



universidad
de león
Facultad de Ciencias
Económicas y Empresariales



**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
UNIVERSIDAD DE LEÓN**

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIAS ACTUARIALES Y FINANCIERAS
(MUCAF)**

TRABAJO FIN DE MÁSTER:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ÍNDICE DE CRIPTOACTIVOS: EL BITINDEX

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A CRYPTOASSETS INDEX: THE BITINDEX

AUTOR: *Antonio Voces Cuadrado*

TUTORES: *María Cristina Mendaña Cuervo*

Carlos Caño Alegre

CURSO ACADÉMICO: 2017-2018

CONVOCATORIA: Junio

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. LOS ÍNDICES BURSÁTILES, SU HISTORIA Y TEORÍA.....	3
2.1 LA DEFINICIÓN DE ÍNDICE.....	4
2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ÍNDICES SEGÚN SU FÓRMULA	5
2.3 LA ESTRUCTURA DE LOS PRINCIPALES ÍNDICES	6
2.3.1 EL IBEX-35	7
2.3.2 Dow Jones Industrial Average (DJIA)	8
2.3.3 Índice de Standard and Poors 500 (S&P 500)	9
2.4 LOS ÍNDICES INVERSOS.....	10
3. EL CONCEPTO DE CRIPTOACTIVO	11
4. LA ACTUALIDAD DEL MUNDO DE LOS CRIPTOACTIVOS	15
5. PROCESO DE ELECCIÓN DE LOS CRIPTOACTIVOS	17
6. EL PROYECTO DETRÁS DE CADA CRIPTOACTIVO.....	21
6.1 BITCOIN	21
6.2 DASH	22
6.3 ETHEREUM	22
6.4 LITECOIN.....	23
6.5 RIPPLE.....	23
6.6 CARDANO.....	24
6.7 BITCOIN CASH	24
6.8 IOTA.....	25
7. ÍNDICE BITINDEX Y BITINDEXInv: MARCO TEÓRICO.....	26
7.1 LA FÓRMULA DEL ÍNDICE	26
7.2 LA PONDERACIÓN.....	27
8. DESARROLLO DEL SOFTWARE PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE.....	30
9. CONCLUSIONES	34
BIBLIOGRAFÍA	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Ejemplo de operativa con índice inverso.....	10
Tabla 5.1: Criptoactivos seleccionados.....	19
Tabla 7.1: La ponderación de los criptoactivos.....	28
Tabla 7.2: Vector W de pesos.....	29
Tabla 7.3: Matriz de argumentos ordenados.....	29

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 8.1: Comparativa histórica entre índices.....	32
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5.1: Diagrama de flujo de inclusión de un criptoactivo.....	19
Figura 8.1: Frontal del formulario de cálculo de índice.....	31

RELACIÓN DE ABREVIATURAS UTILIZADAS

ADA	Cardano
BCH	Bitcoin Cash
BME	Bolsas y Mercados Españoles
CBOE	Chicago Board Options Exchange
CFTC	Commodity Futures Trading Commission
CME	Chicago Mercantile Exchange
CNMV	Comisión Nacional del Mercado de Valores
DJIA	Dow Jones Industrial Average
DJTA	Dow Jones Transportation Average
ETF	Exchange Traded Fund
ETH	Ethereum
LTC	Litecoin
NYSE	New York Stock Exchange
OWA	Ordered Weighted Average
POO	Programación Orientada a Objetos
SIBE	Sistema de Interconexión Bursátil Español
SP500	Standars and Poors 500
VBA	Visual Basic for Applications
XRP	Ripple

1. INTRODUCCIÓN

El año 2008 fue un año frenético para los mercados financieros. El derrumbe del sistema financiero internacional alcanzó su punto álgido con la quiebra de Lehman Brothers, provocando que las bases del sistema se pusieran en entredicho. No es casualidad que ese mismo año se publicase el proyecto de Bitcoin, un protocolo de transferencia de datos que chocaba con el paradigma existente hasta la época. Su visión planteaba cambios radicales para el sector financiero y tecnológico, basándose en la premisa de que gran parte de los problemas habían sido provocados por la creación de dinero sin respaldo.

Desde entonces, numerosos proyectos han surgido con mucha fuerza basándose en la tecnología del Bitcoin. Algunos pretenden cambiar el sistema actual de transferencias bancarias, como es el caso de Ripple; otros, como IOTA, buscan un mundo en el que los objetos están conectados a internet y sirven de red en sí mismos; y también los hay que buscan acabar con los intermediarios en los contratos financieros, como hace Ethereum.

Si bien todavía no se ha afianzado ninguno de los proyectos, las ideas tras ellos han venido para quedarse. Ejemplo de ello es la implicación de instituciones a todos los niveles, tanto nacionales como internacionales, públicas y privadas. Sin irse muy lejos, en España un consorcio, denominado Alastria, compuesto por socios privados y públicos, entre los que se encuentran bancos de talla del BBVA o Santander y universidades públicas, busca implementar una red nacional multisectorial que revolucione las transferencias económicas.

La juventud del mercado, su imprevisible evolución y su trascendencia en el sistema actual, **motivan** la elaboración de un trabajo centrado en el análisis del mismo. Así, el **objetivo** del presente Trabajo de Fin de Máster (TFM) será desarrollar dos índices propios, uno al uso denominado BITINDEX y otro inverso denominado BITINDEXInv, que permitan conocer el estado del mercado en tiempo real, combinando elementos ya existentes en el análisis de los mercados financieros con aspectos novedosos en cuanto a la elección de la ponderación de cada componente.

Si bien ya existe literatura sobre la elaboración de índices de criptoactivos, el uso de la programación en Excel a través de Visual Basic for Applications (VBA) permite modular la construcción a las necesidades particulares, así como obtener su estado en tiempo real, mediante la conexión directa a la red. Asimismo, ante las limitaciones de las ponderaciones utilizadas en los índices al uso, se ha optado por implementar una ponderación basada en Ordered Weighted Average (OWA), lo que dota de cierta originalidad a los índices propuestos en el TFM.

En la **metodología** utilizada para alcanzar el objetivo del trabajo se hará uso únicamente de fuentes primarias. Los datos para el análisis previo a la elaboración del índice y los que se utilicen para el cálculo del mismo, se extraerán de la base de datos de Yahoo Finance y CoinMarketCap, dos páginas de referencia que recopilan en tiempo real los datos referentes a los criptoactivos. Una vez obtenidos, se programará en VBA las bases del marco teórico, automatizando el proceso de extracción y cálculo, pudiendo ajustar el modelo fácilmente mediante modificaciones en las líneas de código.

Así, el presente TFM se ha desarrollado en los siguientes apartados: en el siguiente se realizará una breve referencia a la historia de los índices y las fórmulas de cálculo de los más respetados en la actualidad; en el tercero, se buscará definir qué es un criptoactivo; el cuarto se dedicará a repasar el estado actual del mercado que se trata; en los apartados quinto y sexto se establecerá el mecanismo para elegir los criptoactivos que formarán parte del índice y se estudiará el proyecto existente tras cada uno de ellos; en el séptimo y octavo se expondrá cómo se ha construido cada índice y cómo se ha llevado a cabo su implementación práctica mediante programación aplicada (VBA); por último, en el noveno apartado se expondrán las principales conclusiones obtenidas y posibles vías futuras de desarrollo del trabajo.

2. LOS ÍNDICES BURSÁTILES, SU HISTORIA Y TEORÍA

La historia de los índices bursátiles¹ nos lleva necesariamente hasta Estados Unidos en el siglo XIX. Allí, Charles Henry Dow, reputado economista y periodista estadounidense, junto con su amigo Edward David Jones, fundó el primer índice como lo conocemos actualmente.

Gran observador del mercado de valores en EEUU, Dow descubrió que las acciones de la mayoría de las empresas se movían simultáneamente en el mismo sentido. Por ello, en 1884 diseñó el primer indicador sintético de la salud del mercado de valores, estructurado a través de una media ponderada, en el que se incluían once valores, siendo nueve relativos a empresas de ferrocarriles y dos a empresas de fabricación. Tres años más tarde, junto con Jones, desarrolló dos nuevos índices que siguen existiendo en la actualidad: el *Dow Jones Industrial Average* formado por doce empresas industriales (actualmente DJIA, con treinta empresas) y el *Dow Jones Railroad Average* con veintidós compañías del sector ferroviario (actualmente *Dow Jones Transportation Average*, DJTA).

Desde entonces, la Teoría de Dow² ha sido la base para el desarrollo de múltiples y diversos índices en todo el mundo, los cuales aglutinan la información de los valores de los que se quiera representar la evolución en el tiempo. Tales indicadores se pueden referir al conjunto de valores de un país, un sector o a los valores de los que se quieran sintetizar la evolución: de España, de las materias primas, sector automovilístico, etc.

En los siguientes subapartados, se dará una definición y se analizarán las diferentes estructuras teóricas que pueden tomar. El objetivo no es más que el de conocer qué procedimiento se lleva a cabo su elaboración para tener una referencia en la diseño del índice que se ha marcado como objetivo en este trabajo.

¹ El término “bursátil” nace en 1360 en Brujas, dónde las ferias se celebraban junto a la casa de un reconocido caballero de negocios de nombre chevalier Van der Beurse (caballero de las bolsas).

² Teoría desarrollada a partir de las 255 notas editoriales que Charles Dow dejó escritas antes de su fallecimiento en 1902. Mediante un análisis exquisito de la evolución de los precios y sus patrones, sentó las bases del análisis técnico.

2.1 LA DEFINICIÓN DE ÍNDICE

Existen numerosas definiciones sobre qué es un índice bursátil. Algunos autores se centran en los aspectos más estadísticos del término y otros en la utilidad que aportan los índices.

Siguiendo a Bleymüller (1975) obtenemos la siguiente definición:

Los índices proporcionarán siempre sólo indicaciones sobre... grupos homogéneos de valores característicos, de forma que el cálculo de tal índice va unido simultáneamente a la pérdida de las informaciones individuales en las que se basa. Pero esta pérdida de información se acepta conscientemente puesto que es precisamente, en efecto, meta y ventaja de los índices, expresar en un solo número la alteración media de una multiplicidad de circunstancias homogéneas. (p. 23)

A diferencia de otros autores, Bleymüller se centra en la pérdida consciente de datos ligada al cálculo de la media y afirma que esto se debe permitir si estamos tratando activos homogéneos en al menos una característica de los mismos cómo puede el país, el sector, etc.

Otros autores como Hernández Blázquez (2008) hacen referencia a ellos como un “resumen del comportamiento del mercado que sirve de base para llevar a cabo distintas estrategias de inversión” (p. 2), centrándose en la vertiente de la utilidad del dato final que aporta el índice. En esta línea, actualmente, los índices no sólo se utilizan como indicador, sino que también está muy extendido su uso como subyacente³ de gran cantidad de productos como los ETFs⁴, futuros, opciones, etc.

La estructura que pueden tomar depende de si son índices simples o agregados, temporales o especiales, ponderados o no (González Tudela, 1975; Weber, 1987), lo que a su vez es función de la fórmula elegida para su cálculo. Además de las

³ Es el activo que sirve como referencia para el cálculo del precio de los activos financieros derivados.

⁴ Exchange-Traded Funds: fondos de inversión cotizados que replican la evolución de un índice.

modalidades actualmente en uso, en el trabajo se complementará con otra conocida como OWA⁵.

2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ÍNDICES SEGÚN SU FÓRMULA

Los índices pueden considerarse una medida estadística que permite comparar una magnitud en dos situaciones, siendo una de las dos la que se considera como referencia o base. Si dicha comparación se realiza en el tiempo se considera *índice temporal*, mientras que si se hace en el espacio, se trata de un *índice espacial*.

Por otro lado, los índices pueden ser simples o agregados. Los *índices simples* comparan una única magnitud en el momento base (P_0) y en el momento t (P_t) y, normalmente, se multiplican por cien para que estén referidos en porcentaje en vez de en tanto por uno, de forma que la estructura es la siguiente:

$$I = \frac{P_t}{P_0} \times 100$$

Para resumir la información de varios *índices simples* en un único dato, se pueden utilizar promedios estadísticos para agregarlos, dando como resultado un *índice agregado*. Este proceso de agregación puede tener ponderación o no.

Dentro de los índices agregados no ponderados, tenemos el *índice media aritmética*, que suma los números *índices simples* y los divide entre el número de ellos; el *índice media geométrica*, que es la raíz de grado n (número de índices simples) del producto de n *índices simples*; y, entre otros, el *índice media armónica*, en cuyo cociente se encuentra el número de índices simples considerados y el denominador el sumatorio de los inversos de los mismos.

Por último, tenemos los índices agregados con ponderación, que son los que se utilizarán en la construcción del índice. Los más conocidos son el *índice de Laspeyres*, el *índice de Paasche* y el *índice de Fisher*.

⁵ Ordeed Weighted Average: media ponderada ordenada.

En el caso de *Laspeyres*, se busca conocer cuánto representa el precio actual sobre la base, pero utilizando el mismo volumen:

$$I_L = \frac{\sum_{i=1}^n P_t^i Q_0^i}{\sum_{i=1}^n P_0^i Q_0^i}$$

La fórmula de *Laspeyres* sobrevalora las subidas de precios, puesto que no tiene en cuenta que con ellas los agentes, normalmente, reducen la cantidad que desean comprar. Al contrario, *el índice de Paasche* infravalora las subidas de los mismos:

$$I_P = \frac{\sum_{i=1}^n P_t^i Q_t^i}{\sum_{i=1}^n P_0^i Q_t^i}$$

Por último, el *índice de Fisher* trata de corregir estas imprecisiones de ambos índices mediante el cálculo de la media geométrica de ambos:

$$I_F = \sqrt{I_L \cdot I_P}$$

La realidad, sin embargo, pone de manifiesto que la teoría sólo sería viable si la estructura de contratación en el mercado de valores fuera estable en el tiempo. Por ello, las fórmulas empleadas actualmente en los principales índices son modificaciones de las anteriormente descritas.

2.3 LA ESTRUCTURA DE LOS PRINCIPALES ÍNDICES

Los principales índices de referencia tienen como cometido reflejar la evolución de los precios de las acciones a lo largo del tiempo, ya sean referidos a una zona geográfica (índice general) o a un sector (índice sectorial). Según el esquema desarrollado en el apartado anterior, dichos índices son, principalmente, temporales y agregados mientras que en la ponderación existe una mayor discrepancia, pudiendo ser o no ponderados, diferenciándose en la base elegida.

A continuación, se describe brevemente la estructura teórica que siguen los principales índices bursátiles internacionales, que servirán de apoyo en la toma de la decisión de la fórmula del índice que se pretende desarrollar en el presente TFM.

2.3.1 El IBEX-35

El IBEX-35 es un índice bursátil elaborado por BME⁶ que busca representar la evolución en el tiempo de los valores más líquidos del mercado bursátil español. Para ello, se seleccionan, entre las empresas cotizadas en el SIBE⁷, las 35 con mayor liquidez. Este criterio no es histórico, sino que se centra en un lapso de tiempo en el que BME revisa los valores incluidos en el IBEX-35 (BME, 2018a), conocido como periodo de control (se decide en cada momento por la Comisión de Control).

El índice se constituyó de forma que la base fuera 3000 al cierre del mercado el 29 de diciembre de 1989 y la ponderación la capitalización de las diferentes acciones. Además, cuenta con una variable que ajusta el valor del índice para que no se vea afectado por las ampliaciones de capital, el reparto de dividendos o un cambio en la composición del IBEX-35. De esta forma, BME garantiza que los movimientos en el selectivo sólo se deban a las fuerzas del mercado.

La fórmula empleada en el IBEX-35 es la siguiente:

$$IBEX - 35_t = IBEX - 35_{t-1} \frac{\sum_t^{35} Cap_i(t)}{\sum_t^{35} Cap_i(t-1) \pm J}$$

Siendo:

IBEX35_t: valor del índice en el periodo actual

Cap_i: capitalización de cada empresa

J: ajuste por ampliación de capital, reparto de dividendos o cambio en la composición del índice

⁶ BME: Bolsas y Mercados Españoles, es el operador de todos los mercados de valores y sistema de liquidación en España; formado por cuatro bolsas (Madrid, Barcelona, Valencia y Bilbao).

⁷ SIBE: Sistema de Interconexión Bursátil Español, plataforma electrónica que permite que las cuatro bolsas españolas estén interconectadas y que las órdenes de los agentes se cierren uniformemente.

2.3.2 Dow Jones Industrial Average (DJIA)

En la introducción del apartado 2 de este trabajo, se hizo mención al Dow Jones Industrial Average (en adelante DJIA), puesto que fue el primer índice que se construyó en la historia de la mano de Charles Henry Dow y Edward Jones. Sin embargo, no se mencionó su estructura y composición, lo cual se hará en el presente subapartado.

El DJIA engloba la cotización de las 30 principales empresas que cotizan en el NYSE⁸, conocidas como *Blue Chip Stocks* y, al igual que en el IBEX-35, su composición varía de periodo en periodo en función de la evolución de los indicadores que se tienen en cuenta para la inclusión de las firmas. Actualmente, se integran en él empresas tan importantes como Apple, Microsoft o JPMorgan Chase.

La fórmula que se emplea para su construcción ha cambiado a lo largo del tiempo; en un principio no era más que la suma del valor de las acciones de las empresas seleccionadas, entre el número total de acciones pero, tras darse cuenta de la imprecisión, se introdujo la figura del divisor, utilizada para tener en cuenta que las variaciones en los precios son asimétricas entre las diferentes acciones: no es lo mismo que una acción de precio \$1 pase a valer \$2 (aumento del 100%) a que una acción de valor \$100 pase a valer \$101 (1%). Actualmente la fórmula utilizada es la siguiente:

$$DJIA = \frac{\sum_{n=1}^{30} P_n}{Divisor}$$

Donde:

P_n : precio de la acción n

Divisor: cifra que establece Dow Jones & Company⁹ con el objetivo de otorgar más peso a las variaciones de los precios de las acciones de las mayores empresas

⁸ NYSE: New York Stock Exchange; se trata del mayor mercado de valores en número de empresas (más de 10.000) y en volumen negociado.

⁹ Empresa estadounidense creada en 1882 encargada de la elaboración de la familia de índices Dow Jones.

2.3.3 Índice de Standard and Poors 500 (S&P 500)

El índice Standard and Poors 500 (en adelante SP500), fue diseñado para sintetizar la evolución de la cotización de las 500 mayores empresas cotizadas en el NYSE y en el NASDAQ¹⁰. Su cobertura es mayor que la del DJIA y se considera que es el índice más representativo de la evolución de la economía estadounidense.

La historia del SP500 parte del año 1923, cuando la empresa Standard & Poor's diseñó su primera versión, compuesta por 223 empresas. Años más tarde, en 1957, su dimensión se había extendido hasta la que actualmente existe, con 500 empresas. La decisión para incluir las mismas se basa en una serie de criterios como son la liquidez, la capitalización bursátil, ser negociada, el domicilio, entre otros, valorados por el Comité de Admisión, el cual tiene la última palabra. El objetivo de la selección es conformar un índice que represente fielmente la evolución de la industria más representativa de EEUU.

Diariamente, se calcula la ponderación de cada empresa en función del valor de mercado de sus acciones "free float"¹¹ con respecto al valor total de las acciones que componen el índice. Tras ello, se reporta el valor del SP500 relativo a la base 10, tomada para el periodo 1941-1943:

$$S \& P 500 = \frac{\sum_{i=1}^{500} N_i P_i}{V_0} 10.0$$

Donde:

- V_0 : base del índice en el periodo 1941-1943
- N_i : número de acciones de la empresa i
- P_i : precio de la acción de la empresa i

¹⁰ NASDAQ: una de las bolsas de New York en la que cotizan más de 3.800 empresas.

¹¹ El free float de una empresa es el conjunto de acciones sobre el total de las que tiene una empresa, que cotizan libremente en el mercado de valores.

2.4 LOS ÍNDICES INVERSOS

Como se ha comentado anteriormente, en el presente trabajo, además del cálculo de un índice bursátil al uso, se construirá también un índice inverso. Esta figura, en un principio, se creó para que los inversores tuvieran un producto que les permitiera la cobertura en periodos de caídas de los mercados y, como suele ocurrir a menudo, acabó utilizándose como método de especulación (BME, 2018b). El esquema del producto se basa en replicar los movimientos diarios de un índice, por ejemplo el IBEX-35, pero en sentido contrario. En la Tabla 2.1 se ilustra cómo quedaría la posición final de un inversor, partiendo de la misma base:

Tabla 2.1: Ejemplo de operativa con índice inverso

	0	1	2	3	4	Variación
Var. Subyacente		-1%	9%	-5%	-6%	
Índice	100	99	107,91	102,52	96,37	-3,63%
Índice inverso	100	101	91,91	96,51	102,30	2,30%

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar, en un escenario dominado por caídas en el precio del subyacente, el índice inverso obtiene mejores resultados; ambos parten de la base 100 y, siguiendo la variación porcentual del activo de referencia, el índice estándar acaba con rentabilidad negativa, mientras que el inverso logra más de un 2% de rentabilidad.

Con este tipo de productos no se puede operar directamente, sino que es necesario invertir a través de ETF's o fondos de inversión cotizados que replican la evolución de los índices (Peguero, 2010; CNMV, 2015). En la jerga financiera, esto se conoce como "indexar" y en la actualidad existe una gran familia de índices inversos, dependiendo del grado de apalancamiento que el inversor decida elegir. Por ejemplo, BME calcula los índices IBEX-35 TRIPLE, QUINTUPLE y X10 INVERSO, los cuáles replican con un multiplicador de 3,5 y 10 la variación del IBEX-35, pero en sentido inverso.

Para finalizar, comentar que estos productos se han convertido en una fuente de especulación utilizada para materializar plusvalías cuando se prevén los movimientos del mercado: si se intuye que el IBEX-35 va a caer, invierte en el IBEX-35 X10 INVERSO y obtendrá, si acierta, la variación por lo invertido y por diez del multiplicador.

3. EL CONCEPTO DE CRIPTOACTIVO

Como se comentó en el apartado “Introducción”, el índice que se va a desarrollar en este trabajo no es un índice de acciones o commodities¹² como los que normalmente se construyen, sino que estará compuesto por criptoactivos que serán incluidos a través de un proceso selectivo. Pero antes de describir este proceso, conviene centrar los aspectos relativos a la categoría de activo a que hace referencia el término criptoactivo, y si se puede considerar una acción, una commodity o una moneda, como se conocen comúnmente.

De acuerdo con lo anterior, en primer lugar se tratará de puntualizar la diferencia que existe entre el dinero y la moneda; segundo, se estudiarán las características del dinero bueno y de las commodities; y por último, se tratará de concluir en qué categoría se enmarcan los criptoactivos.

Cuando se hace referencia al término dinero se está aludiendo a “la medida universal de comparación del valor de cambio” (Ramos Arévalo, 2008, p.143), mientras que la moneda hace referencia a lo que se intercambia. Así, de acuerdo con Ramos Arévalo “El dinero es la medida de la utilidad y la moneda su cuantificación”(Ramos Arévalo, 2008, p.143) Por tanto, ha de compararse las características de las criptoactivos, como el Bitcoin¹³ y las altcoins¹⁴, con las características históricas que ha tenido el dinero.

El origen del dinero se relaciona prácticamente con los orígenes de la civilización (Kenneth Galbraith, 1977); las sociedades han buscado diferentes medios de cambio para facilitar los intercambios entre los agentes económicos, desde grano o la sal, hasta metales preciosos. Se consideraba que cierta cantidad de producto o servicio podía valer cierta cantidad de grano o sal y posteriormente hacían el intercambio. Es

¹² Commodities: materias primas como el oro, la plata, el bronce, aluminio, etc. cuyos precios cotizan en los principales mercados financieros y sobre los que se diseñan gran número de productos financieros, utilizándolas como subyacente.

¹³ Bitcoin: primera criptoactivo que se creó.

¹⁴ Altcoins: cualquier criptoactivo que no sea el Bitcoin.

decir, primero va la valoración (dinero) y después el intercambio (moneda). Si bien es cierto que ninguno de los dos puede existir sin el otro.

Por otro lado, el término moneda como tal no tuvo su primera presencia hasta el siglo VIII a.C (Márquez Solís, 2016). En ese lapso de la historia en Lydia, un pueblo de Asia Menor situado en el Mar Egeo, se acuñaron y pusieron en circulación las primeras monedas compuestas por una aleación de oro y plata. Como el uso de estas monedas era poco práctico, años más tarde¹⁵ surgió el papel moneda, el cual no tenía el valor intrínseco en sí, sino que se lo otorgaban los gobiernos a través de decretos.

Desde entonces, las monedas y el papel moneda (billetes) se han establecido como los principales medios de intercambio, adquiriendo ciertas cualidades, que ya describió Aristóteles (Aristotle., García Gual, & Pérez Jiménez, 1977) y que sirven hoy en día para evaluar si un activo puede considerarse dinero. Dichas cualidades, conocidas como las del buen dinero, son las siguientes:

- **Unidad de cuenta:** sirve para medir el valor de los bienes y servicios, es decir su precio.
- **Medio de cambio:** se acepta por los agentes a cambio de los bienes y servicios que ofrecen.
- **Depósito de valor:** tiene un valor intrínseco de tal manera que si su uso se pospone, permite transferir en el tiempo el poder adquisitivo.
- **Homogeneidad:** las unidades del mismo valor son idénticas entre sí. No como antes que cada moneda tenía un peso y forma diferente.
- **Empleabilidad:** ha de ser práctico, no como el grano o la sal que se utilizaba en la antigüedad.
- **Accesibilidad:** accesible a la mayoría de la población.

Los criptoactivos han de cumplir, por tanto, con las características anteriores para poder ser considerados como dinero y como moneda. Tomando como referencia el

¹⁵ En el año 845 a.C en China, con la dinastía Tang.

Bitcoin¹⁶ se llega a la conclusión de que todavía no puede considerarse una moneda, es decir, el término “criptomoneda” es impreciso, aunque cumpla con varias de las cualidades del buen dinero.

Como **medio de pago** el Bitcoin ha tenido sus primeras experiencias en la venta de automóviles o viviendas; sin embargo, son actos aislados, lejos de ser una práctica común entre los agentes (EFE, 2018).

Como **depósito de valor**, el criptoactivo goza de una oferta limitada, puesto que no pueden producirse más de la cantidad inicialmente establecida en 21 millones y además es prácticamente imposible de falsificar gracias a la criptografía. No obstante, aún no tiene un valor intrínseco universalmente reconocido y ligado a su uso, como sí lo tienen otros activos como el oro (medicina, aparatos electrónicos, reservas bancarias...).

Como **unidad de cuenta**, el Bitcoin tiene un precio muy volátil, lo que le impide ser una referencia a la hora de otorgar valor a los bienes y servicios, como sí ocurre con la mayoría de las monedas (dólar, euro, yen...).

En cuanto a la **practicidad**, el Bitcoin está compuesto por bits; dónde llegue la informática, puede llegar su uso. Además, cada Bitcoin se divide en satoshis¹⁷ para que pueda emplearse con mayor facilidad en los pagos.

Por último, la **accesibilidad** actual no es universal: no todo el mundo puede acceder a una cuenta de banco, ni a un exchange¹⁸, ni puede tener acceso a internet o a un ordenador. Todo ello limita la accesibilidad que sí tiene el dinero en la actualidad.

El Bitcoin y las altcoins cumplen en parte la función de ser medio de pago y depósito de valor, pero no cumplen en ser una unidad de cuenta y en su accesibilidad.

¹⁶ El resto de criptoactivos mejoran o modifican las características de la tecnología del Bitcoin, pero su esencia es prácticamente la misma.

¹⁷ Un satoshi equivale a 0,00000001, la mínima unidad en la que se divide el Bitcoin. Esto lo hace práctico a la hora de comprar y vender, sino sería difícil su uso cuando alcanzó cifras de 20.000\$.

¹⁸ Plataforma online de intercambio de criptoactivos.

Así pues, no se pueden considerar todavía una moneda. Tampoco se pueden considerar una commodity, aunque así lo haya declarado la CFTC¹⁹ en un comunicado de prensa (CFTC, 2018). Son productos estándares, con una oferta limitada (no puede aumentar porque no se pueden producir), pero aún falta que demuestren su valor intrínseco. Así pues, se seguirán considerando a lo largo de este trabajo como criptoactivos.

¹⁹ CFTC: Commodity Futures Trading Commission de EEUU, órgano regulador del Mercado de futuros y opciones estadounidense.

4. LA ACTUALIDAD DEL MUNDO DE LOS CRIPTOACTIVOS

En el pasado 2017 se produjo la eclosión del mercado de criptoactivos. La escalada de lanzamientos que tuvo lugar en la segunda mitad del año estuvo ligada en gran parte a la especulación, pero también a la alternativa que supuso para gran cantidad de empresas el poder recaudar los fondos necesarios en sus proyectos, sin tener que recurrir al burocrático, costoso y, en muchas ocasiones, inaccesible mercado organizado.

Hoy en día existe registro de más de 1600 criptoactivos²⁰, cifra considerable teniendo en cuenta que en 2008 sólo existía el Bitcoin. Escondidos entre estas cifras se encuentran los grandes avances tecnológicos que existen detrás de cada empresa que lanza su criptoactivo. Conscientes de ello, los grandes grupos empresariales del sector financiero ya han tomado posiciones para formar parte desde el principio en esta, por así decirlo, revolución tecnológica. Entre ellas, tenemos ejemplos como los de Goldman Sachs²¹, mediante la compra de Poloniex²² (Lapetra, 2018), o BBVA, con su posición en Coinbase²³ (De Vuelta, 2018).

En este camino hacia la madurez del sector se han dado pasos de gigante gracias al desarrollo de los futuros del Bitcoin en el Chicago Board Options Exchange (CBOE) y en Chicago Mercantile Exchange (CME), los dos principales mercados de derivados financieros del mundo. La trascendencia de este hecho es de vital importancia, ya que permite tomar posiciones a los inversores institucionales, como son la gran banca de inversión y planes de pensiones. Gracias a la seguridad que aportan CBOE y CME como contrapartida ante el riesgo de contraparte con sus contratos estandarizados, los inversores profesionales pueden invertir limitando su riesgo y, además, cumpliendo la normativa, lo cual no podía llevarse a cabo en la compra directa de Bitcoins.

²⁰ Según la página de referencia CoinMarketCap, que se utilizará como principal fuente de datos.

²¹ Grupo de empresas de banca de inversión y valores más grande del mundo.

²² Entre los cinco primeros exchange a nivel global por volumen de movimientos.

²³ Plataforma de cambio que registró hasta 100.000 registros de usuarios nuevos en 24 horas tras la escalada de precio del Bitcoin.

Al otro extremo del avance frenético existen una serie de impedimentos y fases que se han de superar para alcanzar la solidez que se le pide a este tipo de mercados. Uno de los principales problemas con los que tiene que lidiar es el de la seguridad de los usuarios, debido a los numerosos casos de robos de billeteras de criptoactivos y estafas por parte de páginas web y exchanges.

El primer gran escándalo tuvo lugar en Japón (EFE, 2017), donde en 2014 el exchange Mt. Gox declaró que 750.000 Bitcoins de sus clientes habían sido robados, con un valor de mercado de 473 millones de dólares en aquel momento. La polémica se extendió al sospecharse que había sido la cúpula del exchange quién había desviado los activos de sus clientes. Actualmente, aún sigue el juicio por este caso.

Recientemente, a principios de 2018, tuvo lugar el hackeo del exchange Coincheck (BBC, 2018): 400 millones de dólares fueron sustraídos de una de sus billeteras online, la cual tenía una vulnerabilidad que fue explotada por los sustractores. Tras ello, gran parte de las monedas fueron recuperadas y la empresa garantizó que el monto total iba a ser recuperado por sus clientes.

Otro de los grandes problemas a que se enfrenta el sector es el de la regulación. Si bien es cierto que grandes países como China, Rusia e Islandia ya han establecido la prohibición del uso de criptoactivos en sus fronteras, otros países se mantienen sin dar una respuesta, ni a favor ni en contra, lo que genera gran incertidumbre en el sector y en los inversores. En EEUU y la Unión Europea se está considerando la regulación, pero no se conoce si será restrictiva o incentivadora hacia el sector.

Por último, antes de entrar en el proceso seguido para la elección de los criptoactivos del índice, se está llevando a cabo una investigación por parte del Departamento de Justicia de EEUU por la posible manipulación del precio del Bitcoin. Este hecho ya había sido demandado por investigadores (Gandal, Hamrick, Moore, & Oberman, 2018) y reconocido indirectamente por altos representantes del sector (Suberg, 2018); sin embargo, todavía se está a la espera de que sea probado, con la dificultad que ello conlleva, dada la tecnología de encriptación con la que se está tratando.

5. PROCESO DE ELECCIÓN DE LOS CRIPTOACTIVOS

Como se comentó en el apartado anterior, actualmente existe un gran número de criptoactivos en circulación con lo que, antes de construir el índice, es preciso llevar a cabo un proceso de cribado, siguiendo una estructura, para que el número de criptoactivos seleccionados sea una cantidad limitada pero representativa de la mayoría del mercado. Por tanto, el primer paso será establecer de dónde se van a obtener los datos y cuál va a ser el periodo de estudio.

En relación a la obtención de datos, se recurrirá a las páginas web CoinMarketCap y Yahoo Finance. Si bien es cierto que no son organismos oficiales, ya que como se comentó no se trata de un mercado organizado ni regulado y, por tanto, no existe un registro único y oficial de las cotizaciones diarias, los datos que suministran provienen de la mayoría de los exchanges del mundo y están actualizados al minuto. Es decir, construyen las cotizaciones como una media del precio de cotización de las casas de cambio de cada criptoactivo de forma que, en teoría, sólo quedarían fuera de la formación de los precios las operaciones realizadas entre particulares. De momento, a la vista de las investigaciones, no se ha demostrado que los datos sean erróneos o manipulados; sin embargo, hay que tomarlos con cautela a la espera de regulación en el mercado, con el que comenzarán a crearse fuentes oficiales de datos del mercado.

En relación al periodo de estudio, se tomará el año 2017 con el objetivo de conocer las posiciones a lo largo de ese año de cada criptoactivo y así poder seleccionarlos y establecer la base en puntos básicos del índice. A este respecto, cabe puntualizar que algunas de las monedas no tienen datos todos los días del periodo de observación, no por falta de estadísticas en las fuentes utilizadas, sino porque parte de ellas tuvieron su lanzamiento cuando ya había transcurrido parte del año.

De acuerdo con lo anterior, para hacer operativo el proceso se han tenido en cuenta las 50 primeras monedas del ranking de CoinMarketCap en cada mes del año 2017. La página las ordena diariamente en función de su capitalización de mercado,

que no es más que su supply²⁴ por el precio de cotización. En un principio podrían parecer muy pocas, en comparación a las 600 monedas que había en total en enero de 2017, y más aún con las que existen actualmente (más de 1.600 a junio de 2018), pero no es así, ya que en todos los meses de estudio, esa cantidad elegida representa más del 95% de la capitalización total del mercado. De esta forma, se consigue un proceso de extracción de los datos ágil y operativo, asumiendo una pequeña pérdida de información. Además, existe una elevada rotación dentro de los 50 primeros puestos del ranking, alcanzando al final del estudio un total de 107 monedas diferentes.

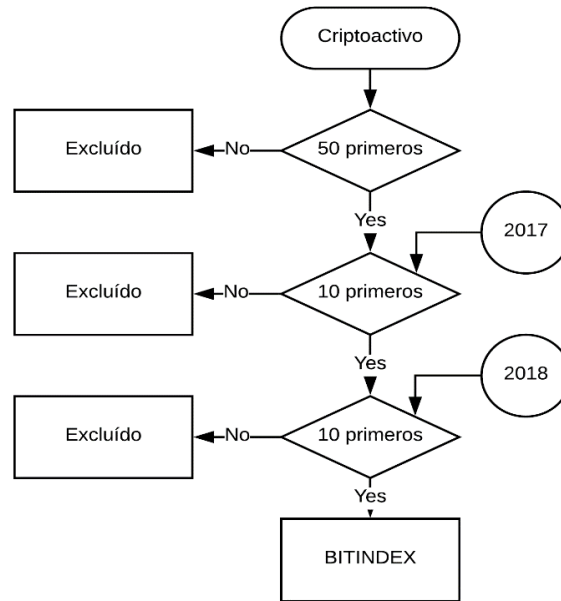
Una vez obtenidos los datos, descargados y tratados en Excel, se optó por incorporar al estudio aquellos criptoactivos que estuvieran consistentemente entre los diez primeros de la lista (Figura 5.1). Dada la volatilidad de 2017 y 2018, si se hubiera elegido sólo por el puesto medio en 2017, muchos de los activos no estarían dentro del punto de corte en 2018, y se perdería parte de representatividad del índice que se plantea construir.

De acuerdo con lo anterior, en la Figura 5.1 se puede ver detallado el diagrama de flujo aplicado en la toma de decisión de la inclusión o no de un criptoactivo en el índice. Si el criptoactivo ha estado en media entre los 50 primeros del año 2017, pasa al siguiente nivel; si el puesto promedio en el ranking a lo largo del año 2017 ha sido décimo o inferior, pasa al siguiente nivel; y, por último, si durante los primeros cuatro meses de 2018 ha estado en promedio en el puesto décimo o inferior, el criptoactivo se incluirá en el índice.

Tras ir desarrollando las fases, sólo 8 de los 1.600 que existen han cumplido con los tres criterios. Todos ellos cuentan con tecnologías e ideas disruptivas, lo que hace difícil elegir a uno de ellos por delante de otro. Por ello, en los siguientes apartados se estudiará cual ha de ser la ponderación de cada uno en función de variables objetivas.

²⁴ Cantidad de cada criptoactivo que se encuentra en circulación en el mercado.

Figura 5.1: Diagrama de flujo de inclusión de un criptoactivo



Fuente: elaboración propia

En base a dicho proceso de decisión, en la Tabla 5.1 se detallan los ocho criptoactivos que van a formar el índice: tres de ellos cuentan con una muestra de datos inferior a los 365²⁵ días, por lo que también se ha revisado su posición en el año 2018.

Tabla 5.1: Criptoactivos seleccionados

	Ticker	Nombre	Días 2017
1	BTC	Bitcoin	365
2	ETH	Ethereum	365
3	XRP	Ripple	365
4	BCH	Bitcoin Cash	152
5	LTC	Litecoin	365
6	DASH	Dash	365
7	MIOTA	IOTA	202
8	ADA	Cardano	90

Fuente: elaboración propia

²⁵ Hay que tener en cuenta que este tipo de activos se intercambia todos los días y todas las horas del día, por lo que tiene cotización los 365 días del año.

Gracias a este proceso, se consigue con el mínimo número de criptoactivos, la mayor representatividad del mercado. Como ya se comentó, en todos los meses la información reflejada supera el 95%. Otros índices que se desarrollan en la actualidad como el “CCI30 cryptocurrency index” y el “RAD 30 composite” analizan los datos de un número de monedas fijado en un momento de tiempo, en concreto 30 y no tienen en cuenta sus entradas y salidas de ese ranking a posteriori.

En el siguiente apartado, se explicará de manera resumida en qué consiste cada uno de los proyectos que hay detrás de cada criptoactivo. Así, se tendrá una visión más global y se podrá establecer alguna relación entre lo que aporta cada una de las entidades a la sociedad y la evolución de su cotización en el mercado. Habrá casos en los que sea pura especulación y el precio suba disparatadamente y en otros estará ligado a las aplicaciones futuras.

6. EL PROYECTO DETRÁS DE CADA CRIPTOACTIVO

Cada criptoactivo tiene una peculiaridad que le hace ser diferente, por lo revolucionaria de la misma. Poner uno de ellos por delante de otro sería muy difícil y, hasta que se demuestre o no su aplicación práctica, poco objetivo. Así pues, se presentarán por orden de creación y teniendo en cuenta sus whitepapers²⁶.

6.1 BITCOIN

El Bitcoin se creó en 2008 tras ser publicado, bajo un pseudónimo, un whitepaper en el que se describía la creación de una red descentralizada para la gestión de transacciones (Nakamoto, 2008; González Otero, 2013). Desencantado con el sistema actual bancario, Satoshi Nakamoto²⁷ desarrolló una tecnología en el que el histórico de intercambios se reflejaría en un libro contable electrónico y público distribuido en millones de ordenadores (cada uno con su copia) en el que para eliminar o modificar una de las órdenes se necesita de la aprobación de toda la red. Con esta idea simple, unida a la criptografía que existe para la creación y verificación de cada apunte, su autor sentó la base del cambio del paradigma actual en el sistema bancario.

Conocedores de lo revolucionario del proyecto, muchos inversores comenzaron a invertir en el Bitcoin, esperando que se revalorizara. A su vez, gran cantidad de desarrolladores se dedicaban a estudiar en profundidad la idea para mejorarla ya que, entre otros problemas, el Bitcoin tiene poca capacidad para gestionar gran cantidad de transacciones por segundo y poca rapidez para ejecutarlas.

Actualmente, se ha establecido como la referencia para el precio del resto de los criptoactivos. Si el Bitcoin pasa por turbulencias, el resto de criptoactivos lo sufren en mayor medida. Tanto es así, que en algunos círculos se le considera el “oro de los criptoactivos”.

²⁶ Whitepapers: se trata de un documento en el que los creadores del criptoactivo describen el problema que se plantean resolver y los pasos que van a seguir para conseguirlo.

²⁷ Pseudónimo con el que se publicó el whitepaper de Bitcoin. Todavía se desconoce el autor real del mismo, aunque se sospecha que son varios programadores.

6.2 DASH

DASH fue presentada en 2014 con las mismas características que el Bitcoin, pero con grandes mejoras a nivel usuario y operativo (Duffield, Schinzel & Gutierrez, 2014). El sistema de este criptoactivo permite realizar transacciones casi instantáneas, con lo que se conoce como “InstantSend”, y es imposible de rastrear a través de su “Private Send”.

A diferencia del Bitcoin, las transacciones no se publican en un libro contable electrónico y público, de forma que es más ágil a la hora de realizar las transacciones y a la vez mantiene la privacidad. El DASH es lo más parecido al dinero efectivo que existe actualmente de forma electrónica.

6.3 ETHEREUM

En 2014, el programador Vitalik Buterin presentó los resultados de la investigación que había realizado en torno al tratamiento de datos privados en la red y a las relaciones contractuales entre los agentes (Buterin, 2014). A raíz de ello, Vitalik combinó lo mejor de la tecnología del Bitcoin con la mejora de las deficiencias en esos ámbitos.

En el whitepaper de Ethereum desarrolló el concepto de “smart contracts”, conocidos como contratos inteligentes. Este término hace referencia a contratos escritos en código informático que eliminan la información asimétrica y el incumplimiento de las cláusulas de los contratos privados. La idea fundamental es que el contrato se desarrolle por él mismo y que los agentes sólo pacten las condiciones al principio.

Por ejemplo, si dos agentes desean transferirse la propiedad de un bien (como puede ser los derechos sobre un terreno), pero el pago se realiza fraccionado, en el sistema actual la propiedad se transfiere a la firma del contrato y el pago puede llegar a realizarse o no. Para cubrirse de estos riesgos los agentes invierten gran cantidad de recursos para cubrirse en todos los aspectos del contrato. Aquí es donde entra el

potencial de los smart contracts, ya que si no llegaran a ejecutarse todos los pagos pactados, el programa revertiría la propiedad sobre el bien y devolvería los pagos al agente causante del impago. Las aplicaciones son infinitas, desde derechos de propiedad a testamentos, lo que convierte a este a criptoactivo en uno de los de mayor potencial.

6.4 LITECOIN

El criptoactivo Litecoin fue presentado con pocas variaciones respecto a la tecnología del Bitcoin; presentaba mayor rapidez en cuanto a la ejecución de las transacciones y menor coste en términos de tiempo y energía para su verificación. Sin embargo, la necesidad de diferenciarse en mayor medida llevó a que comenzaran a desarrollar en su red lo que se conoce como “atomic swaps”: mediante códigos criptográficos, los agentes pueden intercambiar diferentes tipos de criptoactivo (por ejemplo, Bitcoins por Litecoins) sin necesidad de un exchange o intermediario.

Este concepto ahonda aún más en la descentralización planteada con la tecnología del Bitcoin, eliminando al intermediario centralizado que son las casas de cambio, y hace que Litecoin tenga una ventaja comparativa de cara al futuro.

6.5 RIPPLE

Actualmente, el sistema bancario es jerárquico, y obliga a los consumidores a utilizar canales de intercambio lentos y costosos en término de comisiones. Por ello, Ripple ideó y se presentó en 2014 como una herramienta para las entidades financieras que les permitiría realizar transacciones sin depender de una autoridad central como los bancos centrales.

La idea bajo Ripple (Schwartz, Youngs & Britto, 2014) es la de crear estructuras alternativas de pago, más eficientes que las que actualmente existen. Por ejemplo, en las transferencias de dinero de clientes entre diferentes entidades existe un plazo en el

que las partes verifican que existen saldos suficientes y, una vez confirmado, compensan los saldos en una cuenta común en el banco central que corresponda. Esto provoca que las transferencias en este formato sean muy poco operativas para todas las partes.

El potencial de Ripple reside en la capacidad de implementarse como una herramienta eficiente para las entidades financieras, como ya es el caso del Banco Santander y su servicio de pagos internacionales (Santander One Pay FX).

6.6 CARDANO

Cardano surgió en 2017 como una alternativa a los contratos inteligentes de Ethereum (Kiayia, Russell, David y Oliynykov, 2017). A diferencia de los segundos, los contratos inteligentes de Cardano son multicapa: separan en un nivel los metadatos del contrato y en otro nivel la transacción en sí. Esto permite que se pueda llevar a cabo la transacción, protegiendo la confidencialidad de los contratantes, lo que no ocurre con Ethereum, y modificar algún término del contrato sin tener que resetear el saldo de la transacción.

6.7 BITCOIN CASH

Bitcoin Cash surgió en 2017 como bifurcación del código de Bitcoin. Al no llegar a un consenso en la comunidad de Bitcoin, algunos programadores decidieron que había que realizar cambios muy fundamentales y radicales que no se podrían seguir implementando en la red de Bitcoin, creando así Bitcoin Cash.

Las ventajas que introduce son el mayor tamaño de los apuntes en el libro de operaciones (más megas) y la mayor velocidad de transacción, con la misma tecnología que Bitcoin. La comunidad apuesta para que Bitcoin Cash destrone a la moneda de Nakamoto en un futuro.

6.8 IOTA

El internet de las cosas es uno de los conceptos en los que más se está invirtiendo actualmente por parte de las empresas. La conexión a internet de los objetos cotidianos, como puede ser la domótica de una casa e incluso la nevera de la misma, presenta grandes retos que han de ser superados antes de implementarse masivamente por los consumidores. Las principales son la capacidad de la red que interconecte los objetos y la seguridad de la exposición a hackeos.

IOTA surgió en 2017 (Serguei, 2017) para dar solución a ambos problemas. La red del criptoactivo está diseñada para aumentar su capacidad por sí misma al aumentar el número de objetos conectados. Por otro lado, IOTA mantiene la seguridad propia de la criptografía. Gracias a ello, la tecnología está en vistas de ser implementada por grandes grupos empresariales como Accenture, Volkswagen o Bosch, entre otros.

7. ÍNDICE BITINDEX Y BITINDEXInv: MARCO TEÓRICO

De acuerdo con el objetivo inicial del presente TFM, en este apartado se describirá cómo se ha estructurado el índice BITINDEX y su inverso, BITINDEXInv. La fórmula elegida, el año base y su valor, la ponderación y el multiplicador (en el caso del índice inverso) son las variables fundamentales del modelo.

En primer lugar, se describirá la fórmula por la que se ha optado para su cálculo, que es similar a la del IBEX-35, pero suprimiendo los ajustes. El índice inverso, por su parte, tendrá su propia fórmula, la cual replicará de forma inversa y en la proporción del multiplicador, la evolución del índice principal. En cuanto a la base, será igual para los dos, con el objetivo de tener el mismo punto de referencia para ambos índices y así poder compararlos. Por último, para la ponderación se utilizarán varias variables que serán combinadas a través del OWA antes de obtener el resultado final.

7.1 LA FÓRMULA DEL ÍNDICE

La fórmula elegida es una media ponderada de los precios, en la que la ponderación de cada criptoactivo se ha establecido a raíz de la evolución de cada moneda en el año 2017. El sumatorio del producto del precio de cada criptoactivo por su respectiva ponderación nos da un valor que comparará con su homólogo del periodo anterior, para calcular así la evolución del índice. La base se establece para el 31-12-2017 con valor \$7.189,00 igual a 1.000 puntos.

Por tanto, la fórmula del BITINDEX se estructurará de la siguiente manera:

$$BITINDEX_t = BITINDEX_{t-1} * \frac{Cap_i(t)}{Cap_i(t-1)}$$

Donde:

BITINDEX_t y BITINDEX_{t-1}: valor del índice en t y t-1

Cap_i(t) y Cap_i(t-1): sumatorio del producto de cada ponderación i por el precio del criptoactivo i en t y t-1

En el caso del BITINDEXInv, la fórmula es diferente, ya que tiene que calcular la inversa del porcentaje de cambio del índice general y, a su vez, multiplicarlo por el multiplicador elegido. En este caso, la fórmula propuesta es la siguiente:

$$BITINDEXInv_t = BITINDEXInv_{t-1} * \left[1 - Mult * \left(\frac{Cap_i(t)}{Cap_i(t-1)} - 1 \right) \right]$$

Donde:

- BITINDEXInv_t: valor del índice inverso en t
- Mult: multiplicador elegido para el índice inverso
- Capi(t) y Capi(t-1): sumatorio del producto de cada ponderación i el precio del critptoactivo i en t y t-1

El multiplicador pasa a ser una variable dentro del modelo, pudiéndose elegir en función del grado de apalancamiento que se desee asumir: inversos dobles, triples, etc. Cuanto mayor sea el multiplicador mayor será el apalancamiento del índice inverso, puesto que por cada movimiento del BITINDEX, el BITINDEXInv se mueve en la proporción del multiplicador, pero en sentido inverso. Por ejemplo, si el primero aumenta un 5% en un día, el segundo disminuirá un 50% si el multiplicador es de 10.

7.2 LA PONDERACIÓN

La ponderación es un factor de gran trascendencia dentro del índice, puesto que establece cuál va a ser el peso de cada criptoactivo en la evolución del mismo. Para ello, se han tenido en cuenta los valores medios en el año 2017 del precio, volumen, capitalización y nivel de popularidad en Google Trend²⁸. Esta última variable, aunque no es tan objetiva, está correlacionada con la evolución del precio de los criptoactivos. Normalmente, cuando un criptoactivo se hace popular los agentes buscan información sobre él y posteriormente realizan la compra.

²⁸ Google Trend: herramienta de Google que mide la frecuencia de búsqueda de un término y lo compara con su histórico. En resumen, mide la popularidad del término en cada momento.

En la Tabla 7.1 se adjuntan las ponderaciones de cada criptoactivo para cada una de las variables antes comentadas. El valor de las mismas es la ponderación de cada criptoactivo en media durante el año 2017. Como se puede apreciar, el Bitcoin domina el índice, como ocurre en la realidad del sector estudiado.

Tabla 7.1: La ponderación de los criptoactivos

Ticker	Precio	Market Cap	Volumen	Google Trend
BTC	73,45%	54,79%	46,72%	16,84%
ETH	4,11%	17,45%	14,57%	23,56%
XRP	0,00%	6,32%	5,60%	7,89%
BCH	16,95%	12,72%	21,77%	8,83%
LTC	0,92%	2,19%	6,53%	7,70%
DASH	4,55%	1,55%	1,27%	20,17%
MIOTA	0,02%	2,37%	2,16%	6,94%
ADA	0,00%	2,61%	1,38%	8,06%
	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fuente: elaboración propia.

En la elección de la ponderación de cada criptoactivo, para evitar la subjetividad y no utilizar una media simple, se hará uso del recurso que ofrecen las medias ponderadas ordenadas, también conocidas como operadores OWA (Yager, 1993). Gracias a dichos operadores se puede agregar gran cantidad de información en un solo dato que la sintetiza y hace más simple el cálculo de índice.

La teoría de Yager afirma que una función F es un operador OWA de dimensión n si tiene asociado un vector W , también de dimensión n , si cumple con las siguientes restricciones:

$$1 \rightarrow w_i \in [0, 1]$$

$$2 \rightarrow \sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Con estas restricciones se garantiza que las ponderaciones se encuentran comprendidas entre 0 y 100%, expresado en tantos por uno, y que la suma de todas ellas es 1 o 100%. Por otro lado, W es el vector OWA de ordenación, encargado de

relacionar cada componente que se quiere sintetizar con su ponderación. En este caso, las ponderaciones son las obtenidas en la Tabla 7.1.

Algunas generalizaciones del OWA, que serán utilizadas en este trabajo, son el máximo, mínimo, media y mediana:

$$F(a_1, \dots, a_n) = \max(a_1, \dots, a_n) \text{ si } w_1 = 1 \text{ y } w_i = 0 \text{ para } i \neq 1$$

$$F(a_1, \dots, a_n) = \min(a_1, \dots, a_n) \text{ si } w_n = 1 \text{ y } w_i = 0 \text{ para } i \neq n$$

$$F(a_1, \dots, a_n) = \text{media}(a_1, \dots, a_n) \text{ si } w_i = \frac{1}{n} \forall i \in [1, n]$$

$$F(a_1, \dots, a_n) = \text{mediana}(a_1, \dots, a_n) \text{ si } w_{\frac{n}{2}} = w_{\frac{n}{2}+1} = 0,5 \text{ y } w_i = 0 \text{ para } \forall i \neq \frac{n}{2}, \left(\frac{n}{2} + 1\right)$$

Los planteamientos teóricos se ejecutan a través de un producto matricial entre el vector W de pesos para cada generalización (Tabla 7.2) y la matriz de argumentos ordenados (Tabla 7.3), dando lugar a un dato único para cada criptoactivo. Este dato es el que se utiliza después para calcular la Cap_i del índice.

Tabla 7.2: Vector W de pesos

Media	Máximo	Mínimo	Mediana
0,25	1	0	0,00
0,25	0	0	0,50
0,25	0	0	0,50
0,25	0	1	0,00

Fuente: elaboración propia

La matriz de argumentos se construye ordenando las ponderaciones de precio, capitalización, volumen y Google Trend de cada criptoactivo de mayor a menor.

Tabla 7.3: Matriz de argumentos ordenados

BTC	ETH	XRP	BCH	LTC	DASH	MIOTA	ADA
0,7345	0,2356	0,0789	0,2177	0,0770	0,2017	0,0694	0,0806
0,5479	0,1745	0,0632	0,1695	0,0653	0,0455	0,0237	0,0261
0,4672	0,1457	0,0560	0,1272	0,0219	0,0155	0,0216	0,0138
0,1684	0,0411	0,0000	0,0883	0,0092	0,0127	0,0002	0,0000

Fuente: elaboración propia

8. DESARROLLO DEL SOFTWARE PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE

Una vez establecidas las bases teóricas de los índices propuestos en el presente TFM, el siguiente paso es desarrollar una aplicación práctica que permita el cálculo de los índices en tiempo real. A este respecto, la herramienta que se ha utilizado es la Programación Orientada a Objetos (POO), en la que los datos de entrada son procesados por los objetos²⁹ para obtener datos de salida con contenido específico. Dentro de los numerosos lenguajes de POO, se ha optado por el uso de Visual Basic for Applications (VBA), el cual permite automatizar tareas en Excel.

La implementación se ha desarrollado en tres subrutinas³⁰, cada una encargada de llevar a cabo un fragmento de la construcción del índice:

- La primera se encarga de descargar los datos desde Yahoo Finance. Para ello, realiza una petición al servidor de Yahoo indicando los tickers, el rango de fecha, la frecuencia y las variables que se quieren descargar en un fichero con formato csv. Los tickers son los nombres que tienen en la base de datos los ocho criptoactivos; el rango de fecha va desde el 31 de diciembre de 2017 hasta el día en el que se calcula el índice; la frecuencia es diaria, con valor de cierre del día anterior, salvo el dato para el día en el que se calcula, en el que exporta el último dato actualizado; y las variables extraídas son el precio de cierre, el volumen y la capitalización de mercado.
- La segunda subrutina se encarga del cálculo de los dos índices, una vez que los datos ya están agrupados y ordenados por fecha descendente (antiguo primero). Las fórmulas que fueron descritas en el apartado anterior se aplican mediante líneas de código que automatizan el proceso.
- La tercera y última subrutina se encarga de graficar los dos índices, para así poder ver la comparativa en todo el periodo de extracción de datos. A este respecto, se

²⁹ Unidad dentro de un programa de computadora.

³⁰ Segmento de código separado del bloque global, el cuál puede ser llamado por otra subrutina en cualquier momento.

ha programado la visión en un gráfico de líneas que permite observar el diferente comportamiento del índice y su inverso.

En la Figura 8.1 se puede observar el aspecto del frontal de Excel que permite ejecutar el cálculo del índice.

Figura 8.1: Frontal del formulario de cálculo de índice

Variables	
Fecha inicio	2017-12-31
Fecha final	2018-06-29
Frecuencia	Diario
Multiplicador inverso	2
<input checked="" type="checkbox"/> Obtener histórico	
Orden fecha	Antigüo primero
OWA	Media

Obtener el índice

417,99	1.411,69
BITINDEX	BITINDEXInv

Ponderaciones							
BTC	ETH	XRP	BCH	LTC	DASH	IOT	ADA
0,48	0,15	0,05	0,15	0,04	0,07	0,03	0,03

Tickers
BTC-USD
ETH-USD
XRP-USD
BCH-USD
LTC-USD
DASH-USD
IOT-USD
ADA-USD

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar, en el cuadro de “Variables” (parte izquierda de la imagen) se indican aspectos fundamentales que son utilizados en la petición de datos a Yahoo: la fecha de inicio y fin del histórico de datos a extraer así como la frecuencia y el orden de colocación de los mismos. También, se puede elegir el multiplicador del índice inverso y la generalización del operador OWA (máximo, mínimo, media o mediana), en consonancia con las opciones que se han comentado anteriormente.

Debajo del cuadro “Variables”, se ubica el cuadro “Tickers”, en el que se listan los tickers de los ocho criptoactivos seleccionados. En este caso, han de ser escritos estrictamente como lo hace Yahoo, puesto que de otra forma no se obtendría el dato del servidor. También comentar que, al tener más popularidad en EEUU, la base de datos se genera en dólares.

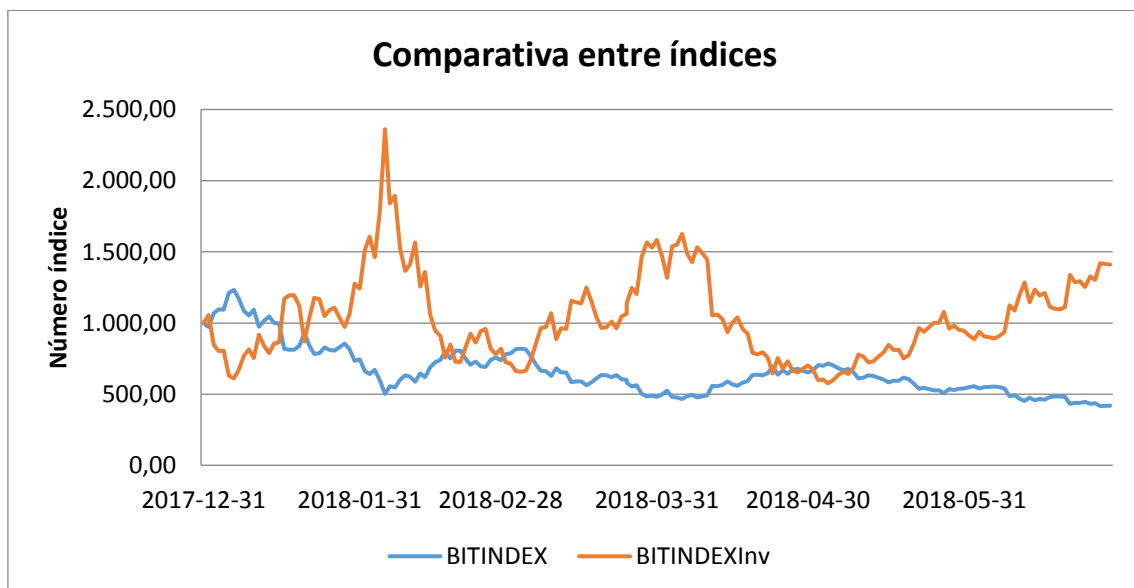
La extracción de los datos es opcional y depende de si está activado o no la opción “obtener histórico” en el cuadro “Variables”.

En la parte central se encuentra el botón “Obtener el índice”, que se encarga de accionar las subrutinas que dan lugar al cálculo del valor de los índices y el gráfico. Como resultado de la operativa y obtención de los índices, en los cuadrados en verde y rojo se obtiene el valor en puntos de los dos índices. Si el fondo es verde indica que el índice tiene un valor superior al del periodo anterior; si es fondo es rojo ocurre todo lo contrario.

Por último, el cuadro “Ponderaciones” incluye la ponderación en tanto por uno de cada criptoactivo, lo que depende del operador OWA que se haya elegido previamente en el cuadro “Variables”, pero que el propio sistema rellena con los datos para

Una vez ejecutado con el botón el proceso, se obtiene el dato numérico para ambos índices, en el color correspondiente en base a las condiciones mencionadas anteriormente (ver en la Figura 8.1) así como un gráfico que permite comparar la evolución histórica de las dos versiones del índice (a modo de ejemplo, Gráfico 8.1.).

Gráfico 8.1: Comparativa histórica entre índices



Fuente: elaboración propia

Así, en el gráfico se puede observar en azul la evolución del BITINDEX, desde su valor base 1.000 a 31 de diciembre de 2017, hasta el actual que ronda los 500 puntos básicos (junio de 2018). La pérdida de popularidad del mercado, fruto de los interrogantes en cuanto a la solidez del mercado, ha hecho que el precio de los criptoactivos no se recupere desde los máximos que tuvo en diciembre de 2017.

Por el contrario, en naranja, se muestra la evolución del BITINDEXInv, la cual es positiva por su construcción. Con un multiplicador de dos, se ha visto beneficiado de los malos momentos por los que pasa su subyacente. Esta representación gráfica permite corroborar que los índices inversos son un perfecto aliado del inversor que desea cubrirse de la evolución negativa de los valores o para aquellos que pujen por su caída.

9. CONCLUSIONES

La principal conclusión del presente TFG es *que la motivación y los medios disponibles actualmente han hecho posible alcanzar el principal objetivo de este trabajo*. Así, siguiendo el planteamiento metodológico, se han podido construir los dos índices de criptoactivos planteados, los cuales se actualizan en tiempo real y permiten en un solo dato conocer la evolución del mercado de criptoactivos.

La herramienta, además, se ha programado en VBA para que sea fácilmente moldeable a posibles cambios en el futuro. Conscientes de que la tecnología con la que se ha trabajado es cambiante, pueden realizarse adaptaciones en el vector de ponderaciones OWA, en la composición del índice o hasta en la propia fórmula, todo ello sin tener que comenzar desde cero.

Por otra parte, la aplicación práctica de la herramienta desarrollada ha permitido realizar un análisis de la situación actual del mercado de criptoactivos en base a los datos obtenidos sobre los índices elaborados. Así, se puede concluir también que, como cabría pensar, actualmente existe una dominancia del Bitcoin sobre todos criptoactivos. La ventaja competitiva de ser el primero en integrar la tecnología junto con la confianza que le otorga el mercado, hace que domine la evolución de ambos índices, influyendo en casi un 50%. Lo mismo ocurre en el mercado actual de intercambio de criptoactivos, con lo que los índices están reflejando bien la situación actual.

En cuanto a la evolución de ambos índices desde su creación, comentar que el BITINDEX ha perdido la mitad de sus puntos. El mercado, desde su punto álgido en diciembre de 2017, no ha dejado de caer llegando hasta la mitad de base que se estableció en 1.000 puntos básicos. Al contrario, el BITINDEXInv ha tenido una evolución positiva, de acuerdo con la filosofía de su construcción: cuando el BITINDEX pierde puntos, el BITINDEXInv los gana, configurándose como una excelente herramienta de cobertura en el mercado.

Por último, existen limitaciones causadas por la falta de regulación en el sector. La introducción de la misma mejorará previsiblemente muchos aspectos sobre los que actualmente los agentes tienen muchas dudas y por los que actúan con mucha cautela. Con ella afianzarán los proyectos realmente válidos: los inversores ya no estarán desprotegidos y podrán tomar sus decisiones apoyándose en información oficial, además de, si llegara el caso, emprender acciones legales ante casos de estafa o manipulación.

Estos cambios podrán actualizarse en el marco teórico de los índices gracias a su flexibilidad; los datos se extraerán de las nuevas fuentes de información y la composición podrá verse afectada; la normativa puede afianzar proyectos, pero también hacerlos inviables ante la imposibilidad de cumplimiento de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

- Aristotle., García Gual, C., y Pérez Jiménez, A. (1977). *La política* (2{487} ed.). Madrid : Editora Nacional. Recuperado a partir de <http://catoute.unileon.es/record>
- BBC. (2018, enero 28). Japón: cómo fue el «mayor robo de criptomonedas» del mundo sufrido por Coincheck por más de US\$500 millones. *BBC*. Recuperado a partir de <http://www.bbc.com/mundo/noticias-42849285>
- Bleymueller, J. (1975). *Teoría y técnica de los índices bursátiles*. Madrid : Tecniban. Recuperado a partir de <http://catoute.unileon.es/record>
- BME. (2018a). *IBEX-35 Doble inverso*. Madrid.
- BME. (2018b). *Normas técnicas para la composición y cálculo de los índices de Sociedad de Bolsas*. Madrid.
- Buterin, V. (2014). A next generation smart contract and decentralized application platform. Recuperado a partir de http://www.the-blockchain.com/docs/Ethereum_white_paper-a_next_generation_smart_contract_and_decentralized_application_platform-vitalik-buterin.pdf
- CFTC. (2015). CFTC orders Bitcoin options trading platform operator and its CEO to cease illegally offering Bitcoin options and to cease operating a facility for trading or processing of swaps without registering. *CFTC*. Recuperado a partir de <https://www.cftc.gov/PressRoom/PressReleases/pr7231-15>
- CNMV. (2015). *Los Fondos Cotizados (ETF)*. Madrid.
- De Vuelta, J. M. (2018, mayo 28). BBVA gana un 1.400% con su inversión en bitcoin sin apenas tocarlo. *El Confidencial*. Recuperado a partir de https://blogs.elconfidencial.com/mercados/de-vuelta/2018-05-28/bbva-gana-un-1400-con-su-inversion-en-bitcoin-sin-apenas-tocarlo_1569678/

- Duffield, E., Schinzel, H., y Gutierrez, F. (2014). Transaction Locking and Masternode Consensus: A Mechanism for Mitigating Double Spending Attacks. Recuperado a partir de <https://es.scribd.com/doc/241012134/Transaction-Locking-and-Masternode-Consensus-A-Mechanism-for-Mitigating-Double-Spending-Attacks>
- EFE. (2017, julio 11). Empieza el juicio por fraude contra el dueño de la casa de cambio de bitcoins Mt.Gox. *La Vanguardia*. Recuperado a partir de <http://www.lavanguardia.com/economia/20170711/424050548110/juicio-fraude-mark-karpeles-bitcoins-mtgox-japon.html>
- EFE. (2018, enero 18). Seis viviendas en España que se pueden comprar en bitcoins. *elEconomista*. Recuperado a partir de <http://www.eleconomista.es/evasion/casas/noticias/8870046/01/18/Seis-viviendas-en-Espana-que-se-pueden-comprar-en-bitcoins.html>
- Gandal, N., Hamrick, J., Moore, T., y Oberman, T. (2018). Price manipulation in the Bitcoin ecosystem. *Journal of Monetary Economics*, 95, 86-96. <https://doi.org/10.1016/J.JMONECO.2017.12.004>
- González Otero, J. M. (2013). *Bitcoin. La moneda del futuro*. Madrid: Unión Editorial.
- González Tudela, J. M. (1975). Los índices bursátiles, significación económica y financiera. *Revista española de financiación y contabilidad*, (14), 507-528. Recuperado a partir de <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/2482535.pdf>
- Hernández Blázquez, B. (2008). Estructura de los principales índices bursátiles europeos. *Manual formativo de ACTA*, (50), 47-56. Recuperado a partir de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5098772&orden=1&info=link>
- Kenneth Galbraith, J. (1977). *El dinero. De donde vino/Adonde fue*. Madrid: Plaza y Janes.
- Kiayias, A., Russell, A., David, B., y Oliynykov, R. (2017). Ouroboros: A Provably Secure Proof-of-Stake Blockchain Protocol. Recuperado a partir de <https://eprint.iacr.org/2016/889.pdf>

- Lapetra, R. (2018, febrero 26). Goldman se pone serio con las criptodivisas: su «startup» Circle compra Poloniex por 400 millones. *Bolsamanía*. Recuperado a partir de <http://www.bolsamania.com/noticias/criptodivisas/goldman-se-pone-serio-con-las-criptodivisas-su-startup-circle-compra-poloniex-por-400-millones--3157486.html>
- Márquez Solís, S. (2016). *Bitcoin. Guía completa de la moneda del futuro*. Madrid: Rama.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Recuperado a partir de <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Peguero, P. (2010). *Funcionamiento de los ETF's inversos* (No. 58). Madrid.
- Popov, S. (2017). The Tangle. Recuperado a partir de http://iotatoken.com/IOTA_Whitepaper.pdf
- Ramos Arévalo, J. M. (2008). ¿Qué es en verdad el dinero? *Revista de Empresa y Humanismo*, XI(2/08), 135-170.
- Schwartz, D., Youngs, N., y Britto, A. (2014). The Ripple Protocol Consensus Algorithm. Recuperado a partir de https://ripple.com/files/ripple_consensus_whitepaper.pdf
- Suberg, W. (2018, enero 9). CoinMarketCap elimina las bolsas de Corea del Sur y el mercado de Ripple cae \$20 mil millones. *Cointelegraph*. Recuperado a partir de <https://es.cointelegraph.com/news/coinmarketcap-removes-south-korea-exchanges-ripple-market-cap-drops-20-billion>
- Weber, M. (1987). *La Bolsa introducción al sistema bursátil* (1a. ed). Barcelona : Ariel. Recuperado a partir de <http://catoute.unileon.es/record>
- Yager, R. R. (1993). On Ordered Weighted Averaging Aggregation Operators in Multicriteria Decisionmaking. En *Readings in Fuzzy Sets for Intelligent Systems* (pp. 80-87). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4832-1450-4.50011-0>