



GRADO EN ECONOMÍA
CURSO ACADÉMICO 2020/2021

TRABAJO FIN DE GRADO

**Análisis Técnico aplicado con un Sistema de
Trading Algorítmico**

**Technical Analysis applied with an Algorithmic
Trading System**

Autor: OSCAR SAINZ BRAVO

Director: FAUSTINO PRIETO MENDOZA

07/07/2021

FIGURAS	4
TABLAS	4
1 RESUMEN/ABSTRACT	5
2 INTRODUCCIÓN	6
3 MARCO TEÓRICO	6
3.1 <i>ANÁLISIS FUNDAMENTAL</i>	6
3.2 <i>ANÁLISIS TÉCNICO</i>	7
3.2.1 Origen: Teoría del Dow Jones.....	7
3.2.2 Tipos de gráficos.....	9
3.2.3 Análisis Chartista	10
3.2.4 Análisis Técnico Estadístico	12
3.2.4.1 Medias móviles	12
3.2.4.2 Bandas de Bollinger	15
3.2.4.3 Osciladores	17
3.2.4.4 Indicador ADX.....	20
3.2.5 Críticas al enfoque técnico	21
3.2.5.1 Teoría de los castillos en el aire	21
3.2.5.2 Hipótesis del mercado eficiente.....	22
3.3 <i>TRADING ALGORITMICO</i>	23
3.3.1 Ventajas y desventajas.	23
3.3.2 Backtest	24
4 MARCO EMPIRICO	24
4.1 <i>SISTEMA INFORMATICO</i>	25
4.2 <i>DATOS</i>	25
4.3 <i>PASOS A SEGUIR PARA CONSTRUIR NUESTRA ESTRATEGIA</i>	26
4.4 <i>ESTRATEGIA 3EMA + ADX ¿EN QUÉ CONSISTE?</i>	27
4.5 <i>SELECCIÓN DE ACTIVOS</i>	28
4.6 <i>BACKTEST H4</i>	29
4.6.1 EURGBP	30
4.6.2 EURJPY	31
4.6.3 SP500	33
4.6.4 GBPJPY.....	34
5 CONCLUSIÓN	37
6 BIBLIOGRAFÍA	38
7 ANEXO	39

FIGURAS

Figura 1: Tendencia teoría del Dow Jones	8
Figura 2: Partes tendencias primarias	8
Figura 3: Cambios de tendencia	9
Figura 4: Gráfico de barras.....	9
Figura 5: Gráfico de velas japonesas	10
Figura 6: Tipos de tendencias	10
Figura 7: Soportes y resistencias.....	11
Figura 8: Hombro cabeza hombro sobre EURUSD	11
Figura 9: Triangulo alcista y triangulo bajista	12
Figura 10: Media móvil simple, ponderada y exponencial	13
Figura 11: Señales con una SMA	14
Figura 12: Señales con cruce de medias EMA (50) y EMA (100)	14
Figura 13: EMA	15
Figura 14: Aplicación de la Bandas de Bollinger	16
Figura 15: Estrategia con Bandas de Bollinger	16
Figura 16: Estrategia con Momentos	18
Figura 17: Estrategia con RSI	19
Figura 18: Estrategia Oscilador Estocástico	20
Figura 19: Indicador ADX.....	21
Figura 20: Estrategia 3EMA + ADX	28
Figura 21: Resultados EURGBP	31
Figura 22: Resultados EURJPY	32
Figura 23: Rendimiento EURJPY	33
Figura 24: Resultados S&P 500	34
Figura 25: Resultados GBPJPY	35
Figura 26: Rendimiento GBPJPY	35
Figura 27: Distribución de los retornos GBPJPY	36
Figura 28: Relación entre riesgo y retorno anualizado en GBPJPY	36

TABLAS

Tabla 1: Interpretación del indicador ADX.....	21
Tabla 2: Porcentaje operaciones positivas, profit factor y esperanza	30
Tabla 3: Script en R	39

1 RESUMEN/ABSTRACT

Existen diferentes formas de operar en los mercados financieros con los que poder obtener una rentabilidad, en las últimas décadas el trading algorítmico ha supuesto una revolución en el mundo de la inversión. Cada vez es más utilizado por inversores particulares, con el objetivo de eliminar la subjetividad y las emociones del *trader* a la hora de invertir.

El objetivo principal de este trabajo es construir una estrategia rentable mediante el lenguaje de programación R. Para ello repasaremos los principios básicos del Análisis Técnico, junto con una revisión de los indicadores más conocidos. Los cuales combinaremos con una serie de normas con el objetivo construir la estrategia. Después, realizaremos un backtest de dicha estrategia con diferentes activos con datos temporales de 4 horas. Por último, los filtraremos escogiendo los mejores activos en los que operar y analizaremos los resultados.

There are different ways of operating in the financial markets to get a return. in the last decades, the algorithmics trading has been a revolution in the investment world. Now it's more used by particular investors, the goal is deleting the subjectivity and the trader`s emotions when they invest.

The main objective of this work is to build a profitable strategy using the R programming language. To do this we will review the basic principles of Technical Analysis together with a review of the most well-known indicators. These will be combined with a set of rules with the aim of building the strategy. Next, we will perform a backtest of that strategy with different assets with 4-hour time data. Finally, we'll sort them by choosing the best assets in which to trade and analyze the results.

2 INTRODUCCIÓN

En primer lugar, vamos a definir que es el “trading”. Según el BBVA (2021) consiste en la compraventa de activos cotizados con mucha liquidez de mercado (acciones, divisas y futuros). Y ese mercado financiero es electrónico y está regulado. Su objetivo es obtener un beneficio económico cuando la operación genera una plusvalía.

En el Trading existen diferentes tipos de inversión, los cuales tienen a inversores de todo el mundo divididos. Estas tres modalidades son: Análisis Fundamental, Análisis Técnico y Trading Algorítmico. En el marco teórico vamos a comentar las bases de cada uno de estos sistemas de inversión y analizar sus ventajas y sus inconvenientes. Sobre todo, centrándonos en el Análisis Técnico Estadístico y en el Trading Algorítmico.

El Análisis Técnico Estadístico se realiza aplicando indicadores técnicos, que no son más que formulas estadísticas que nos dan información ayudándonos a la toma de decisiones a la hora de invertir. Más adelante desarrollaremos algunos de los más conocidos, como son las Medias Móviles, las Bandas de Bollinger, Osciladores de Momentos, Índice de Fuerza Relativa (RSI), Oscilador Estocástico y el ADX.

El Trading Algorítmico es la continuación lógica de la inversión debido al avance tecnológico, eliminando las emociones y la subjetividad a la hora de invertir, todo esto gracias a la ayuda de la automatización de procesos y la inteligencia artificial. La mecánica es muy sencilla, en primer lugar, buscamos una estrategia, en segundo lugar, programamos las reglas de esa estrategia y por último, realizamos un backtest del pasado para ver su efectividad y poder operar con una cierta “tranquilidad” estadística.

En este trabajo diseñaremos una estrategia de inversión basada en indicadores técnicos, la cual será programada y ejecutada en R, en distintos activos. Los datos tendrán una temporalidad de 4 horas por lo que se sitúa dentro del denominado Swing Trading (medio plazo). Después escogeremos los activos que mejor se hayan comportado y estudiaremos sus resultados más a fondo.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 ANÁLISIS FUNDAMENTAL

El Análisis Fundamental, también denominado como Inversión en Valor fue concebido por Benjamin Graham poco después del desplome de Wall Street de 1929, impulsado por conseguir una forma de inversión más segura. Poco después en 1934 con ayuda de David Dodd publicaron lo que sería y es, una de las mayores referencias literarias en el mundo de las inversiones “Security Analysis”. En este libro sentaron las bases de lo que se conoce ahora por inversión en valor. Su principal objetivo, es la diferenciación entre valor y precio. Busca oportunidades en el mercado en compañías en las que el precio de mercado es inferior al valor real de la compañía, lo que definió como “margen de seguridad”. La acción en el largo plazo debería tender a reducir este margen de seguridad, ajustando el precio de la cotización a su valor fundamental.

El análisis fundamental como hemos mencionado anteriormente se centra en el análisis situación de la empresa. Los pilares básicos del análisis fundamental son el análisis de la empresa (contabilidad y finanzas), análisis de la industria, condiciones macroeconómicas y perspectivas sobre beneficios futuros.

La mayor crítica que se le puede realizar este estilo de inversión es la ausencia de información perfecta en el mercado. Esto nos puede conducir a malas estimaciones de lo que consideramos el valor de una empresa. No porque los modelos de valoración de las empresas sean erróneos si no porque tenemos una percepción parcial de lo que es la empresa.

3.2 ANALISIS TÉCNICO

El Análisis Técnico consiste en el estudio de movimientos en el mercado, sobre todo mediante la observación del gráfico, con el objetivo de averiguar futuras tendencias en los precios. Cuando nos referimos a “movimientos en el mercado” nos centramos principalmente en el precio y en el volumen de negociación. Sus pilares básicos son:

- El precio lo descuenta todo: cualquier elemento que afecta al mercado, tanto económicos, políticos, especulativos... Todos ellos los refleja el precio con la lucha constante entre oferta y demanda.
- El precio se mueve en tendencias: estas pueden ser largas o cortas, y el objetivo del Análisis Técnico es encontrarlas y aprovecharlas, ya que cuando se da una tendencia es más probable que se repita en el tiempo que cambie.
- El mercado tiene memoria: la psicología humana afecta a los inversores a la hora de actuar en situaciones similares que han vivido en el pasado, actuando de la misma forma provocando la repetición de pautas en el precio.

3.2.1 Origen: Teoría del Dow Jones

Las bases del análisis técnico tienen su origen en el año 1882, cuando Charles Henry Dow y Edward Jones fundaron la Dow Jones & Company. Dos años más tarde Dow publicó por primera vez en la historia un índice compuesto por nueve empresas de ferrocarriles y dos industriales. Con esto pretendía realizar un diagnóstico de la salud de la economía estadounidense. Con el paso de los años se fueron creando índices para cada industria y añadiendo más empresas a los mismos. En el año 1928 el índice industrial contaba con 30 compañías, al igual que el reconocido índice Dow Jones en la actualidad.

La Teoría de Dow se compone de seis principios básicos:

1. Las medias lo descuentan todo: al igual que el precio lo descuenta todo para un activo, media de un sector nos indica toda la información del mismo.
2. Un mercado puede tener tres tendencias: con las que realizaba un símil con el mar, la primaria que era la marea, la secundaria que decía que eran las olas y la menor que eran las ondas. En la Figura 1 lo podemos ver de una forma más clara.



Figura 1: Tendencia teoría del Dow Jones realizado sobre el S&P500 con datos diarios. Fuente: elaboración propia en XTB.

3. Las tendencias primarias tienen tres partes: como así se representa en la Figura 2, acumulación (compra por los agentes más audaces), participación pública (entran al mercado los “sigue tendencias”) y distribución (llamados por las altas rentabilidades empiezan a invertir el público en general).

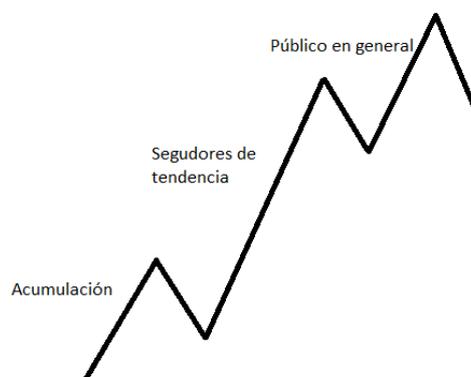


Figura 2: Partes tendencias primarias. Fuente: elaboración propia

4. Confirmación de medias: para que una señal de una media tuviera sentido debía ser confirmada por la media de otro sector industrial.
5. El volumen tiene que confirmar la tendencia: está en un segundo plano, pero también es importante. En una tendencia ascendente deberá aumentar a medida que los precios suben y descender a medida que los precios bajan. En una descendente debe aumentar a medida que los precios bajan y crecer a medida que los precios suben.
6. Se presupone que la tendencia sigue activa hasta que el cambio de tendencia es notorio: hay diferentes teorías al respecto, algunos defienden como en la parte izquierda de la Figura 3 que se produce un cambio de tendencia alcista hacia una tendencia bajista cuando se supera a la baja el primer mínimo, y otros como podemos ver en la parte derecha de la Figura 3 cuando se ha

superado el segundo mínimo decreciente. Para una tendencia bajista sería justamente, al contrario.

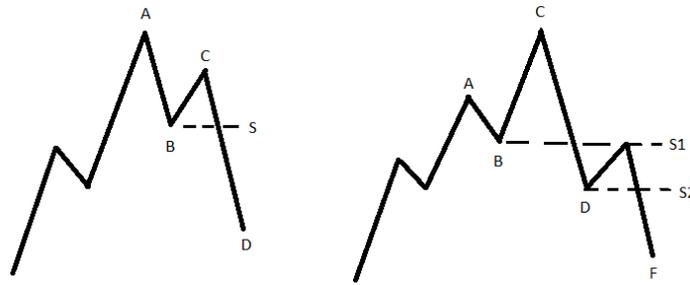


Figura 3: Cambios de tendencia. Fuente: elaboración propia.

3.2.2 Tipos de gráficos

En Análisis Técnico existen diferentes tipos de gráficos, cada uno de ellos nos muestra una información. Entre estos los más utilizados son:

- Gráfico de líneas: el más sencillo de todos, nos muestra el precio de cierre del activo en cada momento del tiempo.
- Gráfico de barra: este gráfico algo más complejo que el anterior, como podemos ver en la Figura 4, nos informa del precio de apertura, máximo, mínimo y cierre de una cotización. En la Figura 4 a la izquierda podemos ver una barra alcista y a la derecha una barra bajista.

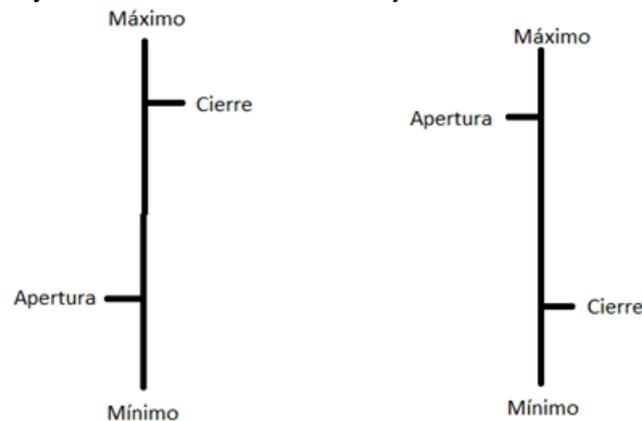


Figura 4: Gráfico de barras. Fuente: elaboración propia.

- Gráfico de velas japonesas: denominado así por su origen, se remontan hasta el siglo XVII en Japón en el mercado de futuros del arroz. Este gráfico es el más utilizado, aunque como podemos observar en la Figura 5 nos proporciona la misma información que el gráfico de barras. Representado en verde tenemos una vela alcista (el precio de cierre supera el precio de apertura), por su parte, la vela bajista representada en rojo (el precio de cierre se encuentra por debajo del precio de apertura).

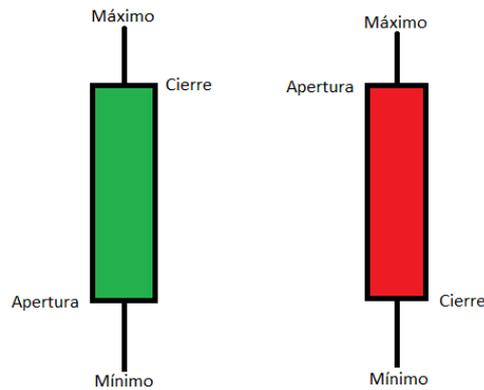


Figura 5: Gráfico de velas japonesas. Fuente: elaboración propia.

En estos dos últimos tipos de gráficos es donde entra en juego la temporalidad de los datos, ya que cada barra o vela nos muestra dicha información. Podemos llegar a encontrar gráficos con temporalidades desde 1 minuto hasta de un mes.

3.2.3 Análisis Chartista

El Análisis Chartista consiste en identificar patrones en las velas que se repitan y que nos ayuden a construir una estrategia de mercado eficaz. Vamos a explicar las bases del análisis Chartista mediante varios ejemplos básicos de Murphy (1999)

- **Tendencia:** es el elemento más básico, pero a su vez esencial para entender este tipo de análisis. A grandes rasgos se considera tendencia a la dirección en la que se mueve el precio de un activo. Este movimiento, en la gran mayoría de los casos no es lineal, y suelen caracterizarse por realizar zigzags, lo que genera máximos y mínimos. Como podemos observar en la Figura 6, para detectar una tendencia alcista (verde) es necesario unir una serie de mínimos crecientes y para detectar una tendencia bajista (rojo), al contrario, una serie de máximos decrecientes. Pero las tendencias no siempre son alcistas o bajistas, también podemos encontrar tendencias laterales (azul).

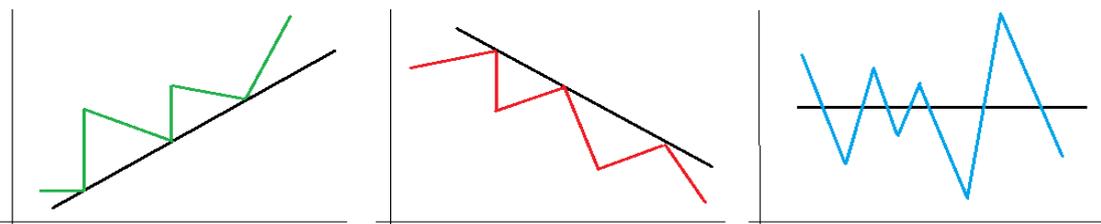


Figura 6: Tipos de tendencias. Fuente elaboración propia.

- **Soportes y resistencias:** son denominados soportes a los mínimos de los que hablábamos previamente, y resistencias a los máximos. Cuando nos encontramos en una tendencia ascendente las resistencias dificultan dicha subida, a su vez con los soportes ocurre igual en las tendencias bajistas. Con este mecanismo se fundamenta en uno de los principios previamente mencionado en los principios del análisis técnico, el que el mercado tiene memoria. Ya que los inversores recuerdan anteriores máximos y mínimos lo

que produce que estos precios sean conflictivos en el futuro. Por ello como podemos observar en la Figura 7 los soportes (verde) pueden convertirse en resistencias (rojo) y viceversa.

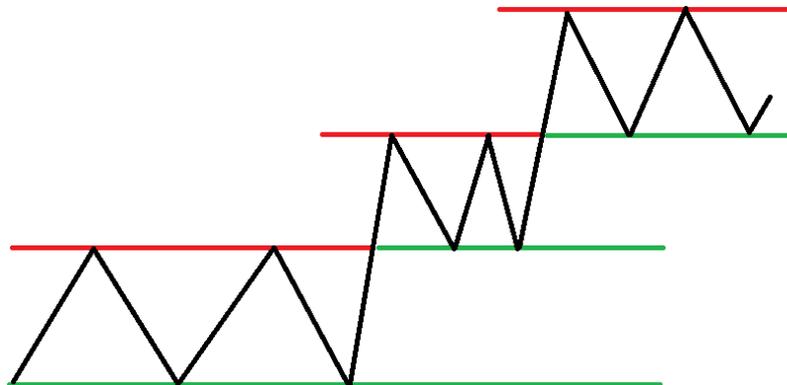


Figura 7: Soportes y resistencias. Fuente: elaboración propia.

- **Figuras de cambio de tendencia:** como doble techo, doble suelo, suelos, techos redondeados, hombro cabeza hombro, etc. Esta última es la más conocida, la forma de esta Figura es la que su propio nombre indica. Visto en la Figura 8 con encontramos con la “línea del cuello” la cual hace de soporte a los mínimos de la estructura, además tenemos un primer “hombro” seguido de la “cabeza” (máximo superior al del hombro) y después otro hombro inferior a la cabeza. Una vez rota la línea del cuello debemos buscar una caída como mínimo de la altura de la cabeza.



Figura 8: Hombro cabeza hombro sobre EURUSD en velas de 15 min. Fuente: elaboración propia con la plataforma XTB.

- **Figuras de continuación de la tendencia:** como triángulos cuñas, bandera, ensanchamiento, diamante... De este grupo de Figuras los triángulos son las más conocidas. Como podemos observar en la Figura 9, se trata de un conjunto de máximos decrecientes (triángulo alcista) o mínimos crecientes (triángulo bajista) que producen una acumulación que termina rompiendo hacia

arriba (alcista) o hacia abajo (bajista), y la proyección mínima esperada es la altura máxima del triángulo.

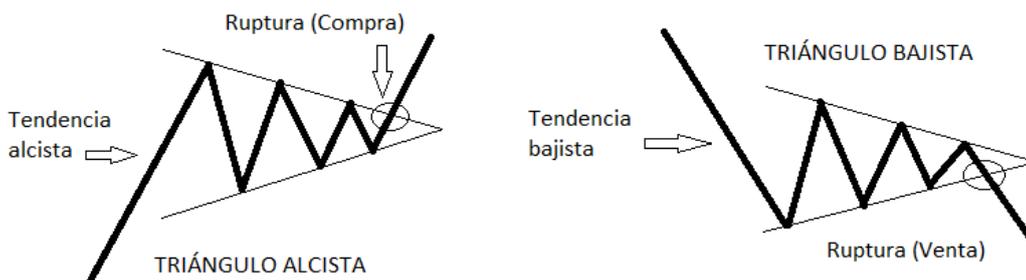


Figura 9: *Triangulo alcista y triangulo bajista.* Fuente: elaboración propia.

La gran crítica que se le puede achacar al Análisis Técnico Chartista es su subjetividad, ya que cada uno de los inversores especializados en esta disciplina puede tener un diagnóstico distinto a la hora de interpretar el mismo gráfico, ya que no sigue unas reglas estrictas y puede dar lugar a señales de inversión erróneas. Con el avance de la inteligencia artificial se han podido desarrollar algoritmos capaces de detectar algunos de estos patrones cuantificables.

3.2.4 Análisis Técnico Estadístico

Se trata de un tipo de análisis que utiliza diferentes indicadores u osciladores, los cuales eliminan en parte la subjetividad del análisis de la información que nos proporciona el precio y el volumen. A diferencia del análisis gráfico el cual podía llevar a dos inversores que observan el mismo gráfico a tomar decisiones opuestas, estos indicadores arrojan los mismos datos a todos sus usuarios y son fácilmente automatizables. Existen infinidad de indicadores técnicos, desde los más simples a los más complejos. Cada uno de ellos tiene unos pros y unos contras, que desarrollaremos más a fondo a continuación.

3.2.4.1 Medias móviles

Se trata como su propio nombre indica de un promedio de un determinado conjunto de datos. Lo que nos ayuda a suavizar los datos para una sencilla interpretación. Puedes elegir para ello tanto el precio de apertura, cierre, máximo o mínimo, además es aplicable para cualquier periodo muestral.

Existen diferentes tipos de medias móviles en función de cómo se calcula la misma. Las más utilizadas son:

- Media móvil simple o aritmética (SMA): es la más utilizada. Como podemos ver en la ecuación 1 cada valor tiene el mismo peso, esta es su mayor crítica. En la Figura 7 aparece representada en verde.

$$SMA_i(n) = \frac{\sum_{i=n}^n P_i^{Cl}}{n} \quad (1)$$

donde:

- P_i^{Cl} = precio del activo en el instante i.
 - n = número de periodos considerados
- Media ponderada linealmente (LWMA): soluciona parte de la crítica a la MA, como podemos ver en la ecuación 2, en la ecuación 3 vemos que da menor importancia a los valores más alejados del periodo actual. En la Figura 10 está representada en naranja.

$$LWMA_i(n) = \frac{\sum_{i=n}^n P_i^{Cl}(n) * w_i}{n} \quad (2)$$

$$w_i = \frac{n-i}{n} \quad (3)$$

donde:

- $P_i^{Cl}(n)$ = precio del activo en el instante i.
 - n = número de periodos considerados.
 - $w_p(i)$ = ponderación lineal en el periodo i.
- Media móvil exponencial (EMA): sigue el mismo patrón que la media linealmente ponderada, pero más suavizada como podemos ver en la ecuación 5. En la Figura 10 se representa en color azul.

$$EMA_i(n) = [P_i^{Cl} - EMA_{i-1}(n)] * w_i^e + EMA_{i-1}(n) \quad (4)$$

$$w_i^e = \frac{2}{n+1} \quad (5)$$

donde:

- P_i^{Cl} = precio del activo en el instante i.
 - n = número de periodos considerados.
 - w_i^e = ponderación exponencial en el periodo i.
 - $EMA_{i-1}(n)$ = media móvil exponencial de n periodos en el periodo anterior al instante i.

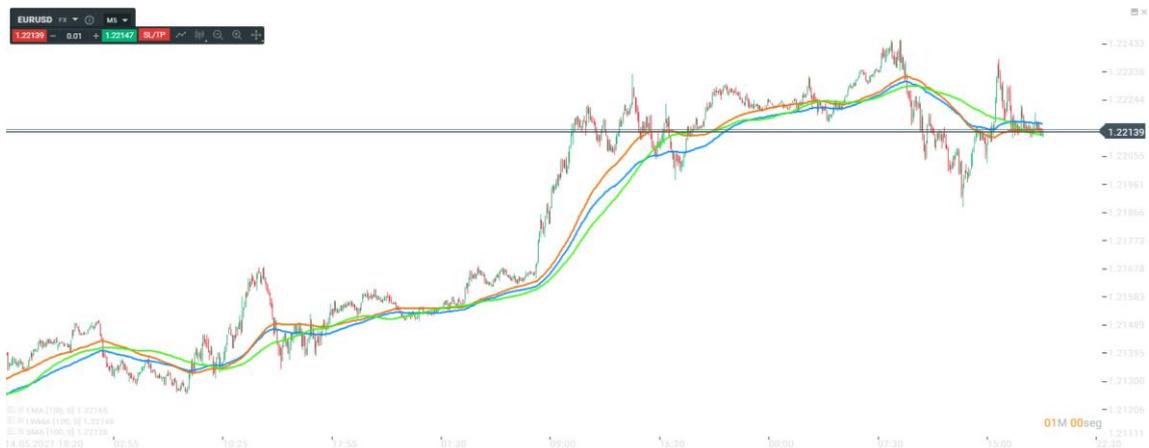


Figura 10: Media móvil simple, media móvil ponderada y media móvil exponencial (todas ellas de 100 periodos), sobre EURUSD con una temporalidad de 5 minutos.

Fuente: elaboración propia con la plataforma XTB.

Podemos observar cómo pese a tener en cuenta los últimos cien periodos estas medias no se comportan igual. La LWMA sigue más de cerca al precio, por lo comentados anteriormente, después la EMA y por último la MA.

Todas las medias móviles se pueden usar de diferentes formas y aplicar en cualquier activo financiero y en cualquier gráfico temporal, Murphy (1999) las más comunes son:

- Cruce de medias con el precio: cómo podemos ver en la Figura 11, cuando precio cruza por encima de una media móvil se genera una señal de compra (círculo verde) y cuando el precio cruza por debajo de la media se genera una señal de venta (círculo rojo).



Figura 11: Señales con una SMA de 200 periodos en EURUSD con datos diarios. Fuente: elaboración propia con la plataforma XTB.

- Cruce de medias: añadiendo medias móviles de diferentes periodos como en la Figura 12 podríamos considerar una señal de compra (círculo verde), cuando la media más rápida (azul claro) cruza por encima de la media más lenta (azul oscuro), y de venta, al contrario, cuando la media más rápida cruce por debajo de la más lenta (círculo rojo).



Figura 12: Señales con cruce de medias EMA (50) y EMA (100) sobre el DAX alemán durante la crisis de coronavirus con velas de 4 horas. Fuente: elaboración propia con la plataforma XTB.

- Soportes o resistencias: observamos como la media es utilizada como soporte por el precio hasta en cinco ocasiones en una tendencia alcista.



Figura 13: EMA (100) utilizada como soporte en el DAX alemán con datos de 4 horas.
Fuente: elaboración propia con la plataforma XTB.

Las estrategias de las medias pueden ser muy eficaces, sobre todo cuando los movimientos del mercado son tendenciales, ya que cuando el mercado se sitúa en rango nos puede dar lugar a muchas señales falsas que acabarían dinamitando nuestra rentabilidad.

3.2.4.2 Bandas de Bollinger

Introducidas por el analista financiero John Bollinger en los años ochenta, las Bandas de Bollinger como podemos ver en la ecuación 6 constan de una media móvil de n periodos y en la ecuación 7 vemos la banda superior con D desviación típica positiva y en la ecuación 8 otra inferior con D desviación típica negativa.

$$BC_i(n) = SMA_i(n) \quad (6)$$

$$BS_i(n) = SMA_i(n) + (D * StdDev) \quad (7)$$

$$BI_i(n) = SMA_i(n) - (D * StdDev) \quad (8)$$

donde:

- $BC_i(n)$ = banda central.
- $BS_i(n)$ = banda superior.
- $BI_i(n)$ = banda inferior.
- $StdDev$ = desviación típica.
- El n más usado es 20.
- La D más usada es 2.

Al añadirle las dos desviaciones típicas logramos capturar dentro de las bandas en 95% de los datos que nos proporciona el precio (si le añadiéramos tres el 99%). En la Figura 14 podemos observar las Bandas de Bollinger, vemos como el precio fluctúa prácticamente todo el tiempo dentro de las BB, con la excepción de pequeños impulsos que rápidamente se corrigen y el precio vuelve a entrar dentro de las bandas.



Figura 14: Aplicación de la Bandas de Bollinger en el Oro con velas de 15 minutos.
Fuente: elaboración propia con la plataforma XTB.

Además, el ancho de las bandas nos ofrece una información extra muy valiosa, ya que miden la volatilidad del activo, cuando las bandas están muy separadas la volatilidad es alta, por el contrario, cuando la volatilidad es baja las bandas se sitúan cerca de la media.

Las Bandas de Bollinger se pueden usar de diferentes formas, Alexander Elder en “Vivir del Trading” nos indica una forma de utilizarlo. Usando como señal de compra (círculo verde) un cruce del precio por encima de la banda central y como objetivo la banda superior (rectángulo verde), y para una venta funcionaría, al contrario, cuando el precio cruce por debajo de la banda central se produce la señal de venta (círculo rojo) con un objetivo en la banda inferior (rectángulo rojo).



Figura 15: Estrategia con Bandas de Bollinger en el Oro con velas de 15 minutos.
Fuente: elaboración propia con la plataforma XTB.

El problema de esta estrategia es que corta demasiado rápido las ganancias, mientras que las pérdidas no, además puede dar lugar a demasiadas señales falsas.

3.2.4.3 Osciladores

A diferencia de las medias móviles las cuales son muy eficaces a la hora de detectar tendencias los osciladores funcionan muy bien cuando el precio se mueva en un rango horizontal (Murphy, 1999). Otra diferencia entre osciladores y las medias es que los osciladores se representan fuera del gráfico del precio, normalmente en la parte inferior del gráfico. Cada oscilador posee una escala propia, aunque la más común es de 0 a 100. Los usos más importantes del oscilador según Murphy (1999) son los siguientes:

- Sobrecompras y sobreventas: los osciladores nos dan mucha información cuando tocan valores extremos, cuando es un valor extremo muy alto lo consideramos que el activo está sobrecomprado, y cuando está demasiado bajo consideramos que está sobrevendido. Nos advierte sobre un posible cambio de tendencia.
- Divergencias: consideramos que se está dando una divergencia cuando el precio de un activo y el oscilador no van en concordancia, normalmente se salda con un cambio de tendencia.
- Cruce línea central: en algunos indicadores puede que sea un cero, en otros un 50, pero la interpretación es la misma, nos puede dar una señal sobre la dirección de la tendencia.

Osciladores más utilizados:

A. Momentos

El momento es el oscilador más sencillo, ya que como podemos ver en la ecuación 9, consta simplemente de una resta entre el último precio de cierre y el último precio de cierre de hace n días.

$$MOM_n(i) = P_{Cl}(i) - P_{Cl}(i - n) \quad (9)$$

donde:

- $P_{Cl}(i)$ = precio de cierre en el instante i
- n = periodos utilizados.

Como podemos observar en la Figura 16 gracias a la estrategia de momentos podemos apreciar una divergencia entre el precio y el indicador. El precio está creando máximos crecientes mientras que el indicador está creando máximos decrecientes, dicha divergencia se salda con una caída considerable del precio.



Figura 16: Estrategia con Momentos (14) en el gráfico del Russell 2000 con velas de 1 hora. Fuente: elaboración propia con la plataforma XTB.

B. Índice de Fuerza Relativa.

Más conocido como RSI (Relative Strength Index), fue desarrollado por Wilder Jr. el cual presentó en 1978 en su libro “New Concepts in Tecchnical Trading System”. Creado con el objetivo de suavizar los cambios bruscos que nos proporciona el indicador de momentos, es sin duda el oscilador más conocido y más utilizado. Además, como podemos ver en la ecuación 10, los resultados obtenidos aparecen acotados entre 0 y 100, lo que nos ayuda a eliminar la parte subjetiva y circunstancial del oscilador de momentos.

$$RSI_i(n) = 100 - \frac{100}{1+RS} \quad (10)$$

$$RS = \frac{MAA_n}{MAB_n} \quad (11)$$

donde:

- RS = fuerza relativa
- MAA_n = media de cierres alcistas en los últimos n periodos.
- MAB_n = media de cierres bajistas en los últimos n periodos.

En la Figura 17 podemos ver un ejemplo de las tres opciones para interpretar un oscilador. Por un lado, representado en amarillo podemos ver como se forma una tendencia alcista la cual detectamos ya que RSI se sitúa por encima del valor 50, durante gran parte de la misma. Después en el canal azul vemos como las señales de sobre compra ($RSI > 70$) y sobreventa ($RSI < 30$) funcionan correctamente como señales de compra y venta. Y, por último, en azul marino podemos detectar un cambio de la tendencia intermedia debido a una divergencia entre indicador y precio.



Figura 17: Estrategia con RSI (14) gráfico del Nasdaq 100 con velas de 1 hora.
Fuente: elaboración propia con la plataforma XTB.

C. Estocástico.

El proceso estocástico fue desarrollado a finales de la década de los cincuenta por George Lane y un grupo de inversores en Chicago. George Lane es un conocido inversor del siglo XX, especializado en el Análisis Técnico, fue el presidente de Investment Educators Inc., donde enseñaba a inversores a entender los mercados financieros. Era recurrente escuchar a George Lane esta frase para explicar el funcionamiento de su indicador: “El estocástico mide el impulso del precio. Si visualizamos un cohete que sube en el aire, antes de que pueda bajar, debe reducir la velocidad. El impulso siempre cambia de dirección antes de precio.”

Este oscilador compuesto por %K y por %D. En la ecuación 12 vemos %K que mide porcentualmente donde se encuentra el precio de cierre en relación con la franja de precios de un periodo n. En la Figura 13 vemos %D que simplemente es una media móvil de m periodos. (Murphy, 1999).

$$\%K_i(n) = \frac{P_i^{Cl} - P_L(n)}{P_H(n) - P_L(n)} \quad (12)$$

$$\%D_i(m) = SMA_m(\%K_i) \quad (13)$$

donde:

- P_i^{Cl} = Precio de cierre en el instante anterior.
- $P_L(n)$ = Precio mínimo en los últimos n periodos.
- $P_H(n)$ = Precio máximo en los últimos n periodos.
- SMA_m = Media móvil simple de m periodos.
- $n > m$ = ya que consideramos una media móvil rápido.

En la Figura 18 podemos observar el oscilador estocástico con un n de 14 periodos y un m de 3 periodos. Vemos las señales de compra (circunferencia verde), cuando se produce un cruce de %D (naranja) por encima de %K (rojo) al cruzar la zona del 20%. Y al revés sucede para las señales de venta (circunferencia roja), cruce de %D por debajo de %K al cruzar la línea del 80%.

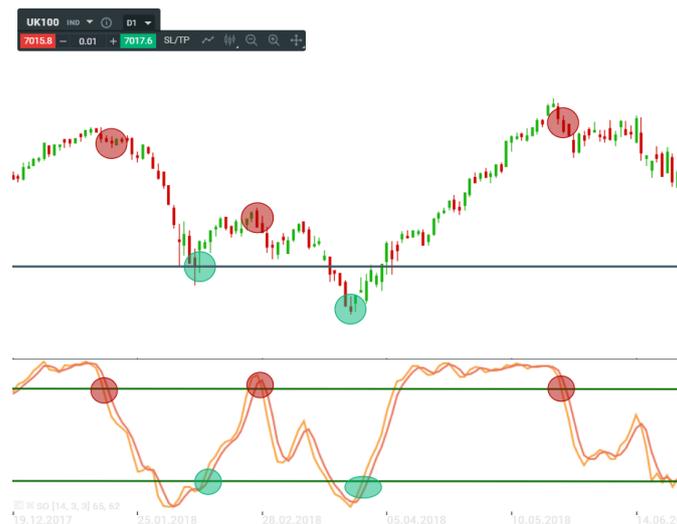


Figura 18: Estrategia Oscilador Estocástico en el Fointsie 100 con velas de 1 día.
Fuente: elaboración propia con la plataforma XTB.

3.2.4.4 Indicador ADX

Una de las cosas más importantes en el trading es saber si el precio se encuentra en tendencia o en rango, por que como hemos visto anteriormente, unos indicadores funcionan mejor en tendencia y otros funcionan mejor en mercados laterales. J. Walles Wilder Jr. desarrollo el indicador ADX, el cual salió a la luz en 1978, al igual que el RSI. Wilder consiguió crear un indicador para evaluar la fuerza de las tendencias en las materias primas con datos diarios y a escala 0 a 100. Pronto fue reconocido y utilizado por infinidad de inversores en diferentes activos.

Para calcular el ADX es necesario calcular primero el +DI (ecuación 14) y el -DI (ecuación 16). En la ecuación 19 podemos ver como se calculan dichos indicadores. (Wilder, 1978)

$$+DI = \left(\frac{\text{Suavizado} + (+DM)}{ATR} \right) * 100 \quad (14)$$

$$\text{Suavizado} + (+DM) = \sum_{t=i}^{14} (+DM) - \left[\frac{\sum_{t=1}^{14} (+DM)}{14} \right] + CDM \quad (15)$$

$$-DI = \left(\frac{\text{Suavizado} + (-DM)}{ATR} \right) * 100 \quad (16)$$

$$\text{Suavizado} + (-DM) = \sum_{t=i}^{14} (-DM) - \left[\frac{\sum_{t=1}^{14} (-DM)}{14} \right] + CDM \quad (17)$$

$$DX = \left(\frac{|(+DI) - (-DI)|}{|(+DI) + (-DI)|} \right) * 100 \quad (18)$$

$$ADX = \frac{(\text{Prior } DX * (n-1)) + \text{Actual } DX}{n} \quad (19)$$

Donde:

- n = número de periodos
- $+DM$ = Máximo actual - Máximo anterior (n)

- $-DM$ = Mínimo actual - Mínimo anterior (n)
- CDM = DM actual
- ATR = Average True Range

En la tabla 1 podemos observar la interpretación de los resultados de dicho indicador.

Tabla 1: Interpretación del indicador ADX.

Valor de ADX	Fortaleza de la tendencia
0-25	Ausencia de tendencia
25-50	Tendencia fuerte
50-75	Tendencia muy fuerte
75-100	Tendencia extremadamente fuerte

Fuente: "New Concepts in Technical Trading System ".

En la Figura 19 podemos ver cómo funciona el indicador ADX de 14 periodos (azul), +DM (verde) y -DM (rojo). Cuando los valores del ADX están por debajo de 25 se forma un canal (precios en un rango lateral), cuando sobrepasan 25 los precios están en tendencia. cuando el +DI está por encima del -DI nos indica una tendencia alcista y al contrario una tendencia bajista.



Figura 19: Indicador ADX aplicado al Petróleo con velas de 1 día. Fuente: elaboración propia con la plataforma XTB.

3.2.5 Críticas al enfoque técnico

3.2.5.1 Teoría de los castillos en el aire

John Maynard Keynes, en 1936 enunció la teoría de los castillos en el aire en la cual afirma que los inversores inteligentes se centran en analizar cuál será el comportamiento que tendrá la multitud en el futuro. El problema que Keynes observa es que se basa en que la inversión tiene un valor porque esperas vendérsela a alguien que le dé un valor mayor al precio que te hiciste con esa acción. Es decir, se confía en que haya un "primo", que te compre esa acción a un precio más elevado del que pagaste. En el momento en que no nadie está dispuesto a comprar esa acción a ese precio, automáticamente te conviertes en el "primo" y el castillo que has creado en el aire se derrumba.

Malkiel (1973) afirma que los inversores que se basan en análisis técnico utilizan estrategias centradas en periodos de optimismo, en donde los inversores convierten sus esperanzas en castillos en el aire. Y afirma que la mejor forma de batir al mercado es con un fondo indexado y diversificado en el largo plazo. Malkiel (1973) considera que el problema del análisis técnico viene dado por las altas comisiones, ya que para conseguir una buena estrategia que sea robusta y estable en el tiempo es necesario realizar muchas compras y ventas, en las cuales se producen unos costes que afectarán al beneficio futuro.

3.2.5.2 *Hipótesis del mercado eficiente.*

Eugene Fama es el reconocido padre de “La Hipótesis de Eficiencia de los Mercados”. Fama (1970) concluye que el precio de un activo financiero es el equilibrio que se forma a partir de la lucha entre la oferta y la demanda, que a su vez está compuesta por todos los agentes que participan en dicho mercado. Por lo que el precio muestra el valor intrínseco de dicho activo. El movimiento de los precios producido por cualquier noticia o información existente es el ajuste instantáneo y eficiente del valor. Malkiel (1999, 2003, 2005) entre otros ha desarrollado varios de indicadores para probar dicha teoría, concluyendo que el mercado de capitales es un mecanismo óptimo de asignación de recursos.

Bajo esta hipótesis Fama (1970) propuso tres niveles de eficiencia en los mercados dependiendo del tipo de información y la velocidad con la que se incorpora al precio del producto financiero: débil, semi-fuerte y fuerte.

1. Eficiencia en sentido débil:

Solamente la información de los precios y retornos históricos. Además, las series históricas no tienen memoria, por lo que un inversor no puede obtener rendimientos superiores a la media. Los precios solo se mueven por nuevos aconteciendo o información, relacionado con la teoría de Random Walk (paseo aleatorio). Esta teoría fue introducida por Fama (1965) en su tesis doctoral Como podemos ver en la ecuación 20 el precio de la acción sería igual al precio de la acción ayer más un componente aleatorio.

$$P_t = \mu + P_{t-1} + u_t \quad (20)$$

donde:

- P_t = precio activo hoy.
- μ = componente aleatorio.
- P_{t-1} = precio activo ayer.
- u_t = termino de error.

Con esta hipótesis de eficiencia débil valoración de los precios es incorporada de forma inmediata por nuevos acontecimientos sin que al inversor le dé tiempo a reaccionar de ningún modo, por lo que una cartera de acciones aleatoria si podrá batir al mercado, pero el análisis técnico no.

2. Eficiencia en sentido semi-fuerte:

Existe cuando toda la información pública existente en el mercado se incorpora directamente en el precio sin dar tiempo a los inversores a actuar. Cuanto mayor sea

el retraso en la incorporación de la noticia al mercado el mercado será menos eficiente.

Ni el análisis técnico ni el fundamental sería capaz de batir al mercado solo se haría con información privilegiada.

3. Eficiencia en sentido fuerte:

En este caso toda la información pública del mercado, y la información privilegiada, por lo que nadie es capaz de batir al mercado, solamente el azar.

3.3 TRADING ALGORITMICO

El avance de las nuevas tecnologías ha permeado en todas lo que nos rodea hoy en día, y el trading no iba ser menos. Según Kissell (2014) los sistemas de trading automático o trading algorítmico es la manera de operar en los mercados financieros con el objetivo de ejecutar compras y/o ventas de activos financieros de forma automática con el uso de programas, procesos y algoritmos informáticos. El trading algorítmico comenzó a implementarse en los inicios de la computación, con sencillos modelos con los que se intentaba predecir el precio de acciones y bonos. Uno de los pioneros fue Van Tharp en la década de los sesenta creando modelos estadísticos para la gestión de carteras.

El trading algorítmico ha presentado un crecimiento exponencial en lo que llevamos de siglo, Buckey (2016) afirma que en el año 2003 el trading algorítmico representaba un 15% del volumen total de comercio en Estado Unidos, frente al 85% que representa en 2012, porcentaje muy superior al mercado europeo o el japonés en los que supone alrededor del 35%.

3.3.1 Ventajas y desventajas.

El trading automático como todo tiene sus pros y sus contras. Existen los defensores del trading tradicional (discrecional), los cuales prefieren operar en los mercados financieros basándose en su experiencia y sus emociones, y por otro lado están los defensores del trading algorítmico. De algo no hay duda, y es que, si el trading algorítmico ha cobrado tanto peso en las operaciones globales, llegando a casi el 70% de las transacciones, por algo será (Confnas, 2016). Vamos a utilizar como ventajas y desventajas las citadas por Kissell (2014):

Ventajas:

- Bajas comisiones: normalmente las comisiones son más bajas que en el comercio de activos financieros tradicional.
- Anonimato: al ejecutar la orden a través del bróker.
- Control: los *traders* controlan toda la operativa, y pueden modificarla o cancelarla en cualquier momento.
- Acceso: la alta velocidad de la red proporciona la posibilidad al usuario de ejecutar el algoritmo al instante.

- Ahorro de tiempo: con un sistema de trading automático conectado al mercado no necesitas estar pendiente del gráfico.
- Competencia: nuevos proveedores independientes, más plataformas y software de trading.
- Menores costes de transacción: los ordenadores son capaces de detectar nuevas condiciones o eventos en el mercado de una forma extremadamente rápida.
- Sin emociones o subjetividad: las reglas están perfectamente marcadas y se ejecutarán independientemente de las emociones del *trader*.
- Backtesting: prueba y error.

Desventajas:

- Comodidad: los inversores pueden convertirte en sujetos pasivos y descuidar sus inversiones, al ejecutar un mismo algoritmo en diferentes condiciones del mercado.
- Continua evaluación: es necesario supervisar el correcto funcionamiento de estos sistemas de trading.
- Especificación: el algoritmo participa en el mercado justamente como se ha especificado, dando buenos resultados cuando el mercado actúa como esperamos. Pero no es capaz de detectar eventos inesperados y actuar en consecuencia.
- Coherencia: los inversores deben buscar la coherencia entre el algoritmo y sus necesidades de inversión (como puede ser el riesgo asumido).
- Descubrimiento del precio: el auge de estos sistemas de inversión ha dado lugar a un descubrimiento de los precios más complicado en la apertura del mercado.

3.3.2 Backtest

A medida que se normalizó la utilización de ordenadores domésticos surgió la revolución del Backtesting, consiste en la utilización de datos históricos detallados para probar y mejorar un proceso predictivo. Con la filosofía de mirar al pasado para reducir los riesgos de predecir en el futuro. Este método, al igual que otro tipo de modelos, está limitado ya que nos puede conducir a sobre ajustar el modelo, provocando que las estrategias sean muy buenas en el pasado, pero no funcionen bien en el futuro.

Hasta hace bien poco era extremadamente complicado y costoso realizar un backtest ya que no era sencillo conseguir datos detallados del mercado, pero hoy en día existen diferentes aplicaciones con las que se puede acceder a ellos de forma rápida y barata.

4 MARCO EMPIRICO

En este apartado vamos a construir un algoritmo de inversión utilizando herramientas de Análisis Técnico estadístico vistas anteriormente. La cual aplicaremos a varios activos diferentes, desde acciones, índices, divisas o materias primas. Esta estrategia podrá ejecutarse con cualquier tipo de datos temporales (1 día, 4 horas, 1 hora, 30 min, 15 min, 5 min y 1 min), pero en este caso solamente vamos a realizar un backtest con datos de 4 horas. Es importante destacar una cosa, no buscamos una estrategia que funcione en todos los activos, ya que probablemente sea imposible de encontrar, con que sea rentable y consistente en uno solo ya habrá merecido la pena la investigación.

4.1 SISTEMA INFORMÁTICO.

Para la creación de nuestra estrategia vamos a utilizar el entorno y lenguaje de programación R. Desarrollado por los estadistas Robert Gentleman y Ross Ihaka en 1993, es un software libre basado en el lenguaje S. Es uno de los lenguajes más populares en: estadística, aprendizaje automático, minería de datos, investigación biométrica, bioinformática y matemáticas financieras. Existe una gran comunidad de programadores R, de la que el propio software se retroalimenta, ya que pueden contribuir a la mejora de la página mediante la creación de paquetes o librerías, las cuales contienen funciones específicas de multitud de ámbitos.

Existen diferentes paquetes especializados en inversión, para la creación de este sistema de inversión automático vamos a utilizar el paquete *quantstrat*. Este paquete a su vez incluye estos otros:

- *quantstrat*: está diseñado para construir sistemas de negociación y simulación de activos financieros, gestión de carteras y backtesting.
- *quantmod*: la definición exacta que podemos encontrar en su página web (www.Quantmod.com) es: “Un entorno de creación rápida de prototipos, donde los comerciantes cuantitativos pueden explorar y construir modelos comerciales de forma rápida y limpia”.
- *xts*: sirve para crear un objeto serie temporal para nuestros datos.
- *zoo*: es un complemento a *xts*, la cual nos ayuda a crear series temporales irregulares
- *TTR*: este paquete incluye las funciones de análisis técnico más conocidas, además nos permite obtener los datos de acciones americanas y de Yahoo Finance.
- *blotter*: librería orientada a la construcción de carteras y cuentas de negociación y simulación. Con el podemos realizar backtesting.
- *FinancialInstrument*: contiene funciones econométricas con las que realizar análisis de rendimiento y riesgo de instrumentos financieros o carteras.
- *PerformanceAnalytics*: es similar a *FinancialInstrument*, aunque menos potente.
- *foreach*: nos proporciona soporte sobre un bucle sin la necesidad de utilizar un contador de bucle explícito, además permite la ejecución en paralelo.

4.2 DATOS

Para encontrar una estrategia robusta que tenga unos buenos resultados históricos con un backtesting es necesario obtener datos financieros de los activos en los que queramos probar nuestro algoritmo. Con la plataforma R podemos obtenerlos de diferentes formas.

Por un lado, podemos descargar directamente los datos mediante paquetes dentro de la propia plataforma como Quantmod o FinancialInstrument, los cuales se los bajan directamente de plataformas como Yahoo!, Bloomberg o la Fed. El problema de estos datos es que como máximo podemos optar a datos diarios, condicionándonos a realizar estrategias a largo plazo ya que con solamente una vela diaria desaprovechamos mucha información que nos impide realizar operaciones en cortas temporalidades. Por lo que, estas estrategias serán menos robustas y por consiguiente menos fiables.

Por todo esto, necesitamos datos con una mayor frecuencia, para ello utilizamos la plataforma QuantDataManager, que es un software de pago que nos permite descargar datos históricos de cualquier temporalidad y de prácticamente cualquier activo del mundo. Dentro de esta plataforma tenemos estas 9 bases de datos a las que podemos acceder: Dukascopy, TickDownloader, File import, Darwinex, Binance, Bitfinex, Poloniex, Coinbase y Yahoo!. Estas son las bases de datos más fiables del mercado, las cuales usan la mayoría de *brokers*. En mi caso utilicé Dukascopy ya que es la que tenía una mayor variedad de instrumentos y además con mayores periodos temporales.

Para conseguirlos datos lo primero que hay que hacer es descargárselos en la plataforma, en mi caso lo hice por tick (quiere decir que recopila cada pequeño movimiento en el mercado, incluso los que se dan por debajo del minuto). Una vez lo has descargado en la plataforma para pasarlo a CSV tienes que elegir con que datos hacerlo: precio de apertura, precio máximo, precio mínimo, precio de cierre, precio ajustado y volumen, y en qué periodo temporal.

Después solo hay que importar los datos a R desde el CSV y transformarlo en una serie temporal (formato xts) para que el algoritmo lo reconozca y puedas realizar el backtest.

4.3 PASOS A SEGUIR PARA CONSTRUIR NUESTRA ESTRATEGIA.

Para construir nuestra estrategia partimos de varios pilares fundamentales:

- Realizar tanto compras como ventas: esto es de suma importancia ya que si solo nos centramos en realizar compras podemos vernos condicionados por la dirección del activo y esto puede empeorar nuestros resultados. Además, estadísticamente, mejoramos nuestras posibilidades, ya que el precio puede tanto subir como bajar por lo que pasamos de la mitad a la totalidad de los movimientos del mercado.
- Seguidora de tendencias: esto nos permite poder seguir los fuertes impulsos del mercado, que es donde se encuentra la mayor volatilidad y donde podemos extraer un mayor rendimiento.
- No estar mucho tiempo en el mercado: para reducir riesgos.

Para cumplir con la premisa de que sea seguidora de tendencias utilizamos el indicador ADX, que como ya vimos en el apartado teórico con valores a partir de 25 nos indica que existe una tendencia.

Después, necesitábamos un indicador que nos diera la señal de entrada para explotar la tendencia que hemos detectado con el ADX. Observando el gráfico y revisando la teoría un cruce de medias parecía lo más sensato, pero había que elegir qué tipo de media, ya que no es lo mismo un SMA, EMA o LWMA. Después de observar visualmente cual sería la mejor opción se ve claramente que la EMA era la mejor opción ya que le da más peso a los valores recientes por los que nos proporcionaría las señales compra antes que las otras dos medias.

Después fue el momento de elegir los parámetros de la media móvil. Para cumplir con el tercer objetivo de no estar demasiado tiempo en el mercado y para aprovecharnos de los impulsos es necesario que los parámetros de las EMA no sean muy grandes ya que en el caso de serlo buscaríamos tendencias de largo plazo más que impulsos y tendencias cortas que nos permitan entrar y salir del mercado sin exponernos demasiado. Finalmente se decidió que una EMA de 10 y una de 50 sería lo mejor. Todo esto después de observar cómo actuaban estos parámetros en infinidad de activos y temporalidades. Hubiera sido mucho más sencillo escoger un activo y una temporalidad y optimizar los parámetros para obtener los mejores resultados en esa muestra, pero creo que sería una estrategia sesgada que nos arrojaría los mejores resultados posibles en detrimento de la fiabilidad de la estrategia.

Por último, necesitábamos una salida coherente con nuestra estrategia, tanto si nos está yendo bien como si nos va mal. Para ello vamos a utilizar un cruce de EMA, aquí es donde aparece la tercera EMA, que va a ser una EMA intermedia entre la de 10 y la de 50, no queremos ni que sea muy cercana a 10 ya que nos acortaría mucho las ganancias, ni una muy cercana a 50 ya que nos alargaría demasiado las pérdidas.

Para encontrar la temporalidad óptima para la EMA de cierre realizamos otra vez un testeo visual de la aplicación gráfica, con lo que podemos apuntar que una EMA de 25 periodos es la mejor opción. Será esta EMA la que cuando la EMA rápida cruce por encima suyo en dirección contraria a la operación la cierre.

4.4 ESTRATEGIA 3EMA + ADX ¿EN QUÉ CONSISTE?

Como podemos observar en la Figura 20, nuestra estrategia consiste en tres EMA una rápida de 10 periodos (azul clarito), una media de 25 periodos (azul) y otra lenta de 50 periodos (azul oscuro) y un ADX de 14 periodos (representado abajo fuera del gráfico de precios en color naranja).

COMPRA

- Señal de entrada
 - $ADX(14) > 25$
 - $EMA(10) > EMA(50)$
- Señal de salida
 - $EMA(10) < EMA(25)$

Cuando el ADX (14) nos indica que existe una tendencia ($ADX > 25$). Y que la EMA (10) esté por encima de la EMA (50) se abre una señal de compra (circunferencia

verde), para cerrar (raya verde) esta señal es necesario que la EMA (10) este por debajo de la EMA (25).

VENTA

- Señal de entrada
 - ADX (14) > 25
 - EMA (10) < EMA (50)
- Señal de salida
 - EMA (10) > EMA (25)

Para abrir una venta (circunferencia roja) necesitamos también que el ADX (14) nos indique tendencia (ADX > 25). Y que la EMA (10) esté por debajo de la EMA (50), el cierre (raya roja) de esa venta se produce cuando la EMA (10) se sitúa por encima de la EMA (25). La EMA (25) nos sirve como una especie de trailing stop (sigue de cerca el precio para tomar ganancias en el momento que la tendencia se dé la vuelta)



Figura 20: Estrategia 3EMA + ADX sobre el Oro con velas de 1 min. Fuente: elaboración propia con la plataforma XTB.

Cuando el activo está en tendencia ya sea alcista o bajista el algoritmo está constantemente realizando operaciones ya que la señal de compra y de venta (los cruces de EMA) son opuestas, y si hay tendencias cuando está pasando una no puede estar pasando la otra y viceversa.

Nuestra estrategia no puede acumular posiciones, esto se programa así para no cargar demasiado una estrategia, ya que se dispararía la exposición al riesgo.

4.5 SELECCIÓN DE ACTIVOS.

Llega la hora de la verdad y toca probar nuestra estrategia, para ello hemos utilizado 21 activos de todo tipo: divisas (EURUSD, EURGBP, EURCAD, EURJPY, GBPJPY, AUDUSD), materias primas (Café, Algodón, Petróleo Brent, Oro, Plata, Bronce y Cacao), índices (China 50, SP500, Dow Jones, Ibex 35, Francia 40, DAX 30), y criptomoneda (Bitcoin). Nos interesa probar la estrategia con una muestra de datos

amplia ya que cuanto más tiempo haya sido exitosa más posibilidades tiene de serlo en el futuro. En esta muestra se incluye la crisis del Covid-19, no debería ser un problema para nuestra operativa ya que podemos beneficiarnos tanto de subidas como de bajadas.

Como ya hemos indicado anteriormente para que una estrategia sea considerada como buena no es necesario que obtenga beneficios en todos los activos, es suficiente que lo sea en uno para poder obtener ganancias. Por lo que lo que vamos a hacer primero es seleccionar los activos con los que se comporta mejor la estrategia. Para ello vamos a hacer correr el algoritmo, pero sin hacer caso del beneficio nos vamos a fijar en dos cosas: % de Aciertos (ecuación y Profit Factor

$$\% \text{ Aciertos} = \frac{\text{Numero de aciertos}}{\text{Total de transacciones}} * 100 \quad (21)$$

$$\text{Profit Factor} = \frac{\text{Beneficio Bruto}}{\text{Perdida Bruta}} \quad (22)$$

Tiene todo el sentido filtrar activos con estas dos métricas ya que nos interesan activos que acierten más de los que fallen y que además por cada euro que pierdan ganen más de un euro.

Después, combinaremos multiplicaremos estos dos indicadores para conseguir un indicador denominaremos “*Esperanza*”. En la ecuación 23 podemos ver este tercer indicador nos ayudará a escoger los mejores activos en los que operar nuestra estrategia para temporalidad. No hay un valor que nos indique que una estrategia es válida o no pero cuanto mayor sea este indicador mejor será nuestra estrategia.

$$\text{Esperanza} = \% \text{ Aciertos} * \text{Profit Factor} \quad (23)$$

Realizamos primero esta selección ya que no tendría sentido fijarnos en los resultados de cada activo ya que cada uno de ellos tiene una volatilidad y un valor y no tendría sentido comparar resultados con riesgos completamente distintos. Por lo que después de seleccionar el activo que funciona mejor en cada temporalidad entraremos más en detalle realizando un estudio de su inversión optima por operación para conseguir los mejores resultados teniendo en cuenta el riesgo asumido.

4.6 BACKTEST H4

Vamos a probar nuestra estrategia con datos cada 4 horas, desde el 1 de enero de 2011 hasta el 1 de marzo de 2021 por lo que tendremos más de 10 años para probar nuestra estrategia, consiguiendo así validar nuestros resultados de forma notable.

En la Tabla 2 podemos ver los resultados de los 21 activos, vemos como en es en AUDUSD, Bitcoin, Bronce, Café, China 50, EURCAD, Gas, Oro, Plata y el Dow Jones no pasa ni de 50 por lo que esta estrategia en esos activos hubiera perdido dinero sistemáticamente. El Algodón, Dax30, EURUSD, Francia 40, Ibex 35, Petróleo Brent, tienen una esperanza entre 50 y 75, lo que nos indica que podrían llegar a ser estrategias exitosas. EURGBP, EURJPY y SP500 tienen unos rendimientos superiores a una esperanza de 75 los cuales ya son bastante buenos y probablemente sean activos ganadores. El activo el cual desempeña un mejor rendimiento sin duda es el GBPJPY, el cual acierta el 57,25% de las operaciones y obtiene 2.39\$ de beneficio por cada 1\$ de perdida, lo que le sitúa con una esperanza de 137,28.

Tabla 2: *Porcentaje operaciones positivas, profit factor y esperanza*

	Porcentaje positivas	Profit Factor	Esperanza
Algodon_H4	"40"	"1.29739776951672"	"51.895910780669"
AUDUSD_H4	"48.2993197278912"	"0.967773374049766"	"46.7427956173696"
Bitcoin_H4	"46.551724137931"	"0.794411880449866"	"36.9812427105972"
Bronce_H4	"50"	"0.645626502246836"	"32.2813251123418"
Cafe_H4	"37.5"	"0.908616187989554"	"34.0731070496083"
China50_H4	"50"	"0.51214313396202"	"25.607156698101"
DE30_H4	"57.4257425742574"	"1.22649481227939"	"70.4323753586183"
EURCAD_H4	"48.6111111111111"	"0.995754258529857"	"48.4047209007569"
EURGBP_H4	"51.0948905109489"	"1.53280238924838"	"78.3183702535669"
EURJPY_H4	"54.9019607843137"	"1.51222740088614"	"83.0242494604153"
EURUSD_H4	"52.2875816993464"	"1.40829259460437"	"73.6362140969603"
Fr.40_H4	"52.4752475247525"	"0.975947600128851"	"51.2130918879496"
Gas_H4	"48.1481481481481"	"0.745597073425659"	"35.8991183501243"
GBPJPY_H4	"57.2413793103448"	"2.39831046747969"	"137.282599172976"
Ibex35_H4	"48.6111111111111"	"1.41775010681804"	"68.9184079703215"
Oro_H4	"46.8965517241379"	"0.790861698865384"	"37.0886865674801"
Petr.Brent_H4	"54"	"1.52862926547137"	"82.5459803354542"
Plata_H4	"44.5255474452555"	"0.586619652964646"	"26.1195611903967"
USA30_H4	"47.2527472527472"	"0.833547070824831"	"39.3873890609536"
USA500_H4	"60.8695652173913"	"1.40181956027294"	"85.3281471470486"

Fuente: elaboración propia mediante R.

Vamos a analizar exhaustivamente los 4 activos que han tenido una esperanza superior a los 75 puntos. En cada uno de ellos vamos a invertir de una forma diferente ya que la volatilidad de los activos es distinta por lo que tendremos que invertir cantidades diferentes para obtener resultados parecidos. No nos interesa probar una cartera con los todos los activos ya que de momento estamos probando su validez. Para poder conseguir unos rendimientos mayores vamos a utilizar el instrumento de apalancamiento. Por ejemplo, si tomamos un apalancamiento 1:X quiere decir que por cada \$ que invierto el activo si el activo por ejemplo sube 1% yo ganaré 1*X%.

4.6.1 EURGBP

Como nuestro objetivo es utilizar esta estrategia en el futuro vamos a simular un tamaño de cada inversión de 500.000\$, lo que suponen 500 lotes ya que en divisas cada lote tiene un valor de 1000\$, para ello vamos a hacer uso del apalancamiento, en este caso 1:100.

En la tabla 2 vemos los resultados de esta estrategia Como ya pudimos ver en la tabla 2 en este activo acierta el 51.09% de las operaciones, y tiene un Profit Factor de 1.5328 por lo que por cada dólar que pierde gana 1.53\$.

En la Figura 21 podemos ver cómo ha actuado el activo EURGBP desde el 1 de enero de 2011 hasta el 1 de marzo de 2021, en los que se han realizado 137 operaciones. En primer lugar, en la parte superior de la Figura vemos en los momentos en los que se han realizado las operaciones, las flechas rojas son las ventas y en verde las compras. Más abajo en azul vemos de una forma más clara cuando se han llevado a cabo esas operaciones, y podemos apreciar de forma clara que se realizan un mayor número de operaciones cuando el activo se realiza movimientos cortos. Más abajo en verde podemos ver la línea los beneficios y en rojo las perdidas, como nada más empezar tuvimos una operación muy buena, pero en los siguientes 4 años perdimos un total de 18710\$ dinero, perdiendo la totalidad de las primeras ganancias y 5000\$

más. A partir aquí en 2015 los resultados mejoraron considerablemente con una clara tendencia alcista llegando hasta obtener un rendimiento total de más de 25.000\$.

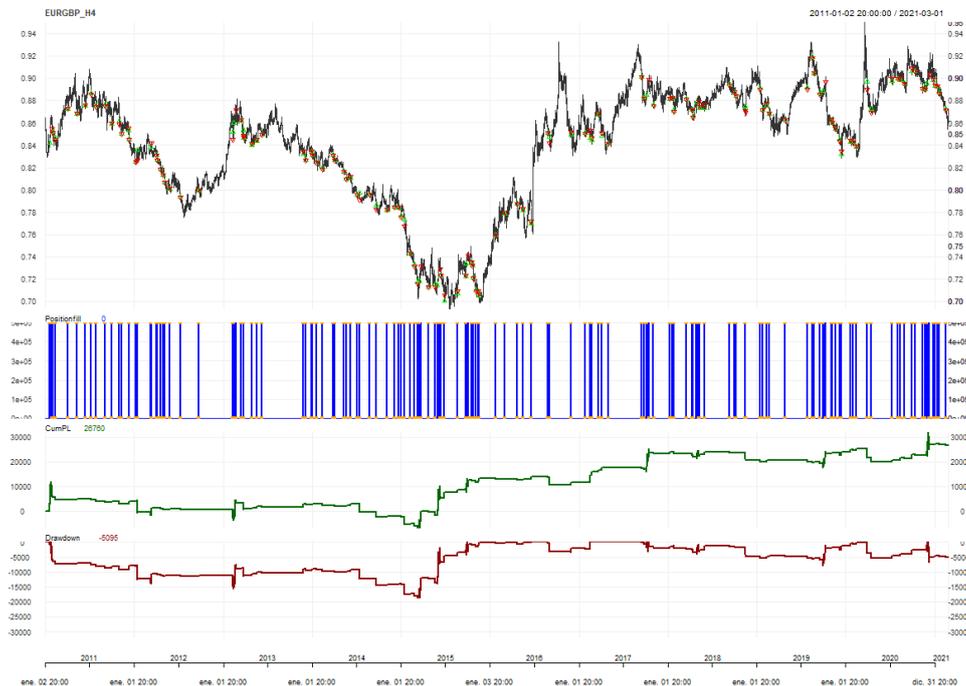


Figura 21: Resultados EURGBP en el periodo 01-01-2011 hasta 01-03-2021. Fuente: elaboración propia mediante R.

A la vista de los resultados descartamos este activo, por diversas razones. Su elevado apalancamiento hace que sea un activo arriesgado con el que operar. Además, sus resultados pese a tener una buena combinación entre % de aciertos y Profit Factor, su desempeño no ha sido el esperado, ya que ha tenido rachas de pérdidas de más de 4 años perdiendo casi el doble del valor de la cuenta.

Cabe destacar que sería interesante seguir en los próximos años como funciona esta estrategia ya que desde 2015 en adelante a tenido una buena evolución, puede que en un futuro la evolución de los resultados de la estrategia siga siendo rentable, ya que en el mercado pueden darse nuevas condiciones que hacen actuar a los activos de forma distinta en los diferentes periodos temporales.

4.6.2 EURJPY

Debido a su mayor volatilidad en este activo con invertir 3000\$ por transacción es suficiente, es decir 3 lotes. lo que supone que no sea necesario endeudarse.

En EURJPY con nuestra estrategia realizamos 153 operaciones de las cuales acertamos el 54.9%. De media por cada trade ganador ingresamos 5595\$, y por cada perdedor de media 3315\$.

En la Figura 22 podemos observar las operaciones realizadas y el retorno de cada una de ellas. En este periodo conseguimos convertir los 10.000\$ que teníamos al principio en 26.865\$. El peor momento de la cuenta fue nada más comenzar con las primeras operaciones llegando a tener unas pérdidas de 3.462\$. De 2011 a 2015 podemos ver

una alta volatilidad en los resultados con grandes pérdidas consecutivas, llegando a perder hasta 11.724\$ seguidos.

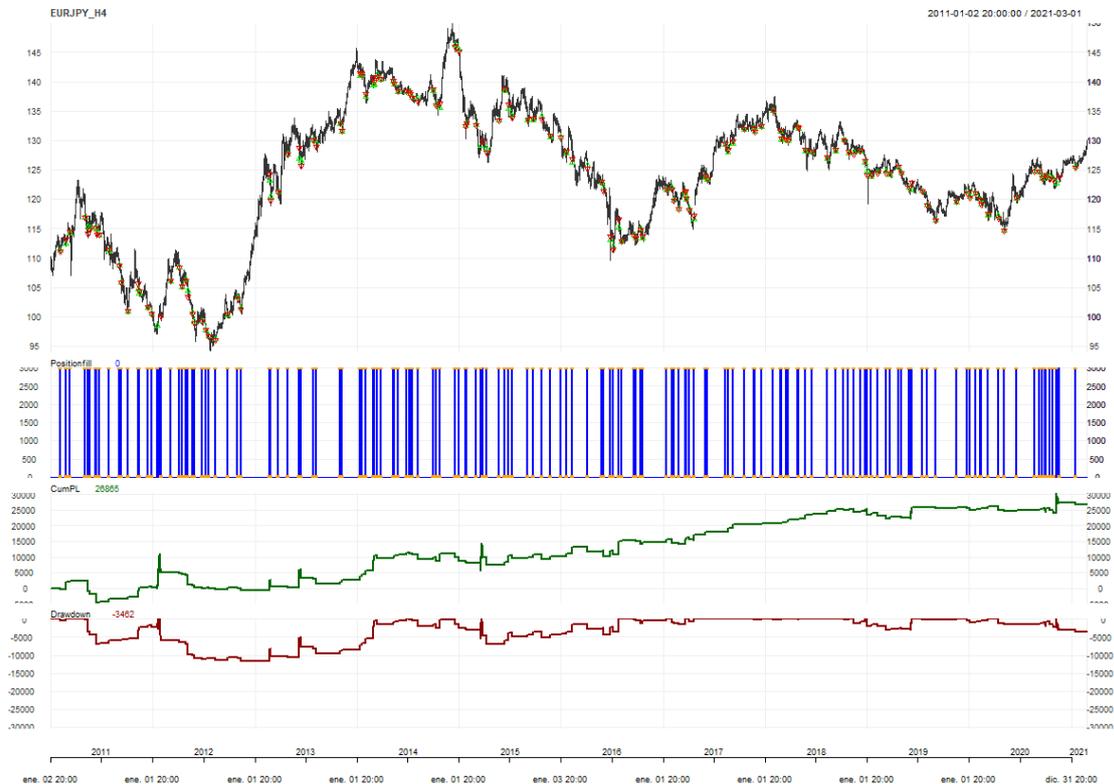


Figura 22: Resultados EURJPY en el periodo 01-01-2011 hasta 01-03-2021. Fuente: elaboración propia mediante R.

En la Figura 23 podemos ver el rendimiento acumulado, el rendimiento diario y el drawdown en porcentaje de la cuenta. Como comentábamos en la Figura anterior los resultados de los primeros 4 años de la estrategia fueron bastante impredecibles y volátiles. En el periodo de 2015 a finales de 2018 los resultados fueron muy buenos, ya que como podemos ver en el gráfico fueron ganancias contenidas con pérdidas muy bajas. Este tramo de resultados sería el claro ejemplo de los que queremos ver en un backtest. Después en 2019 hasta febrero de 2021 volvemos nuevamente a la alta volatilidad, por lo que el riesgo es tremendamente superior. A pesar de todo esto obtenemos como resultado global un 1.87 de retorno acumulado en los poco más de 10 años de backtest, lo que se traduce en un 8,728% de rentabilidad anual, lo que nos está nada mal.

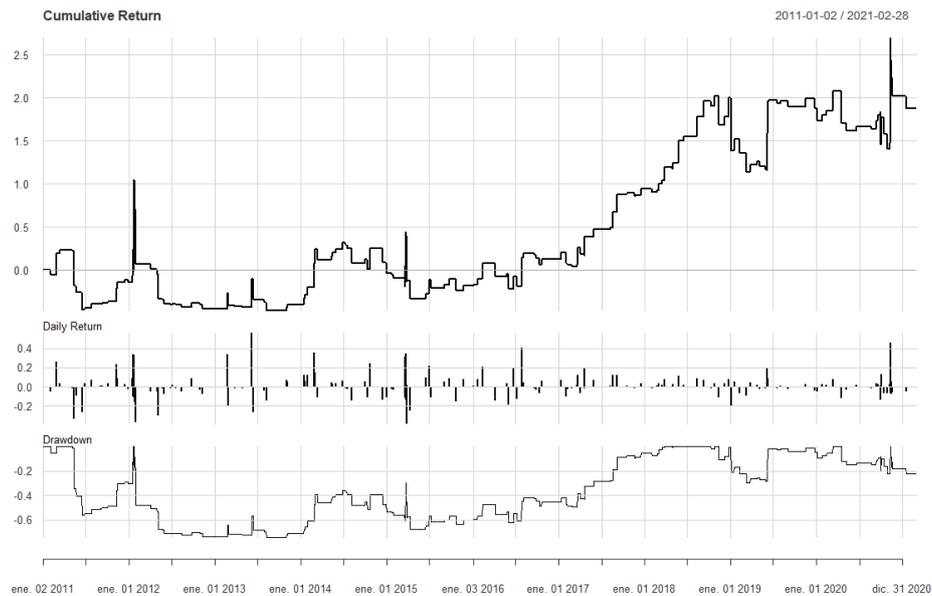


Figura 23: Rendimiento EURJPY en el periodo 01-01-2011 hasta 01-03-2021. Fuente: elaboración propia mediante R.

A pesar de los buenos rendimientos el riesgo de operar en esta divisa ha sido muy alto ya que el Sharpe Ratio (ecuación 24) anualizado es de 0.1686, y el Calmar Ratio (ecuación 25) de 0.1179. Para ambos indicadores valor muy bueno serían los superiores a 1, lo que nos indicaría que por cada 1 que arriesgas, ganarías más de 1.

$$\text{Shape Ratio} = \frac{(\text{Ganancia media anual} - \text{Rentabilidad sin riesgo})}{\text{Desviación de los retornos}} \quad (24)$$

$$\text{Calmar Ratio} = \frac{\text{Tasa media de rendimiento anual}}{\text{Maximo Drowdown}} \quad (25)$$

4.6.3 SP500

Este activo funciona de una forma diferente a las divisas ya que es un índice. El valor del contrato tiene un valor de $\frac{1}{2}$ del precio que marque el activo en cada momento. Invertiremos en cada operación 200\$.

A pesar de un 60,86% de operaciones acertadas y un Profit Factor de 1.4, como podemos ver en la Figura 23, a veces no es suficiente. A pesar de que termina en positivo los resultados varían desproporcionadamente. Se ven tremendamente afectados por la crisis del Covid-19, ya que, aunque primero se beneficia mucho de la caída luego abre una compra en mitad de una de las correcciones bajistas que se salda con la pérdida casi total de la primera ganancia.



Figura 24: Resultados S&P 500 en el periodo 01-01-2011 hasta 01-03-2021. Fuente: elaboración propia mediante R.

Por lo que este activo no sería nada interesante de operar por lo menos sin una herramienta con la que variar la exposición de cada operación cuando aumenta tan drásticamente la volatilidad del activo como pasa en las crisis.

4.6.4 GBPJPY

En este activo con 1000\$ por operación es suficiente, es decir un lote, por lo que no es necesario apalancarse.

Con un 57.245% de acierto en las operaciones, y un Profit Factor de 2,398 es la estrategia que tiene unos mejores resultados a priori. Como podemos comprobar en la Figura 24 empezó bien la estrategia, pero luego tuvo entre 2012 y 2013 unos años malos. En los que llegó a perder 4931\$. A partir de ahí fue poco a poco obteniendo beneficios. Y fue en 2017 con una sucesión de ventas cuando obtuvo grandes beneficios de casi 10.000\$, después fue poco a poco ganando dinero hasta que en finales de 2019 volvió a tener otra muy buena racha consecutiva y ganó unos 8000\$. La operativa terminó con 22.015\$ de ganancias.



Figura 25: Resultados GBPJPY en el periodo 01-01-2011 hasta 01-03-2021. Fuente: elaboración propia mediante R.

El rendimiento acumulado total es de 5,6787, siendo casi de los cuales 5 son del periodo 2017 a 2021. Lo que supone un rendimiento anual del 16,25%. Vemos como donde mejores resultados se han obtenido es en tres momentos concretos con varias operaciones seguidas aprovechando la tendencia. El máximo drawdown es de -0.4%.

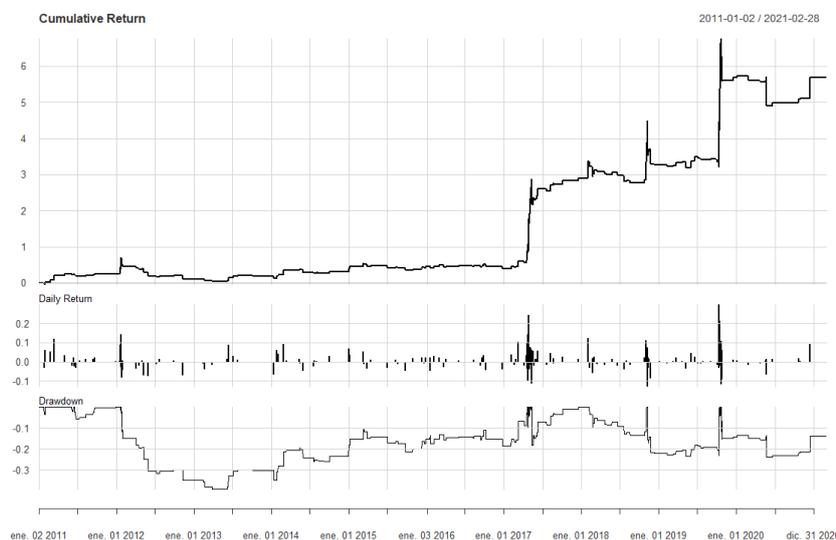


Figura 26: Rendimiento GBPJPY en el periodo 01-01-2011 hasta 01-03-2021. Fuente: elaboración propia mediante R.

Como este activo es el que nos ha arrojado unos mejores resultados vamos a profundizar más en su análisis. En la Figura 25 podemos ver la distribución de las operaciones rentables y de las no rentables, vemos como hay más en las operaciones rentables y que además por termino general ganan más lo que es un muy buen indicador. Con la que más hemos perdido no llega al 15% frente a las que más hemos

ganado, en las que tenemos ganancias de 22%, 25% y hasta de 30% (nos referimos ganancias por la operación no del total de la inversión, es decir sobre 1000\$)

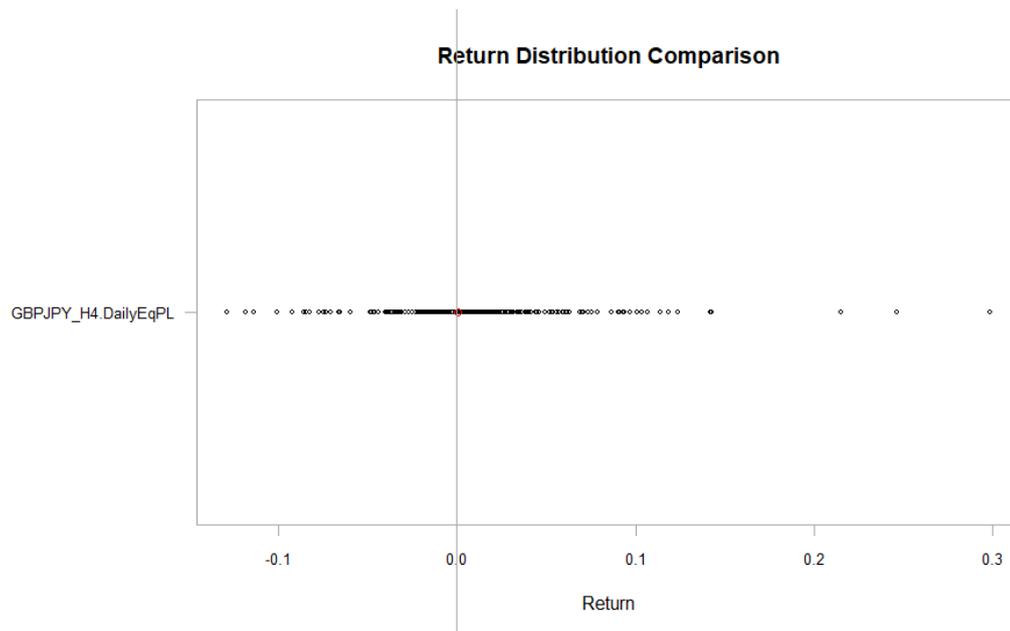


Figura 27: Distribución de los retornos GBPJPY en el periodo 01-01-2011 hasta 01-03-2021. Fuente: elaboración propia mediante R.

En cuanto al riesgo de nuestra estrategia con este activo es de 0.7218 si consideramos el Sharpe Ratio y de 0.4162 si consideramos el Calmar Ratio. Pese a ser el activo que mejor lo hace en cuanto a rentabilidad y riesgo estos resultados nos indican que arriesgamos mucho para conseguirlos. En la Figura 26 podemos ver la relación entre el riesgo anualizado y el retorno anualizado. Como podemos ver el riesgo anual es de 22% frente 16% de retorno. Lo ideal sería que el rendimiento fuera superior al riesgo.

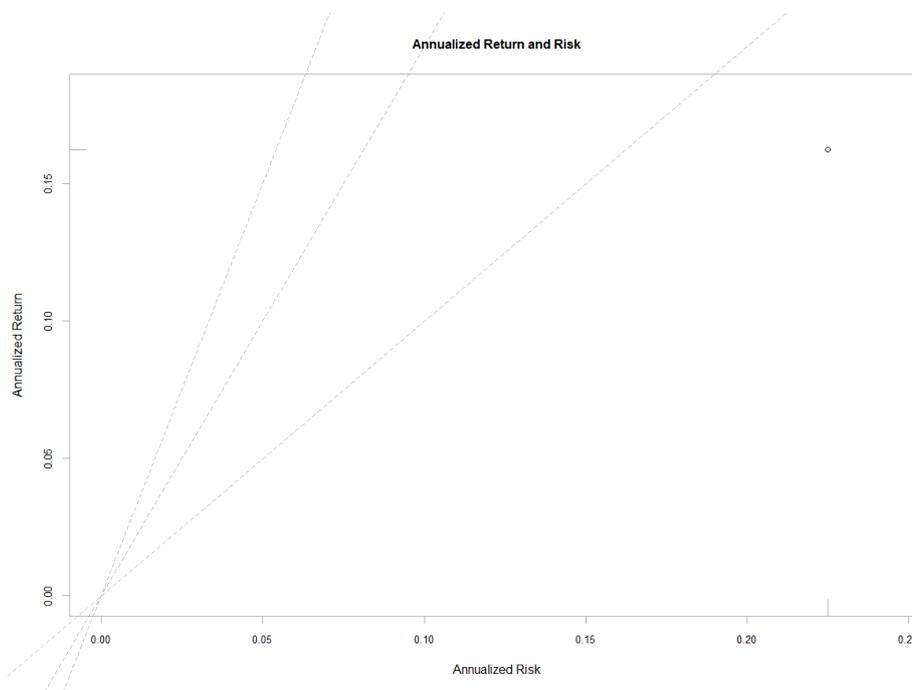


Figura 28: Relación entre riesgo y retorno anualizado en GBPJPY en el periodo 01-01-2011 hasta 01-03-2021. Fuente: elaboración propia mediante R.

5 CONCLUSIÓN

Es posible obtener estrategias que fueron rentables en el pasado con trading algorítmico programando en R, una serie de pautas, con las que construir una estrategia, con las herramientas estadísticas que nos proporciona el Análisis Técnico. Con la finalidad de aplicarlas en una cuanta real con la que poder ganar dinero en el mercado.

Nuestra estrategia 3EMA + ADX, ha demostrado ser rentable en los últimos 10 años para EURGBP, EURJPY, S&P500 y GBPJPY.

El algoritmo operando en EURGBP ha tenido un comportamiento muy bueno en los últimos 6 años del backtest, por lo que sería interesante ver su evolución, en los próximos años con el objetivo de conseguir unos resultados más robustos y validar nuestra estrategia con este activo.

En EURJPY nuestra estrategia tiene unos resultados buenos en el largo plazo, pero tremendamente arriesgados, llegando a tener un drawdown de más del 60%. Sería interesante probar dicha estrategia arriesgando menos, en detrimento de los ingresos, pero sin exponernos a perder la cuenta.

S&P500, el único índice de las 4 mejores estrategias, sus resultados a priori parecían buenos pero una vez analizados más a fondo nos puede llegar a dar la sensación de que han sido puro azar. Sus grandes variaciones, llegando a ganar más de 30.000\$ y perderlos actos seguido en las siguientes operaciones, nos indican que no es un buen activo en el que operar nuestra estrategia.

El activo que mejor ha funcionado es el GBPJPY, teniendo ganancias en los 10 años. Con un profit factor de 2,39 y un porcentaje de acierto de 57,24%, se convierte en un activo a tener muy en cuenta para realizar esta estrategia. Con un máximo drawdown de -0,4 en una ocasión, pero llenado a tener un retorno anual medio de 16,25%. Cabe destacar que casi todo el rendimiento de esta estrategia ha sido a partir de 2017, con varias sucesiones de operaciones.

Para siguientes investigaciones sería de relevancia diferentes puntos que no se han desarrollado en este trabajo como podría ser: optimización de los parámetros de la estrategia, prueba en diferentes temporalidades, realizar diferentes métodos de validación de estrategias como puede ser el método de Monte Carlo, un filtro de volatilidad y tener en cuenta comisiones por cada transacción.

6 BIBLIOGRAFÍA

MURPHY, John J. Technical analysis of the financial markets: A comprehensive guide to trading methods and applications. Penguin, 1999.

BOLLINGER, John. Bollinger on Bollinger bands. New York: McGraw-Hill, 2002.

WILDER, J. Welles. New concepts in technical trading systems. Trend Research, 1978.

MALKIEL, Burton Gordon. A random walk down Wall Street: including a life-cycle guide to personal investing. WW Norton & Company, 1999.

KEYNES, J. M. Teoría general del empleo, el interés y el dinero. México, FCE (original 1936), 1978.

MALKIEL, Burton Gordon. The random walk guide to investing: Ten rules for financial success. WW Norton & Company, 2003.

FAMA, Eugene F. The behavior of stock-market prices. The journal of Business, 1965, vol. 38, no 1, p. 34-105.

BUCKLEY, Ross P. Reconceptualizing the Regulation of Global Finance. Oxford Journal of Legal Studies, 2016, vol. 36, no 2, p. 242-271.

KISSELL, Robert. The science of algorithmic trading and portfolio management. Academic Press, 2013.

COFNAS, Abe. Trading Binary Options: Strategies and Tactics. John Wiley & Sons, 2016.

TRICE, Tim. (2016). Backtesting Strategies with R <<http://timtrice.github.io/backtesting-strategies/index.html#r-resources>> [consulta: 5 mayo 2021]

YOLLIN, Guy (2014). Introduction to Trading Systems <<http://www.r-programming.org/papers>> [consulta: 27 abril 2021]

7 ANEXO

Tabla 3: *Script en R.* Fuente: elaboración propia.

```
#####
### Trabajo de Fin de Grado en Economía ###
### Análisis Técnico + Trading Algorítmico ###
### 06-07-2021 ###
### Oscar Sainz Bravo ###
#####

#####
# LIBRERIAS UTILIZADAS
#####

library(quantmod)
library(FinancialInstrument)
library(PerformanceAnalytics)
library(foreach)
library(blotter)
library(quantstrat)

#####
# CARGAMOS LOS DATOS DESDE CSV
#####

#Divisas
EURUSD <- as.xts(read.zoo(c("2021.03.26EURUSD-H4-Forex_247.csv"),
      sep=';',
      tz="",
      dec=".",
      header=TRUE,
```

```
format='%Y%m%d %H:%M:%S',
index.column=1))

AUDUSD <- as.xts(read.zoo(c("2021.03.26AUDUSD-H4-Forex_247.csv"),
sep=';',
tz="",
dec=".",
header=TRUE,
format='%Y%m%d %H:%M:%S',
index.column=1))

EURCAD <- as.xts(read.zoo(c("2021.03.26EURCAD-H4-Forex_247.csv"),
sep=';',
tz="",
dec=".",
header=TRUE,
format='%Y%m%d %H:%M:%S',
index.column=1))

EURGBP <- as.xts(read.zoo(c("2021.03.26EURGBP-H4-Forex_247.csv"),
sep=';',
tz="",
dec=".",
header=TRUE,
format='%Y%m%d %H:%M:%S',
index.column=1))

EURJPY <- as.xts(read.zoo(c("2021.03.26EURJPY-H4-Forex_247.csv"),
sep=';',
tz="",
dec=".",
header=TRUE,
format='%Y%m%d %H:%M:%S',
index.column=1))
```

```
GBPJPY <- as.xts(read.zoo(c("2021.03.26GBPJPY-H4-Forex_247.csv"),
  sep=';',
  tz="",
  dec=".",
  header=TRUE,
  format='%Y%m%d %H:%M:%S',
  index.column=1))

# Materias primas
Algodon <- as.xts(read.zoo(c("2021.03.26Algodon-H4-Forex_247.csv"),
  sep=';',
  tz="",
  dec=".",
  header=TRUE,
  format='%Y%m%d %H:%M:%S',
  index.column=1))

Bronce <- as.xts(read.zoo(c("2021.03.26Bronce-H4-Forex_247.csv"),
  sep=';',
  tz="",
  dec=".",
  header=TRUE,
  format='%Y%m%d %H:%M:%S',
  index.column=1))

Cafe <- as.xts(read.zoo(c("2021.03.26Cafe-H4-Forex_247.csv"),
  sep=';',
  tz="",
  dec=".",
  header=TRUE,
  format='%Y%m%d %H:%M:%S',
  index.column=1))
```

```
Coco <- as.xts(read.zoo(c("2021.03.26Coco-H4-Forex_247.csv"),
  sep=';',
  tz="",
  dec=".",
  header=TRUE,
  format='%Y%m%d %H:%M:%S',
  index.column=1))

Gas <- as.xts(read.zoo(c("2021.03.26Gas-H4-Forex_247.csv"),
  sep=';',
  tz="",
  dec=".",
  header=TRUE,
  format='%Y%m%d %H:%M:%S',
  index.column=1))

Petr.Brent <- as.xts(read.zoo(c("2021.03.26Petr.Brent-H4-Forex_247.csv"),
  sep=';',
  tz="",
  dec=".",
  header=TRUE,
  format='%Y%m%d %H:%M:%S',
  index.column=1))

Oro <- as.xts(read.zoo(c("2021.03.26XAUUSD-H4-Forex_247.csv"),
  sep=';',
  tz="",
  dec=".",
  header=TRUE,
  format='%Y%m%d %H:%M:%S',
  index.column=1))

Plata <- as.xts(read.zoo(c("2021.03.26XAGUSD-H4-Forex_247.csv"),
  sep=';',
  tz="",
```

```
        dec=".",
        header=TRUE,
        format='%Y%m%d %H:%M:%S',
        index.column=1))

# Indices
China50 <- as.xts(read.zoo(c("2021.03.26China50-H4-Forex_247.csv"),
        sep=';',
        tz="",
        dec=".",
        header=TRUE,
        format='%Y%m%d %H:%M:%S',
        index.column=1))

DE30 <- as.xts(read.zoo(c("2021.03.26DE30-H4-Forex_247.csv"),
        sep=';',
        tz="",
        dec=".",
        header=TRUE,
        format='%Y%m%d %H:%M:%S',
        index.column=1))

Fr.40 <- as.xts(read.zoo(c("2021.03.26Fr.40-H4-Forex_247.csv"),
        sep=';',
        tz="",
        dec=".",
        header=TRUE,
        format='%Y%m%d %H:%M:%S',
        index.column=1))

Ibex35 <- as.xts(read.zoo(c("2021.03.26Ibex35-H4-Forex_247.csv"),
        sep=';',
        tz="",
```

```

        dec=".",
        header=TRUE,
        format='%Y%m%d %H:%M:%S',
        index.column=1))
USA30 <- as.xts(read.zoo(c("2021.03.26USA30IDXUSD-H4-Forex_247.csv"),
        sep=';',
        tz="",
        dec=".",
        header=TRUE,
        format='%Y%m%d %H:%M:%S',
        index.column=1))
USA500 <- as.xts(read.zoo(c("2021.03.26USA500IDXUSD-H4-Forex_247.csv"),
        sep=';',
        tz="",
        dec=".",
        header=TRUE,
        format='%Y%m%d %H:%M:%S',
        index.column=1))

# Criptomoneda
Bitcoin <- as.xts(read.zoo(c("2021.03.26Bitcoin-H4-Forex_247.csv"),
        sep=';',
        tz="",
        dec=".",
        header=TRUE,
        format='%Y%m%d %H:%M:%S',
        index.column=1))

#####
# ACOTAMOS LA MUESTRA A LOS ULTIMOS 10 AÑOS

```

```
#####
initDate <- "2011-01-01"
startDate <- '2011-01-01'
endDate <- '2021-03-01'
#
EURUSD_H4 <- window(EURUSD, start= startDate, end= endDate)
AUDUSD_H4 <- window(AUDUSD, start= startDate, end= endDate)
EURCAD_H4 <- window(EURCAD, start= startDate, end= endDate)
EURGBP_H4 <- window(EURGBP, start= startDate, end= endDate)
EURJPY_H4 <- window(EURJPY, start= startDate, end= endDate)
GBPJPY_H4 <- window(GBPJPY, start= startDate, end= endDate)
#
Algodon_H4 <- window(Algodon, start= startDate, end= endDate)
Bronce_H4 <- window(Bronce, start=startDate , end= endDate)
Cafe_H4 <- window(Cafe, start=startDate, end= endDate)
Coco_H4 <- window(Coco, start= startDate, end= endDate)
Gas_H4 <- window(Gas, start= startDate, end= endDate)
Petr.Brent_H4 <- window(Petr.Brent, start= startDate, end= endDate)
Oro_H4 <- window(Oro, start= startDate, end= endDate)
Plata_H4 <- window(Plata, start= startDate, end= endDate)
#
China50_H4 <- window(China50, start= startDate, end= endDate)
DE30_H4 <- window(DE30, start= startDate, end= endDate)
Fr.40_H4 <- window(Fr.40, start= startDate, end= endDate)
Ibex35_H4 <- window(Ibex35, start= startDate, end= endDate)
USA30_H4 <- window(USA30, start= startDate, end= endDate)
USA500_H4 <- window(USA500, start= startDate, end= endDate)
#
Bitcoin_H4 <- window(Bitcoin, start=startDate, end= endDate)

# Juntamos los activos en un mismo bloque de datos
```

```

symbols <- c("EURUSD_H4", "AUDUSD_H4", "EURCAD_H4", "EURGBP_H4", "EURJPY_H4",
"GBPJPY_H4",
      "Algodon_H4", "Bronce_H4", "Cafe_H4", "Gas_H4", "Coco_H4", "Petr.Brent_H4",
      "Oro_H4", "Plata_H4", "China50_H4", "DE30_H4", "Fr.40_H4", "Ibex35_H4",
      "USA30_H4", "USA500_H4", "Bitcoin_H4")

#####
# COMENZAMOS A DEFINIR LA ESTRATEGIA
#####

# Moneda, activos y inversión inicial.
currency <- "USD"
stock(symbols, currency=currency, multiplier=100)
initEq=10000

# Damos nombre a estrategia, portfolio y cuenta.

strategy.st <- portfolio.st <- account.st <- "strat_3EMA_ADX"

# Borramos datos de estrategias previas y creamos la nueva.
rm.strat(portfolio.st)
rm.strat(account.st)
.blotter=.strategy=new.env()
ls(envir=.strategy)
summary(.blotter$strat_3EMA_ADX)

# Definimos como y cuando comienza el portfolio, la cuanta y las órdenes.

initPortf(name=portfolio.st,
      symbols=symbols,
      initDate=initDate,

```

```

    currency='USD')
initAcct(name=account.st,
    portfolios=portfolio.st,
    initDate=initDate,
    currency='USD',
    initEq=initEq)
initOrders(portfolio=portfolio.st,
    initDate=initDate)
strategy(strategy.st, store=TRUE)

#####
### Definimos los parametros de los indicadores.

#ADX
nADX <- 14
ADXThresh <- 25

# 3 EMA

nSlowEMA<- 50
nAEMA <- 25
nFastEMA<- 10

#####
#Tamaño de la operación

tradeSize <- 1000

# Máximo de operaciones seguidas

for (sym in symbols) {

```

```

addPosLimit(portfolio.st, sym, start(get(sym)), maxpos = tradeSize, longlevels = 1)
}

#####
# DEFINIMOS INDICADORES TÉCNICOS QUE VAMOS A UTILIZAR

# ADX
add.indicator(strategy.st, name="ADX",
              arguments=list(HLC=quote(HLC(mktdata)), n=nADX),
              label="ADX")

# EMA de 10 periodos
add.indicator(strategy.st, name="EMA",
              arguments=list(x=quote(CI(mktdata)), n=nFastEMA),
              label="FastEMA")

# EMA de 50 periodos
add.indicator(strategy.st, name="EMA",
              arguments=list(x=quote(CI(mktdata)), n=nSlowEMA),
              label="SlowEMA")

# EMA de 25 periodos
add.indicator(strategy.st, name="EMA",
              arguments=list(x=quote(CI(mktdata)), n=nAEMA),
              label="AEMA")

#####
# SEÑALES

# Entrada ADX (ADX >25)
add.signal(strategy.st, name = "sigThreshold",

```

```
arguments = list(column = "ADX.ADX", threshold = ADXThresh,
                 relationship = "gt", cross = TRUE),
label = "ADXenter")

# Condiciones de compra
upsig <- function(data) {
  sig <- data[, "ADXenter"] & data[, "EMA.SlowEMA"] > data[, "EMA.FastEMA"]
  colnames(sig) <- "upsig"
  sig
}

# Condiciones de venta
downsig <- function(data) {
  sig <- data[, "ADXenter"] & data[, "EMA.SlowEMA"] < data[, "EMA.FastEMA"]
  colnames(sig) <- "downsig"
  sig
}

# Condiciones salida de compra
exitupsig <- function(data) {
  sig <- data[, "EMA.AEMA"] > data[, "EMA.FastEMA"]
  colnames(sig) <- "exitupsig"
  sig
}

# Condiciones salida de venta
exitdownsig <- function(data) {
  sig <- data[, "EMA.AEMA"] < data[, "EMA.FastEMA"]
  colnames(sig) <- "exitdownsig"
  sig
}
```

```
##### Entradas
#Señal de compra
add.signal(strategy.st, name="upsig",
            arguments=list(data = quote(mktdata)),
            label = "longsig")
#Señal de venta
add.signal(strategy.st, name="downsig",
            arguments=list(data = quote(mktdata)),
            label = "shortsig")
##### Salidas
#Señal salida de compra
add.signal(strategy.st, name="exitupsig",
            arguments=list(data = quote(mktdata)),
            label = "exitlongsig")
#Señal salida de venta
add.signal(strategy.st, name="exitdownsig",
            arguments=list(data = quote(mktdata)),
            label = "exitshortsig")

#####
# REGLAS

# Añadimos regla de compra
add.rule(strategy.st,
         name='ruleSignal',
         arguments = list(sigcol="upsig.longsig",
                          sigval=TRUE,
                          orderqty=tradeSize,
                          ordertype='market',
                          orderside='long',
```

```
        threshold=NULL,
        osFUN = osMaxPos),
type='enter',
path.dep=TRUE)

# Añadimos regla de venta
add.rule(strategy.st,
        name='ruleSignal',
        arguments = list(sigcol="downsig.shortsig",
                sigval=TRUE,
                orderqty=tradeSize,
                ordertype='market',
                orderside='short',
                threshold=NULL,
                osFUN = osMaxPos),
        type='enter',
        path.dep=TRUE)

# Añadimos regla de salida de la compra
add.rule(strategy.st,
        name='ruleSignal',
        arguments = list(sigcol="exitupsig.exitlongsig",
                sigval=TRUE,
                orderqty= "all",
                ordertype='market',
                orderside='long',
                pricemethod='market',
                replace=FALSE),
        type='exit',
        path.dep=TRUE)
```

```

# Añadimos regla de salida de la venta
add.rule(strategy.st,
  name='ruleSignal',
  arguments = list(sigcol="exitdownsig.exitsshortsig",
    sigval=TRUE,
    orderqty= "all",
    ordertype='market',
    orderside='short',
    pricemethod='market',
    replace=FALSE),
  type='exit',
  path.dep=TRUE)

#####
# Ejecutar estategia
start_t<-Sys.time()
out<-try(applyStrategy(strategy=strategy.st,
  portfolios=portfolio.st))

#####
#VISTA RESULTADOS

updatePortf(portfolio.st)
updateAcct(portfolio.st)
updateEndEq(account.st)

#Gráfico operaciones, retorno y drawdown
for(symbol in symbols) {
  chart.Posn(
    Portfolio=portfolio.st,
    Symbol=symbol,

```

```

log=TRUE)
}

# Estadística completa
tstats <- tradeStats(portfolio.st)
t(tstats)

#Gráfico rendimiento acumulado
rets <- PortfReturns(Account = account.st)
rownames(rets) <- NULL
charts.PerformanceSummary(rets)

# Retorno acumulado, retorno anualizado, Ratio Sharpe y Ratio Calmar
tab.perf <- table.Arbitrary(rets,
  metrics=c(
    "Return.cumulative",
    "Return.annualized",
    "SharpeRatio.annualized",
    "CalmarRatio"),
  metricsNames=c(
    "Cumulative Return",
    "Annualized Return",
    "Annualized Sharpe Ratio",
    "Calmar Ratio"))

tab.perf

#####
##

# Porcentaje positivas, Profit Factor y Esperanza

```

```

Primer_filtro <- cbind(tstats$Symbol, tstats$Percent.Positive, tstats$Profit.Factor,
                      tstats$Percent.Positive * tstats$Profit.Factor)
rownames(Primer_filtro) <- Primer_filtro[,1]
Primer_filtro <- Primer_filtro[,-1]
colnames(Primer_filtro) <- c("Porcentaje positivas", "Profit Factor", "Esperanza")
Primer_filtro ##### Tabla 2 #####

#####

# Para ejecutar las estrategias mejor valoradas por separado con su tamaño por
# operación es necesario ejecutar symbol y tradeSize por separado y después
# ejecutar otra vez de nuevo desde donde pone "COMENZAMOS A DEFINIR LA ESTRATEGIA"

# EURGBP 4.6.1
symbols <- c("EURGBP_H4")
tradeSize <- 500.000

# EURJPY 4.6.2
symbols <- c("EURJPY_H4")
tradeSize <- 3.000

# US500 4.6.3
symbols <- c("US500_H4")
tradeSize <- 1.000

# GBPJPY 4.6.4
symbols <- c("GBPJPY_H4")
tradeSize <- 3.000

# Ejecutamos vista de resultados y después ya podemos ver la Figura 27 y 28
chart.Boxplot(rets) # 27
chart.RiskReturnScatter(rets) #28

```