpinner();  
  })  
  setInterval(function(){  
    this.apiConnect.getBNBLive().subscribe( x => {  
      this.BNBCoin = this.setDataToModelCoin(x, this.BNBCoin);  
    })  
  }.bind(this), 10000)  
  
  // XRP PROCESS  
  this.apiConnect.getXRPLive().subscribe( x => {  
    this.XRPCoin = this.setDataToModelCoin(x, this.XRPCoin);  
    this.displaySpinner();  
  })  
  setInterval(function(){  
    this.apiConnect.getXRPLive().subscribe( x => {  
      this.XRPCoin = this.setDataToModelCoin(x, this.XRPCoin);  
    })  
  }.bind(this), 10000)  
  
  // NEO PROCESS  
  this.apiConnect.getNEOLive().subscribe( x => {  
    this.NEOCoin = this.setDataToModelCoin(x, this.NEOCoin);  
    this.displaySpinner();  
  })  
}
```

```
})
setInterval(function(){
  this.apiConnect.getNEOLive().subscribe( x => {
    this.NEOCoin = this.setDataToModelCoin(x, this.NEOCoin);
  })
}.bind(this),10000)

// EOS PROCESS
this.apiConnect.getEOSLive().subscribe( x => {
  this.EOSCoin = this.setDataToModelCoin(x, this.EOSCoin);
  this.displaySpinner();
})
setInterval(function(){
  this.apiConnect.getEOSLive().subscribe( x => {
    this.EOSCoin = this.setDataToModelCoin(x, this.EOSCoin);
  })
}.bind(this),10000)

// ETH PROCESS
this.apiConnect.getETHLive().subscribe( x => {
  this.ETHCoin = this.setDataToModelCoin(x, this.ETHCoin);
  this.displaySpinner();
})
setInterval(function(){
  this.apiConnect.getETHLive().subscribe( x => {
    this.ETHCoin = this.setDataToModelCoin(x, this.ETHCoin);
  })
}.bind(this),10000)

// LTC PROCESS
this.apiConnect.getETHLive().subscribe( x => {
  this.ETHCoin = this.setDataToModelCoin(x, this.ETHCoin);
  this.displaySpinner();
})
setInterval(function(){
  this.apiConnect.getLTCLive().subscribe( x => {
    this.LTCCoin = this.setDataToModelCoin(x, this.LTCCoin);
  })
}.bind(this),10000)
```

```
}

setDataToModelCoin(data:any, coin:Coin){
  coin.exchange_min_name = data.exchange_min;
  coin.exchange_max_name = data.exchange_max;
  coin.exchange_max_price = parseFloat(data.price_max).toFixed(3);
  coin.exchange_min_price = parseFloat(data.price_min).toFixed(3);
  coin.exchange_max_com_op = data.com_op_max;
  coin.exchange_min_com_op = data.com_op_min;
  coin.exchange_min_com_trans = data.com_trans_ab;
  coin.exchange_max_com_trans = data.com_trans_ba;
  coin.profit_per_unit = data.ppu;
  coin.profit_per_unit_perc = parseFloat(data.ppuperc).toFixed(2);
  coin.minUds = parseFloat(data.minUds);
  coin.minUdsPrice = parseFloat(data.minUdsPrice).toFixed(3);
  return coin;
}

displaySpinner(){
  this.coinLoadNumber = this.coinLoadNumber + 1;
  if (this.coinLoadNumber == 9) {
    this.showSpinner = 0;
  }
}

goToCoinDetail(coin:Coin, coinName:String, coinSymbol:String){
  this.navCtrl.push(CoinlivedetailPage,{'coin':coin, 'coinName':coinName, 'coinSymbol':coinSymbol})
}
}
```

Pantalla del detalle de una criptomonedas – HTML (IONIC)

```

<ion-header>
  <ion-navbar color="primary">
    <ion-title>{{detailCoinName}} detail</ion-title>
  </ion-navbar>
</ion-header>

<ion-content padding>
  <div id="maindetail">
    <h3 *ngIf="detailCoin.minUds>0" style="color:green"> <b> [ {{detailCoin.profit_per_unit_perc}} %]
    {{detailCoinName}} ({{detailCoinSymbol.toUpperCase()}}) </b> </h3>
    <h3 *ngIf="detailCoin.minUds<=0" style="color:red"> <b> [ {{detailCoin.profit_per_unit_perc}} %]
    {{detailCoinName}} ({{detailCoinSymbol.toUpperCase()}}) </b> </h3>
    <ion-item>
      <ion-thumbnail item-start>
        <img [src]="detailCoinImg">
      </ion-thumbnail>
      <p><ion-icon name="arrow-round-up"></ion-icon> <b> Max Value </b>
      <p id="maxvaluedetail"> {{detailCoin.exchange_max_name}} ({{detailCoin.exchange_max_price}}$)
    </p>

      <p><ion-icon name="arrow-round-down"></ion-icon> <b> Min Value </b>
      <p id="minvaluedetail"> {{detailCoin.exchange_min_name}} ({{detailCoin.exchange_min_price}}$)
    </p>

    </ion-item>
  </div>
  <p *ngIf="detailCoin.minUds>0"> <b>Min. Quantity:</b> {{detailCoin.minUds}} uds
  ({{detailCoin.minUdsPrice}}$) </p>
  <p *ngIf="detailCoin.minUds>0"> <b>Profit per unit: </b> {{detailCoin.profit_per_unit}} $ </p>
  <ion-grid>
    <ion-row>
      <ion-col>
        <p *ngIf="detailCoin.minUds>0"> <b>Operation fees </b> </p>
        <p id="opfees" *ngIf="detailCoin.minUds>0"> {{detailCoin.exchange_max_name}} :
        {{detailCoin.exchange_max_com_op * 100}}% </p>
        <p id="opfees" *ngIf="detailCoin.minUds>0"> {{detailCoin.exchange_min_name}} :
        {{detailCoin.exchange_min_com_op * 100}}% </p>
      </ion-col>
      <ion-col>
        <p *ngIf="detailCoin.minUds>0"> <b>Transference fees </b> </p>

```

```

    <p id="opfees" *ngIf="detailCoin.minUds>0"> {{detailCoin.exchange_max_name}} :
    {{detailCoin.exchange_max_com_trans }} USDT </p>
    <p id="opfees" *ngIf="detailCoin.minUds>0"> {{detailCoin.exchange_min_name}} :
    {{detailCoin.exchange_min_com_trans }} {{detailCoinSymbol.toUpperCase()}} </p>
  </ion-col>
</ion-row>
</ion-grid>

<div *ngIf="detailCoin.minUds>0">
  <p><b>Simulation tool</b></p>
  <hr>
  <ion-item id="simitem">
    <ion-label>Number of units</ion-label>
    <ion-input type="number" [value]="simulation.unidades_b"
    (ionBlur)="simulateProfitPerOperation($event.value)"></ion-input>
  </ion-item>
  <p *ngIf="simulation.beneficioperc != undefined"><b>Cost of operation:</b>
  {{simulation.unidadesNecesariasA}} uds ({{simulation.precioUdsNecesariasA}} $)</p>
  <p *ngIf="simulation.beneficioperc>0 && simulation.beneficioperc != undefined" > <b>Operation
  profit:</b> {{simulation.beneficio}} $ <span style ="color:green"><b>{{simulation.beneficioperc}} %
  </b></span> </p>
  <p *ngIf="simulation.beneficioperc<=0 && simulation.beneficioperc != undefined " > <b>Operation
  profit:</b> {{simulation.beneficio}} $ <span style ="color:red"><b>{{simulation.beneficioperc}} %
  </b></span> </p>
</div>
</ion-content>

```

Pantalla del detalle de una criptomoneda – TS (IONIC)

```

import { Component } from '@angular/core';
import { IonicPage, NavController, NavParams } from 'ionic-angular';
import { Coin } from '../interfaces/coin.interface';
import { ApiConnectProvider } from '../providers/api-connect/api-connect';
import { Simulation } from '../interfaces/simulation.interface';

```

```
/**
```

```
* Generated class for the CoinlivedetailPage page.
*
* See https://ionicframework.com/docs/components/#navigation for more info on
* Ionic pages and navigation.
*/

@IonicPage()
@Component({
  selector: 'page-coinlivedetail',
  templateUrl: 'coinlivedetail.html',
})
export class CoinlivedetailPage {
  detailCoin:Coin;
  detailCoinName:String;
  detailCoinSymbol:String;
  detailCoinImg:String;
  simulation:Simulation;

  constructor(public navCtrl: NavController, public navParams: NavParams, public apiConnect:
  ApiConnectProvider) {
    this.simulation = new Simulation();
    this.detailCoin = navParams.get('coin');
    this.detailCoinName = navParams.get('coinName');
    this.detailCoinSymbol = navParams.get('coinSymbol');
    this.detailCoinImg = "assets/coin/"+ this.detailCoinSymbol.toLowerCase() + ".png"
    this.simulation.unidades_b = this.detailCoin.minUds;
  }

  ionViewDidLoad() {
    console.log('ionViewDidLoad CoinlivedetailPage');
  }

  simulateProfitPerOperation(unit_b:any){
    //let unit_b = "9";
    let com_op_1 = this.detailCoin.exchange_min_com_op;
    let com_op_2 = this.detailCoin.exchange_max_com_op;
    let com_trans_ab = this.detailCoin.exchange_min_com_trans;
    let com_trans_ba = this.detailCoin.exchange_max_com_trans;
    let precio_a = this.detailCoin.exchange_min_price;
    let precio_b = this.detailCoin.exchange_max_price;
```

```

    this.apiConnect.simulateProfitPerOp(unit_b, com_op_1, com_op_2, com_trans_ab, com_trans_ba,
    precio_a, precio_b).subscribe(
      x=>{
        this.simulation.beneficio = parseFloat(x.beneficio).toFixed(2);
        this.simulation.beneficioperc = parseFloat(x.beneficioperc).toFixed(2);
        this.simulation.precioUdsNecesariasA = parseFloat(x.precioUdsNecesariasA).toFixed(2);
        this.simulation.unidadesNecesariasA = parseFloat(x.unidadesNecesariasA).toFixed(2);
      }
    )
  }
}
}

```

Provider en la aplicación – Conexión con los servicios.

```

import { HttpClient, HttpHeaders } from '@angular/common/http';
import { Injectable } from '@angular/core';
import { Observable } from 'rxjs/Observable';
import { Coin } from '../interfaces/coin.interface';

/**
 * Generated class for the ApiConnectProvider provider.
 *
 * See https://angular.io/guide/dependency-injection for more info on providers
 * and Angular DI.
 */
@Injectable()
export class ApiConnectProvider {
  XLMAPIURL = "http://35.180.234.182/coins/xlmlivelimited";
  BNBAPIURL = "http://35.180.234.182/coins/bnblivelimited";
  XRPAPIURL = "http://35.180.234.182/coins/xrplivelimited";
  NEOAPIURL = "http://35.180.234.182/coins/neolivelimited";
  EOSAPIURL = "http://35.180.234.182/coins/eoslivelimited";
  ETHAPIURL = "http://35.180.234.182/coins/ethlivelimited";
  LTCAPIURL = "http://35.180.234.182/coins/lctlivelimited";

  constructor(public http: HttpClient) {

```

```
}

getXMLLive():Observable<any>{
  return this.http.get(this.XLMAPIURL,{
    headers: new HttpHeaders().set('Authorization', 'Basic *****')
  })
}

getBNBLive():Observable<any>{
  return this.http.get(this.BNBAPIURL,{
    headers: new HttpHeaders().set('Authorization', 'Basic *****')
  })
}

getXRPLive():Observable<any>{
  return this.http.get(this.XRPAPIURL,{
    headers: new HttpHeaders().set('Authorization', 'Basic *****')
  })
}

getNEOLive():Observable<any>{
  return this.http.get(this.NEOAPIURL,{
    headers: new HttpHeaders().set('Authorization', 'Basic *****')
  })
}

getEOSLive():Observable<any>{
  return this.http.get(this.EOSAPIURL,{
    headers: new HttpHeaders().set('Authorization', 'Basic *****')
  })
}

getETHLive():Observable<any>{
  return this.http.get(this.ETHAPIURL,{
    headers: new HttpHeaders().set('Authorization', 'Basic *****')
  })
}

getLTCLive():Observable<any>{
  return this.http.get(this.LTCAPIURL,{
    headers: new HttpHeaders().set('Authorization', 'Basic *****')
  })
}
```



```
simulateProfitPerOp(unit_b:string, com_op_1:string, com_op_2:string, com_trans_ab:string,  
com_trans_ba:string, precio_a:string, precio_b:string):Observable<any>{  
  let url =  
  "http://35.180.234.182/coins/profitperop?unidadesB="+unit_b+"&com_op_1="+com_op_1+"&com_op_2="+  
com_op_2+"&com_trans_ab="+com_trans_ab+"&com_trans_ba="+com_trans_ba+"&precio_a="+precio_a+  
"&precio_b="+precio_b  
  console.log(url)  
  return this.http.get( url,{  
    headers: new HttpHeaders().set('Authorization', 'Basic *****')  
  })  
}  
  
}
```