



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES

Análisis de Modelos de Trading Algorítmico en el Mercado Forex

Autor: Montserrat Sobreperre Delgado

Director: Ignacio Cervera Conte

Madrid
marzo 2015

Montserrat
Sobrepere
Delgado

Análisis de Modelos de Trading Algorítmico en el Mercado Forex



Resumen

Tras los grandes avances tecnológicos que han sacudido al sector financiero en los últimos años y que han dado nacimiento a nuevas formas de operar en los mercados, consideramos relevante el estudio de una de ellas, el trading algorítmico, gracias a la cual es posible automatizar estrategias de trading para que operen de manera autónoma en los mercados.

Para ello, se tratará en un primer lugar de definir las bases teóricas que se encuentran detrás de esta nueva técnica de trading y analizar tanto los principales modelos algorítmicos existentes como los métodos precisos para su evaluación. En último lugar, procederemos a la elaboración propia de un modelo algorítmico para operar en el mercado de divisas, con el fin de aplicar empíricamente los conocimientos expuestos a lo largo del trabajo.

Del análisis e implementación de esta nueva forma de operar en los mercados financieros se desprende que el uso del trading algorítmico en ciertos mercados entre los cuales se incluye el mercado de divisas, benefician en gran medida a los operadores, principalmente debido a la reducción de los tiempos de decisión. Por otro lado, el éxito de un modelo algorítmico recae sobre numerosos factores y pese a la evaluación exhaustiva del modelo, no existe ninguna garantía de éxito hasta su implementación en los mercados financieros.

Palabras clave: Trading algorítmico, estrategia de trading, análisis técnico, mercado Forex, modelos algorítmicos, programación, métodos de evaluación.

Abstract

After the great technologic advances that have shaken the financial sector in the last years and given birth to new ways to operate in the markets, we consider outstanding to study one of them, the algorithmic trading, which allows the automation of trading strategies in order to operate independently in the markets.

To this effect, this paper will initially deal with the theoretical basis behind this new trading technique, and analyze the main algorithmic systems as well as the necessary evaluation methods. Finally, we will proceed to the self-elaboration of an algorithmic

system to operate in the Forex market, in order to apply empirically the knowledge exposed throughout the paper.

The conclusions deducted from the analysis and implementation of this new way of operating in the financial markets are as follow. On one hand, the use of algorithmic trading in some markets such as the Forex market, benefit greatly the traders, mainly thanks to the reduction of decision time. On the other hand, the success of an algorithmic system falls upon numerous factors and despite the exhaustive evaluation of the system, there is no guarantee of success since its implementation on the financial markets.

Keywords: Algorithmic trading, trading strategy, technical analysis, Forex market, algorithmic systems, programming, evaluation methods.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN	6
II. CONCEPTOS BÁSICOS DE UNA ESTRATEGIA DE TRADING	8
II.1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DEL ANÁLISIS TÉCNICO	8
II.1.1. <i>Pilares del análisis técnico</i>	8
II.1.2. <i>Tendencias del mercado</i>	9
II.1.3. <i>Apoyos y resistencias</i>	10
II.2. INDICADORES TÉCNICOS	11
II.2.1. <i>Medias móviles y MACD</i>	11
II.2.2. <i>Relative Strength Index (RSI)</i>	11
II.2.3. <i>Parabolic SAR</i>	12
II.2.4. <i>Variación porcentual de Williams (%R)</i>	13
II.2.5. <i>Bandas de Bollinger</i>	13
II.2.6. <i>Average Directional Index (ADX)</i>	14
II.2.7. <i>Puntos Pivotes</i>	14
II.3. GESTIÓN MONETARIA	15
II.3.1. <i>Pautas generales de la gestión monetaria</i>	15
II.3.2. <i>Control del riesgo</i>	16
II.3.3. <i>Órdenes de trading</i>	16
III. TRADING ALGORÍTMICO	17
IV. MODELOS ALGORÍTMICOS EN EL MERCADO FOREX	19
IV.1. ESPECIFICIDADES DEL MERCADO FOREX	19
IV.1.1. <i>Funcionamiento y principales divisas</i>	20
IV.1.2. <i>Principales actores del mercado</i>	21
IV.1.3. <i>Regulación</i>	22
IV.1.4. <i>Evolución de la estructura del mercado Forex</i>	22
IV.2. PRINCIPALES MODELOS ALGORÍTMICOS PARA FOREX	23
IV.2.1. <i>Principales modelos para operar en tendencia</i>	23
IV.2.2. <i>Principales modelos para operar en rango</i>	25
IV.3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE RENTABILIDAD DE LOS MODELOS	27
IV.3.1. <i>Backtest</i>	27
IV.3.2. <i>Fowardtest</i>	28
IV.3.3. <i>Otros métodos de evaluación de la rentabilidad</i>	29
V. APLICACIÓN EMPÍRICA: ELABORACIÓN DE UN MODELO DE TRADING AUTOMÁTICO PARA EL MERCADO FOREX A TRAVÉS DEL PROGRAMA PROREALTIME	30
V.1. ESTRATEGIA	30
V.2. PROGRAMACIÓN	31
V.3. EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN	31
VI. CONCLUSIONES	37
VII. BIBLIOGRAFÍA	39
VIII. ANEXOS	41
VIII.1. PROGRAMACIÓN ASISTIDA DEL MODELO CON PROREALTIME	42
VIII.2. OPTIMIZACIÓN DEL MODELO	44
VIII.3. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN FINAL	46
VIII.4. INFORME DE OPTIMIZACIÓN	47

I. Introducción

Hoy en día, el mundo en el que vivimos está en constante evolución gracias al desarrollo exponencial de la tecnología en prácticamente todos los campos. Entre ellos, el sector financiero se ha visto completamente transformado a lo largo del tiempo por los descubrimientos tecnológicos, permitiendo a los mercados ganar en transparencia y eficiencia. En la actualidad, asistimos al auge del nuevo gran avance tecnológico en los mercados financieros, que ha conseguido revolucionar tanto su estructura como la forma de operar en ellos. Se trata del trading algorítmico, una nueva forma de operar en los mercados, a través de algoritmos matemáticos programados por ordenador capaces de generar numerosas operaciones de compra y venta de forma automática en un corto período de tiempo. Uno de los mercados que más beneficiado se ha visto por la introducción de esta nueva técnica ha sido el mercado de divisas, también conocido como mercado Forex, que al ser un mercado altamente líquido y en constante funcionamiento se ha visto favorecido por la reducción de tiempo y errores ligados a la psicología humana que aporta el trading algorítmico. En un principio, esta nueva tecnología estaba reservada a grandes bancos con capital suficiente para invertir en las plataformas necesarias y con el personal cualificado para implementarlas. Sin embargo, esta situación está cambiando y el trading algorítmico se encuentra cada vez más al alcance de inversores particulares a través de plataformas ofrecidas por los principales *brokers* online. No obstante, la mayoría de los pequeños inversores son reacios a operar con esta nueva técnica ya que desconocen su funcionamiento y los pasos necesarios para implementar modelos automáticos capaces de operar rentablemente en los mercados.

En el marco de esta investigación nos preguntamos ¿Cuáles son los principales modelos de trading algorítmico? ¿Cómo podrían aplicarse estos modelos al mercado de divisas?. En concreto, este trabajo se centrará en conocer los fundamentos teóricos sobre los cuales reposa el trading algorítmico para después definir los principales modelos existentes y los métodos necesarios para su evaluación con el fin de acercar esta nueva forma de operar en los mercados a pequeños inversores sin experiencia previa.

Para ello, se utilizará principalmente la metodología descriptiva para familiarizar al lector con las bases del trading algorítmico y cómo operar con esta nueva técnica. Finalmente, se

ilustrará lo descrito con una aplicación empírica que consistirá en la elaboración de un modelo de trading automático para el mercado Forex.

El trabajo se estructura en cinco partes. En un primer apartado, se describen los fundamentos sobre los cuales se basa una estrategia de trading, que constituye el elemento principal sobre el cual se construyen los modelos de trading algorítmicos. En el segundo, se repasa la literatura existente sobre el trading algorítmico, para conocer la opinión de defensores y detractores de esta nueva técnica y sus consecuencias en los mercados financieros. En tercer lugar, se presentarán los principales modelos de trading algorítmico y los métodos que permiten evaluar el rendimiento de dichos modelos. El cuarto apartado está dedicado a la aplicación de todo lo definido en los apartados anteriores a un caso particular, crear un modelo de trading algorítmico para operar en el mercado Forex. Finalmente, en un último bloque se extraerán las principales conclusiones del presente trabajo.

II. Conceptos básicos de una estrategia de trading

Antes de adentrarnos en el mercado Forex y el trading algorítmico es necesario definir las bases sobre las que se fundamenta una estrategia de trading. Es por eso que dedicaremos esta primera parte al estudio de dichos conceptos que después aplicaremos al mercado de divisas.

Pero antes de empezar con las ideas fundamentales es preciso definir que es una estrategia de trading:

“Una estrategia de trading es un conjunto de reglas que generan señales de compra y venta sin ningún tipo de ambigüedad o cualquier otro elemento subjetivo. Estas señales son en su mayoría generadas por indicadores técnicos o una combinación de indicadores técnicos. El objetivo principal de una estrategia de negociación es gestionar el riesgo e incrementar la rentabilidad en cualquier entorno de mercado. Los niveles óptimos de riesgo y beneficio se obtienen mediante la modificación de los diferentes parámetros dentro de cada regla de la estrategia” (Fxstreet.com)

Para la definición de las siguientes nociones seguiremos principalmente a John J. Murphy (1999).

II.1. Conceptos fundamentales del análisis técnico

Según John J. Murphy (1999: 27), “el análisis técnico es el estudio de los movimientos del mercado, principalmente mediante el uso de gráficos, con el propósito de pronosticar futuras tendencias de los precios”. Es por ello que para establecer una estrategia de trading es preciso utilizar técnicas y herramientas propias del análisis técnico que nos ayudarán a definir los parámetros de dicha estrategia.

II.1.1. Pilares del análisis técnico

El análisis técnico se apoya en tres pilares fundamentales. El primero es que los movimientos del mercado lo descuentan todo, es decir, toda la información pública ya se encuentra en el precio y por lo tanto no es necesario analizar dicha información de forma directa. Esta afirmación constituye la principal diferencia entre el análisis técnico y el fundamental, ya que si bien el analista técnico se preocupa únicamente del precio y su movimiento, el analista fundamental estudia toda la información disponible para estimar el precio intrínseco del valor y poder así recomendar la compra o venta de un activo. La segunda afirmación sobre la que se basa el análisis técnico es que los precios se mueven

por tendencias, y por lo tanto la función de este análisis consiste en identificar estas tendencias y actuar en consecuencia. Por último, el análisis técnico asume que la historia se repite debido a la psicología humana, que de por sí, tiende a repetirse. Estas afirmaciones hacen el análisis técnico más rápido y flexible que el análisis fundamental, cuyo proceso es más lento, lo que lo hace ideal para determinar el momento exacto para invertir en un valor, pero también para invertir en mercados muy líquidos como es el caso de este estudio.

II.1.2. Tendencias del mercado

Como hemos visto anteriormente, en el análisis técnico es esencial el concepto de tendencia. John J. Murphy (1999) define la tendencia como la dirección de los sucesivos picos y valles del movimiento del mercado, ya que éste no se mueve en línea recta sino que sufre correcciones en el tiempo antes de seguir su rumbo. Existen tres tipos de tendencia, ascendente, descendente y lateral. Decimos que la tendencia es lateral cuando los precios fluctúan en un determinado rango de precios o banda de fluctuación. En este caso, también podemos decir que es un mercado sin tendencia o un mercado en rango. Según la teoría de Dow, la tendencia tiene tres niveles. Una tendencia principal, cuya duración es superior a seis meses, engloba una tendencia intermedia de duración aproximada de entre tres semanas y tres meses que a su vez contiene una tendencia de corta duración cuyo período no supera las tres semanas. Cuanto más a largo plazo sean las posiciones del inversor más importancia cobrará la tendencia principal y más insignificante resultará la tendencia de corto plazo, y viceversa para los operadores intradía. Es muy importante saber la tendencia en la que se encuentra el mercado, ya que no se puede llevar a cabo la misma estrategia en un mercado con tendencia alcista o bajista que en un mercado con una tendencia lateral. Por ejemplo, en un mercado con tendencia el operador asume que a pesar de las posibles correcciones el precio se incrementará o disminuirá con el tiempo y por lo tanto su estrategia irá encaminada a medir dicha tendencia para encontrar el momento ideal para entrar en el valor o para liquidar las posiciones abiertas. Sin embargo, en un mercado en rango, no hay una dirección definida, el operador asume por lo tanto que lo más probable es que el precio vuelva a su punto de origen. En este caso, la estrategia del operador iría encaminada a determinar el rango de precios del mercado y comprar en mínimos para vender en máximos. Por regla general, las operaciones en rango están reservadas a los operadores

intradía ya que requiere un mayor seguimiento que las operaciones en tendencia. Las operaciones en rango suelen ir encaminadas a actuar en numerosas operaciones de corta duración con pequeños márgenes de beneficios, y por lo tanto también menos riesgo que las operaciones con un horizonte temporal más largo. La rentabilidad en esta forma de operar se obtiene gracias al número de operaciones realizadas antes que al beneficio generado por cada una en particular, y pueden llegar a obtener los mismos niveles de rentabilidad que las operaciones en tendencia soportando un menor riesgo.

II.1.3. Apoyos y resistencias

Al igual que la tendencia, otra idea básica del análisis técnico es el concepto de apoyos y resistencias. Se considera un apoyo una línea que el mercado no consigue romper por abajo. Llegados a ese punto el interés comprador se vuelve más fuerte que el vendedor, impidiendo que el precio siga disminuyendo. Al contrario, la resistencia es una línea que no se puede romper por arriba, ya que el interés vendedor se vuelve más intenso que el comprador invirtiendo el movimiento. Esta noción está estrechamente relacionada con los picos y valles que forman el movimiento del precio. En efecto, los valles se relacionan con los apoyos, ya que es el punto en el cuál la caída se detiene y el precio comienza a aumentar, al igual que los picos se vinculan a las resistencias por el mismo motivo (John J. Murphy, 1999). En la práctica, los apoyos y resistencias son muy útiles tanto para operar en tendencia como en rango. Para los operadores en tendencia, la violación de un apoyo en una tendencia alcista o de una resistencia en una tendencia bajista es una señal de que la tendencia puede estar cambiando. Cuando la tendencia cambia, y el nivel de apoyo o resistencia es traspasado este se convierte en lo opuesto. Es decir, cuando un nivel de apoyo es atravesado se convierte en un nivel de resistencia para la nueva tendencia bajista y viceversa. Por otro lado, para los operadores en rango los apoyos y resistencias cobran un papel mucho más importante ya que constituyen lo que definimos anteriormente como banda de fluctuación y, por lo tanto, podemos redefinir la explicación dada anteriormente sobre la estrategia de dichos operadores, cuyo propósito es comprar en el punto de apoyo para vender en el punto de resistencia. Además, si uno de estos dos niveles es traspasado sería una señal para el operador en rango de que el mercado está entrando en tendencia y, por lo tanto, sería aconsejable salirse o cambiar su estrategia. Podemos afirmar que gran parte del éxito de operar en rango reside en identificar las

líneas de soporte y resistencia de la forma más precisa posible para poder sacar el mayor rendimiento a la inversión del operador.

II.2. Indicadores técnicos

Tras haber expuesto las bases del análisis técnico, nos adentramos en esta segunda parte en un concepto más complejo como son los indicadores u osciladores técnicos. “Un indicador u oscilador técnico es la representación gráfica de una relación matemática entre variables bursátiles (generalmente cotizaciones), que según su tendencia, cambio de sentido o corte de líneas de referencia, indica el momento de compra o de venta de un título. Se entiende por oscilador técnico un indicador que varía sólo del cero al cien por cien” (Juan Pablo Graziano, 2001: 1). De esta definición deducimos que la función principal de esta herramienta es la de generar señales de compra o de venta de forma más objetiva que el simple análisis gráfico.

II.2.1. Medias móviles y MACD

Uno de los indicadores más conocidos e implementados por los operadores son las medias móviles. Este indicador es un seguidor de tendencia, y, por lo tanto, no anticipa el movimiento del precio sino que nos permite saber cuál es la tendencia principal y, en consecuencia, nos informa sobre qué posición tomar en el mercado: vendedora o compradora. La forma más común de utilizar las medias móviles es una combinación de dos medias móviles, una media “rápida”, generalmente de 5 o 10 días, y una media “lenta”, habitualmente de 20 o 50 días. Así pues, cuando la media más rápida se encuentra por encima de la media lenta, la tendencia del mercado es alcista y viceversa. Sin embargo, es posible determinar el momento de entrada o salida en el mercado a través de las medias móviles, a través del oscilador MACD (*Moving Average Convergence Divergence*), que es ni más ni menos que “la diferencia entre dos medias en forma de histograma (...) alrededor de una línea cero centrada” (John J. Murphy, 1990: 259). La señal de compra o venta se genera cuando se cruza la línea cero.

II.2.2. Relative Strength Index (RSI)

A diferencia del MACD, el RSI es un oscilador de momento que identifica situaciones de sobre compra o sobre venta a través de la medición de la fuerza del mercado. El RSI oscila entre 0 y 100 considerándose los movimientos inferiores a 30 como situación

sobrevenida y los superiores a 70, una situación sobrecomprada, si bien, estos límites pueden variar en función del valor. Las líneas de 30 y 70 sirven para generar señales de compra y venta, ya que cuando el movimiento supera la línea de 70, entra en zona de sobre compra y por lo tanto se puede intuir que el mercado está llegando a un máximo, siendo esta oportunidad de venta ante la probable caída de los precios y viceversa. El RSI es un oscilador que se desempeña mejor en mercados con tendencia lateral. Esto se debe a que en mercados con fuertes tendencias, el oscilador puede permanecer largos periodos de tiempo en situación sobrecomprada o sobrevenida, generando falsas señales mientras que en mercados en rango el oscilador permanece muy poco tiempo en niveles sobrecomprados o sobrevenidos constituyendo señales más fiables. Su fórmula matemática es la siguiente:

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + RS}$$

$$RS = \frac{\text{Media de cierres al alza de } x \text{ días}}{\text{Media de cierres a la baja de } x \text{ días}}$$

II.2.3. *Parabolic SAR*

El *Parabolic SAR* es un indicador de tendencia, cuya principal función es predecir un posible cambio de tendencia. Cuando la línea de precios se encuentra sobre la línea de puntos del *Parabolic SAR*, el mercado se encuentra en tendencia alcista y viceversa. El cruce entre la línea de precios y la *Parabolic SAR* indica que la tendencia está cambiando. El *Parabolic SAR* es un indicador muy efectivo, cuanto más fuerte sea la tendencia más precisa será esta herramienta y por lo tanto debe evitarse su uso en mercados en rango. La señales de compra se producen cuando hay tres puntos consecutivos por debajo de la barra del precio, y las señales de venta cuando hay tres puntos consecutivos por encima de la barra de precios. El cálculo de este indicador se resume de la siguiente manera:

En un mercado alcista, $SAR_{actual} = SAR_{anterior} + FA_{anterior}$

En un mercado bajista, $SAR_{actual} = SAR_{anterior} - FA_{anterior}$

Siendo FA, el factor de aceleración que aumenta 0,02 cada vez que el precio alcanza un nuevo máximo en un mercado alcista o un nuevo mínimo en un mercado bajista. Los valores del FA se comprenden entre 0,02 y 0,2.

II.2.4. Variación porcentual de Williams (%R)

Al igual que el RSI, el %R es un oscilador de momento, cuya mayor particularidad es que los valores se calculan en una escala invertida y por lo tanto oscilan entre 0 y -100 indicando niveles de sobrecompra en valores superiores a -20 o sobreventa en valores inferiores a -80, si bien para facilitar la interpretación la mayoría de las veces se usan valores negativos para volver a la representación normal de los osciladores. Para ser más precisos, el %R “mide lo cerca del máximo o del mínimo que está el precio en un período de tiempo determinado”, siendo 14 el periodo más común. El cálculo de este oscilador consiste en:

$$\%R = \left(\frac{Max - U}{Max - Min} \right) \times 100$$

Siendo:

U: precio de cierre o precio último del período

Max: precio máximo del período

Min: precio mínimo del periodo

II.2.5. Bandas de Bollinger

Las bandas de Bollinger es un indicador técnico que se compone de una media móvil, generalmente de 20 periodos, a partir de la cual se calculan dos bandas de fluctuación, una superior y otra inferior, situadas a dos desviaciones estándar de la media móvil simple. La utilización de dos desviaciones estándar asegura que el 95% del movimiento del precio se encuentre entre las bandas. Este indicador es muy útil, ya que puede usarse tanto como detector de momentos sobrecomprados y sobrevendidos cuando el precio cruza una de las dos bandas de fluctuación, pero también actúa como un indicador de tendencia gracias a la media móvil central. Sin embargo, mientras que en otros osciladores, como el RSI, las bandas de fluctuación mantienen un ancho constante, el uso de desviaciones estándar permite a las bandas de Bollinger medir la volatilidad de los precios. En efecto, cuando aumenta la volatilidad, el valor de la desviación estándar aumenta y por lo tanto la distancia entre las bandas se incrementa. Al contrario, las bandas se contraen en períodos de baja volatilidad.

II.2.6. *Average Directional Index (ADX)*

El ADX es un oscilador de tendencia que fluctúa entre 0 y 100. Este oscilador nos informa si el mercado se encuentra en rango o en tendencia y si esta última es alcista o bajista. Este oscilador se basa en el *True Range (TR)*, que es el mayor valor de las diferencias de máximo y mínimo actual, el precio de cierre anterior y el máximo actual o el precio de cierre anterior y el mínimo actual. El ADX se compone de la línea ADX que determina la fuerza de la tendencia del mercado y es el que nos avisa si el mercado está en tendencia o en rango, y dos otras líneas, +DI y -DI que miden respectivamente los movimientos al alza y a la baja del mercado. Si la línea +DI se encuentra por encima de -DI, el mercado tendrá una tendencia alcista y viceversa. Por otro lado, si la línea ADX se encuentra en valores inferiores a 20, los movimientos en el precio son pequeños, la fuerza de la tendencia es débil lo que indica que nos encontramos en un mercado en rango. Por el contrario, si los valores de la línea ADX se encuentran entre 20 y 40, indican que el mercado se encuentra en tendencia, y si estos valores superan 40 nos indica que la fuerza de la tendencia es grande. El cálculo de las diferentes líneas es el siguiente:

$$+DI = \frac{+DM}{TR}$$
$$-DI = \frac{-DM}{TR}$$
$$ADX = \frac{(+DI) - (-DI)}{(+DI) + (-DI)}$$

Dónde:

+DM: suma de los movimientos en dirección positiva

-DM: suma de los movimientos en dirección negativa

TR: *True Range*

II.2.7. Puntos Pivotes

El objetivo fundamental de los puntos pivotes es identificar niveles en los que el precio puede pararse para rebotar en sentido contrario o corregirse. Este indicador se compone de una línea central denominada punto pivote, dos niveles de resistencias y dos niveles de soporte, aunque el número de líneas de soporte y resistencia puede variar. Se espera que los precios se muevan alrededor de la línea central. Esta herramienta es muy utilizada entre los operadores en rango ya que les permite operar entre los diferentes soportes y

resistencias y aprovecharse de los pequeños movimientos del mercado. Las diferentes líneas de los puntos pivotes se calculan de la siguiente manera:

$$R_2 = P + (R_1 - S_1)$$

$$R_1 = (P \times 2) - Min$$

$$PP = \frac{Max + Min + C}{3}$$

$$S_1 = (P \times 2) - Max$$

$$S = P - (R_1 - S_1)$$

Dónde:

R: Resistencia Max: Máximo del día anterior

S: Soporte Min: Mínimo del día anterior

PP: Punto Pivote C: Cierre del día anterior

II.3. Gestión monetaria

La gestión monetaria es una parte esencial de la estrategia de trading. Para John J. Murphy y otros muchos operadores una buena gestión monetaria es lo que hace posible la permanencia en el mercado. La premisa principal de la gestión monetaria es el control del riesgo a través de la idea de frenar las pérdidas y dejar correr los beneficios. La clave de la supervivencia del operador pasa por contar con un plan de gestión monetaria adecuado a su capital y su perfil de riesgo y no desviarse de él.

II.3.1. Pautas generales de la gestión monetaria

En su libro John J. Murphy (1999) enumera 4 pautas básicas de gestión monetaria basadas principalmente en el trading de futuros pero aplicables a toda otra forma de inversión. La primera de ellas reza que “el total de fondos invertidos debe limitarse al 50 por ciento del capital total” (John J. Murphy, 1999: 417). El fin de este consejo es tener reservas para los contratiempos, e impedir que malas inversiones u otros imprevistos acaben con la cuenta del operador. La segunda indicación recomienda no poner más del 10- 15 por ciento del capital en un solo mercado. En esta misma línea, la tercera pauta es no invertir más del 5 por ciento del capital en una sola operación. Por último, no se debe invertir más del 20-25% en un mismo grupo de mercados, es decir, en mercados cuyos movimientos tienden a ir en la misma dirección. Estas normas pueden modificarse según

el perfil del inversor y están destinadas a fomentar la diversificación del inversor para limitar el riesgo, como veremos en el siguiente punto.

II.3.2. Control del riesgo

Como ya hemos visto antes, la principal función de la gestión monetaria es controlar el riesgo. Es por ello que la diversificación es un pilar importante de la gestión monetaria como hemos podido observar a través de las pautas de John J. Murphy, ya que permite reducir de forma considerable el riesgo. Sin embargo, hay que tener cuidado con la diversificación puesto que diversificar en exceso puede hacer que disminuya el beneficio de las operaciones. En efecto, una gran diversificación puede provocar que las operaciones rentables se vean contrarrestadas por las operaciones que han generado pérdidas y que el resultado general de la cartera sea incluso negativo.

Otro concepto importante del control de riesgos son los coeficientes de recompensa/ riesgos y los límites protectores. En efecto, no es necesario tener un mayor porcentaje de operaciones con beneficios que de operaciones con pérdidas para tener una cuenta que gane dinero. La clave se halla en el coeficiente de recompensa/ riesgos utilizado, o en otras palabras, que, en cada operación, el beneficio potencial sea mayor que las pérdidas potenciales. Para asegurar que este coeficiente se cumple, es necesaria la utilización de los límites protectores, *stop loss* y *take profit*. Estos límites se encargan de cerrar la posición cuando se alcance uno de los objetivos impuestos por el operador, ya sea de pérdidas o de ganancias. Por ejemplo, si decidimos operar con un coeficiente de 3 a 1, solo entraremos en operaciones en las que estimemos que las ganancias potenciales sean tres veces superiores a las pérdidas potenciales. Sin embargo, como menciona John J. Murphy en su libro (1999) poner límites es un arte, ya que se corre el riesgo de salirse antes de tiempo de una operación que podría haber generado más ganancias o menos pérdidas.

II.3.3. Órdenes de trading

Existen en el mercado diferentes tipos de órdenes de contratación. Podemos dividir estas órdenes en órdenes de mercado y ordenes pendientes o condicionadas. La orden de mercado, es la orden básica por la cual se adquiere o se vende un instrumento financiero al precio actual del mercado. Por otro lado, las órdenes pendientes son aquellas que mandan comprar o vender un instrumento financiero en el futuro. En esta categoría los

tipos de órdenes siguientes son los más corrientes: orden limitada, stop, stop limitada y orden por lo mejor si toca.

Las órdenes limitadas son aquellas que especifican un precio concreto al que el operador está dispuesto a comprar o vender. Si es una orden de compra, el precio indicado es el precio máximo que el inversor está dispuesto a pagar y será por lo tanto inferior al precio actual del mercado. Contrariamente, una orden limitada de venta indica el precio mínimo por el cual el vendedor está dispuesto a vender y es más elevado que el precio de mercado actual. Las órdenes stop funcionan inversamente a las órdenes limitadas, es decir, que una orden de stop de compra tiene un precio superior al del mercado actual buscando proteger los beneficios o entrar en una nueva posición en una ruptura alcista. Una orden stop de venta tendrá un precio inferior al precio actual con el fin de frenar las posibles pérdidas de una operación. Una vez alcanzado el precio de la orden, ésta se convierte en una orden de mercado, por lo tanto, puede que el precio final de la operación difiera del precio establecido, sobretodo en mercados muy volátiles. La orden de stop limitada es una combinación de las dos órdenes anteriores, en la cual una vez saltado el stop se lanza al mercado una orden limitada de compra o de venta. Por último, la orden por lo mejor si toca es una orden limitada con la particularidad de que se transforma en una orden de mercado cuando llega al precio límite. Su ventaja frente a la orden limitada es que esta última no garantiza su ejecución. Si el precio de la orden es saltado por una gran subida del precio la orden no se ejecuta.

Estas órdenes permiten al operador entrar o salir en el momento adecuado al mercado, un factor clave en la gestión monetaria. Esto puede conseguirse por ejemplo situando las órdenes cerca de los apoyos o resistencias del mercado para maximizar beneficios o para aprovecharse de posibles rupturas de esos límites y sus consiguientes movimientos bruscos en la dirección de la ruptura.

III. Trading Algorítmico

El trading algorítmico “se refiere a cualquier forma de trading que utilice sofisticados algoritmos para automatizar toda o parte de la estrategia de trading” (P. Treleaven, M. Galas, V. Lalchand, 2013: 76). Si bien, algunas definiciones diferencian el trading algorítmico y el trading automático, según las cuales el trading algorítmico es únicamente aquel que se sirve de reglas predefinidas basadas en algoritmos matemáticos para la toma

de decisión sin necesidad de que esta estrategia esté automatizada mientras que el trading automático es aquel en el cuál estas estrategias se llevan a cabo sin necesidad de participación humana (M. Schapiro, 2010; V. Lebreton, 2007). En este estudio se tendrá en cuenta la primera definición, más extendida en el ambiente financiero.

Por lo tanto, estos sistemas generan decisiones de compra o venta en función de los objetivos pre-parametrados por el trader. Una vez parametrados, estos sistemas no necesitan de la presencia de un operador físico, reduciendo considerablemente los tiempos de operación y los errores ligados a la psicología humana, principalmente los incitados por el miedo, la avaricia o el exceso de confianza (J. Davis, sin año). Sin embargo, el trading algorítmico no está libre de errores tal y como razonan Edouard Pflimlin y Laurent Checola en un artículo de *le Monde* (2011), el trading algorítmico no elimina el error humano sino que lo amplifica. Un pequeño error por parte del operador que parametriza un modelo para grandes cuentas puede convertirse en pérdidas millonarias en minutos.

El crecimiento exponencial del uso del trading algorítmico en los mercados financieros a suscitado cambios tanto en la estructura como en la forma de operar en los mercados. En efecto, el uso de este tipo de sistemas aumenta la liquidez y la eficiencia en los mercados, ya los disminuye el riesgo incurrido por los proveedores de liquidez, incitándoles a inyectar más liquidez a los mercados (Foucault, Roell y Sandas, 2003, citado por Paz Alonso y Arantxa Álvarez, 2011). Por otro lado, el operador tiene una capacidad limitada, lo que le impide monitorizar distintos mercados al mismo tiempo. Esto propiciaba la existencia de mercados opacos por falta de análisis y por lo tanto con poca liquidez y grandes volatilidades. El hecho de automatizar estrategias, permite superar las limitaciones del operador mejorando por lo tanto la liquidez y reduciendo la volatilidad de dichos mercados lo que aumenta su eficiencia. Bias y Weill, afirman a la luz de numerosos estudios empíricos que el trading algorítmico facilita “un acceso más completo a la información y por ello permite la toma correcta de decisiones de negociación” (2009, citados por Paz Alonso y Arantxa Álvarez). Sin embargo, frente a los defensores del trading algorítmico, numerosas críticas argumentan que lejos de aumentar la eficiencia del mercado, el uso de sistemas automáticos debilita esta eficiencia alegando la vuelta a la ley del más fuerte. Esto se debe a que los principales operadores que utilizan esta tecnología son los grandes bancos, que gracias a grandes inversiones en tecnología han

conseguido sistemas capaces de pasar más de 250 órdenes de gran volumen por segundo desestabilizando el mercado, restándole eficiencia, y sometiendo a la economía real a la especulación financiera. Ejemplo de ello fue el mini-crash del 6 de mayo de 2010 cuando el Dow Jones cayó un 9,2% en tan solo 10 minutos llevando a varias empresas a perder hasta el 60% del valor de sus acciones en minutos (Bourse Academy, 2013).

Por último, Edouard Pflimlin y Laurent Checola (2011) denuncian en su artículo que este método perjudica a los pequeños inversores que no tienen acceso a esta tecnología y fomenta la creación de burbujas especulativas ya que los mercados financieros pierden de vista su objetivo primario, el de prestar dinero a los agentes económicos más productivos y por lo tanto el hecho de poder generar órdenes una milésima de segundo más rápido que su competidor no contribuye a esta función social.

IV. Modelos Algorítmicos en el mercado Forex

IV.1. Especificidades del mercado Forex

El mercado de divisas, o mercado Forex (abreviatura de *Foreign Exchange*) es el mercado en el que se intercambian las diferentes monedas, a precios fijados por los tipos de cambio. Este mercado nace gracias a las transacciones internacionales que requieren ser pagadas en una moneda distinta a la nacional. Si bien esta es su función principal, la evolución tecnológica ha permitido la entrada de nuevos participantes con propósitos diferentes al el comercio de bienes y servicios, como son la especulación o el arbitraje. Este mercado se caracteriza principalmente por ser un mercado “descentralizado, con gran liquidez y actividad constante”. (Michael R. King, Carol Osler y Dagfinn Rime, 2011: 3). En efecto, gracias a su dispersión geográfica el mercado Forex es el único mercado abierto 24 horas al día durante la semana, cuya actividad sólo decae durante las dos horas que separan el cierre de la bolsa americana y la apertura de la Bolsa de Sídney. Su amplio horario y el gran número de transacciones diarias efectuadas lo convierten en el mercado más volátil y líquido, con precios que se actualizan cada segundo.

Londres es el principal centro de operaciones de este mercado, donde se calcula que se realizan un tercio de las transacciones, seguido por la bolsa de Nueva York que capta una quinta parte aproximadamente. La supremacía de Londres en el mercado de divisas se debe principalmente a razones geográficas, ya que la sesión de la bolsa londinense se

solapa tanto con la sesión asiática por la mañana como con la sesión americana por la tarde. (Michael R. King, Carol Osler y Dagfinn Rime, 2011)

IV.1.1. Funcionamiento y principales divisas

En el mercado Forex se opera con pares de divisas, siendo cada uno de estos pares un producto en sí mismo. La moneda que aparece situada a la izquierda se denomina moneda base o moneda de referencia, mientras que la divisa situada a la derecha se denomina cotizada o contraparte. Por lo tanto, el par expresa cuantas unidades monetarias de la moneda cotizada se necesitan para comprar una unidad monetaria de la divisa base. Los pares en los que no interviene el dólar estadounidense se llaman cruces, ya que equivalen a un cruce de los pares de ambas monedas con el dólar. Es decir, el par EUR/AUS equivale al cruce de los pares EUR/USD y USD/AUS. Esto se debe a la utilización histórica del dólar como referencia para el resto de divisas. Por lo tanto, aun sin estar presente en el par, el dólar les afecta de manera indirecta.

Las monedas tienen dos tipos de cambio, el tipo comprador, precio por el cual el bróker está dispuesto a comprar, y tipo vendedor, precio por el cual el bróker está dispuesto a vender el par. La diferencia entre ambos es el spread y equivale al coste de la transacción. Generalmente el spread es inferior en los pares de las monedas más negociados, ya que éstos al tener un gran volumen de transacciones tienen mayor liquidez y menor riesgo que los pares menos negociados, donde los spreads suelen ser mayores debido al riesgo suplementario que asume el bróker. El spread, al igual que la variación de los precios se mide en pips (siglas de *Price Interest Point*) que equivale al 0,0001 del tipo de cambio. Esto se debe a que los productos cotizan en distintas monedas y el pip ejerce de unidad de medida única para todos los pares independientemente de las monedas intercambiadas. Para cada par, el pip tiene un valor diferente que además fluctúa con el tipo de cambio, por lo que es esencial calcular el valor del pip en cada operación para poder llevar un control de los riesgos asumidos en ella.

La principal moneda intercambiada es el dólar americano, que interviene aproximadamente en el 80% de las transacciones, seguido del euro, el yen japonés y la libra inglesa. Estas cuatro monedas son conocidas como “*majors*”. Sin embargo en los últimos años asistimos a una subida de las transacciones de las llamadas “*commodities currencies*”, monedas con gran dependencia de la exportación de materias primas como el

dólar australiano, el dólar canadiense o la corona noruega entre otros. Por otro lado, las monedas de los principales mercados emergentes también han experimentado un gran aumento de transacciones, llegando a doblar su presencia en el mercado entre 1998 y 2010. (Michael R. King, Carol Osler y Dagfinn Rime, 2011)

IV.1.2. Principales actores del mercado

Los actores del mercado pueden dividirse en tres grupos según su motivación. El primer grupo es aquel cuyos motivos son puramente transaccionales, operan con divisas para asegurar exportaciones o importaciones de bienes y servicios. Para ellos, operar en Forex se deriva de su actividad principal y por lo tanto actúan en el mercado de forma esporádica y sin ánimo de especulación alguno.

El segundo grupo los conforman aquellos que realizan labores de arbitraje en el mercado, compran en mercados baratos para vender en mercados caros y así equilibrar la balanza al mismo tiempo que ganan dinero con los spreads sin asumir ningún riesgo. Los principales arbitrajistas son los *brokers* y *dealers*.

Por último, se encuentra el grupo formado por los operadores especulativos. Este grupo es el más grande ya que se calcula que más del 90% de las operaciones realizadas en el mercado de divisas es de carácter especulativo. En este grupo encontramos tanto a grandes bancos comerciales o de inversión, *brokers* y *dealers* como a los traders individuales. Todos ellos tienen en común el objetivo principal de obtener beneficios operando en el mercado y asumiendo riesgos. Sin embargo su impacto en el mercado es diferente. Los grandes bancos pueden actuar tanto para cuenta de sus clientes como por cuenta propia moviendo grandes sumas de dinero y actuando frecuentemente como *market-makers*, aquellos que crean liquidez en ambos sentidos activando la circulación de capitales en el mercado. Por otro lado los traders individuales, cuyo acceso al mercado es relativamente reciente gracias a Internet y las plataformas de trading, constituyen un gran grupo que sin embargo tiene muy poco peso en el mercado. Esto se debe a que sus inversiones suelen implicar un muy corto plazo, generalmente horas, se centran en un reducido número de pares y las cantidades invertidas son ínfimamente pequeñas comparadas al capital manejado por los otros participantes.

Por otro lado, los Bancos Centrales son también actores fundamentales del mercado, debido a su papel de autoridad monetaria. Su motivación para participar en el mercado es

la de asegurar la política monetaria del Estado, controlar la oferta monetaria y en ciertos casos controlar el valor de la moneda propia frente al resto, principalmente cuando el régimen de tipo de cambio de la moneda es fijo. Su participación directa en el mercado suele ser escasa sin embargo la influencia que tiene sobre él es muy grande, ya que la confianza que los inversores otorgan a una divisa recae sobre la actuación del Banco Central responsable. Además, la elección de políticas monetarias expansivas o restrictivas por parte de estas instituciones, también condicionan el movimiento del mercado.

IV.1.3. Regulación

Al contrario que la mayoría de los mercados financieros, el mercado de divisas es un mercado mayoritariamente sin regulación. Esto se debe en gran medida a las características especiales del mercado que hacen que algunos problemas ni siquiera se planteen. Por ejemplo, la controversia de la venta en corto, en la cual se vende un activo que no se posee con la esperanza de comprarlo después más barato, no tiene cabida en Forex, ya que la venta de una moneda implica la compra de otra. La ausencia de reglas no impide el buen funcionamiento del mercado, ya que al ser un mercado extremadamente líquido, imposibilita la manipulación de un solo operador sobre el mercado.

Por otro lado, al ser un mercado completamente descentralizado, cada país tiene sus propias reglas que van únicamente dirigidas a asegurar las operaciones con el fin de proteger al inversor de posibles fraudes. (Michael R. King, Carol Osler y Dagfinn Rime, 2011)

IV.1.4. Evolución de la estructura del mercado Forex

Antes de la entrada de los ordenadores y posteriormente internet, el mercado de divisas era un mercado muy opaco, reservado a un número limitado de participantes. El mercado Forex es un mercado OTC (*Over The Counter*) y por lo tanto las negociaciones se llevaban a cabo por vía telefónica entre las contrapartes, y por lo tanto la información no estaba al alcance de todos actores, llevando a *dealers* y bancos a tantearse con operaciones farol para conocer las cotizaciones. Las únicas informaciones conocidas eran los precios de compra y venta publicadas por los *brokers* en nombre de sus clientes de forma anónima. Con la llegada de los ordenadores en los años 80, el trading electrónico llegó a los *dealers* con plataformas creadas por Reuters y EBS, que les permitieron conocer las cotizaciones

de las principales divisas en tiempo real y operar con mayor rapidez y eficiencia. El mercado ganó en transparencia pero seguía reservado a los grandes inversores.

En 1996, se creó la primera plataforma de trading que permitía a los traders individuales acceder al mercado de divisas. La entrada de los traders individuales y los avances electrónicos pronto lograron entre otras cosas, la reducción de los spreads para los pequeños inversores y la disminución de los costes y riesgos de transacción, gracias al gran volumen de operaciones y la disminución de la intervención humana y sus consiguientes errores.

En treinta años la estructura del mercado paso de un sistema sencillo en el cuál los *dealers* se ponían en contacto para cerrar operaciones directamente entre dos clientes o de forma anónima a través de *brokers* a una organización en la cual intervienen multitud de plataformas, y participantes con un abanico de posibilidades de canales para llevar a cabo la operación. El acceso a plataformas cada vez más sofisticadas facilitó el nacimiento del trading algorítmico en 2003 y el aumento exponencial de este tipo de trading que hoy en día supera el 50% de las operaciones en las plataformas electrónicas.

IV.2. Principales Modelos Algorítmicos para Forex

IV.2.1. Principales modelos para operar en tendencia

Existen en el mercado tantos modelos como operadores pueda haber. Si bien, cada operador tiene sus características y preferencias sobre la gestión del riesgo, o si operar en tendencia o en rango, existen varios puntos en común entre ellos. Estos puntos comunes son las combinaciones de indicadores y osciladores utilizados en ello. Por lo tanto, para la definición de los principales modelos es preciso obviar la gestión monetaria, cuya definición depende exclusivamente del operador, para centrarse en los modelos utilizados para operar en tendencia o en rango. Para modelos que operen en mercados con tendencia, es preciso que éste incluya un indicador seguidor de tendencia como las medias móviles, el MACD o las bandas de Bollinger. Estos indicadores nos permitirán posicionarnos en la tendencia, pero es preciso combinarlos con osciladores de momento para sacar el mayor partido al modelo.

Uno de los modelos más sencillos y utilizados por los operadores es aquel que combina un cruce de medias móviles exponenciales (EMA), usualmente de 5 y 10 períodos y el RSI de

10 períodos, si bien los períodos pueden variar según las preferencias del operador. Este sistema se definiría de la siguiente forma:

Entrada en largo	RSI cruza la línea de 50 hacia arriba	Y	La EMA rápida cruza por encima de la EMA lenta
Salida de posición larga	RSI cruza la línea de 50 hacia abajo	O	EMA rápida cruza por debajo de la EMA lenta
Entrada en corto	RSI cruza la línea de 50 hacia abajo	Y	EMA rápida cruza por debajo de la EMA lenta
Salida de posición corta	RSI cruza la línea de 50 hacia arriba	O	La EMA rápida cruza por encima de la EMA lenta

Este modelo, si bien permite predecir muy bien las entradas, puede provocar salidas antes de tiempo al utilizar medias móviles de periodos cortos.

Otro modelo ampliamente expandido es el que utiliza la combinación del ADX y el *Parabolic SAR*. Estos dos indicadores de tendencia se complementan muy bien y suelen predecir las salidas con mucha precisión en mercados en tendencia. Sin embargo, el principal defecto de este modelo es que el ADX puede crear falsas señales ya que es un indicador que puede cambiar rápidamente. Las reglas de este modelo serían las siguientes:

Entrada en largo	+DI por encima de -DI	Y	<i>Parabolic SAR</i> da una señal de compra
Salida de posición larga	Cuando +DI cruce por debajo de -DI		
Entrada en corto	+DI por debajo de -DI	Y	<i>Parabolic SAR</i> da una señal de venta
Salida de posición corta	Cuando -DI cruce por debajo de +DI		

(Forexess, 2010)

Estos modelos son válidos para todos los pares del mercado y para todo marco de tiempo pero existen también modelos que por sus características son efectivos para algún par específico o un tiempo de inversión determinado. En este grupo encontramos el sistema

simple del EUR/USD. Este modelo une los indicadores MACD y *Parabolic SAR* y funciona particularmente bien para este par tan líquido en operaciones de 30 minutos. La dinámica es la siguiente:

Entrada en largo	La línea MACD cruza la línea cero hacia arriba	Y	<i>Parabolic SAR</i> da señal de compra
Salida de posición larga	La línea MACD cruza la línea cero hacia abajo	O	Entrada del mercado en tendencia lateral
Entrada en corto	La línea MACD cruza la línea cero hacia abajo	Y	<i>Parabolic SAR</i> da señal de venta
Salida de posición corta	La línea MACD cruza la línea cero hacia arriba	O	Entrada del mercado en tendencia lateral

(Forexess, 2010)

Para todos los modelos anteriormente descritos cada operador definirá el *take profit* y *stop loss* en función de la relación rentabilidad-riesgo que quiera asumir, si bien estos límites no debe colocarse cerca del precio de entrada en el mercado para poder aprovechar al máximo el movimiento del precio.

IV.2.2. Principales modelos para operar en rango

Otra opción para los traders que operan intradía, o en periodos muy cortos de tiempo es la de operar en rango. Para este tipo de operaciones es necesario otro tipo de modelos que se adapten a la tendencia lateral y al corto marco temporal de las operaciones. En efecto, en estos modelos entran en acción los apoyos y resistencias, herramientas para este tipo de operadores, si bien éstas no son las únicas. Antes de detallar los principales modelos para operar en rango es necesario precisar que la elección de los pares con los que se va a operar es clave ya que es esencial operar en pares que estén en tendencia lateral la mayor parte del tiempo, lo que no es el caso de todos los pares. En efecto, los pares que contienen el USD suelen estar en tendencia ya que esta divisa está presente en el 90% de las transacciones, haciendo que sea una divisa en tendencia casi constante lo que arrastra al par en el que se encuentra. Por lo tanto, es preciso evitar pares tales como el EUR/USD, el USD/JPY o el GBP/USD y centrarse en los cruces como el EUR/GBP o el GBP/JPY.

Como se ha mencionado anteriormente, la forma de operar en rango es completamente diferente a operar en tendencia, los plazos son mucho más cortos, desde uno o cinco minutos hasta un día, y por lo tanto el riesgo como la rentabilidad de las operaciones es menor. Los modelos utilizados son mucho más sencillos, y suelen contar con un único indicador ya que asumimos que el precio siempre volverá a su punto de origen sin marcar nuevos máximos o mínimos. Al contrario que para los mercados en tendencia, en mercados en rango es recomendable que tanto el *stop loss* como el *take profit* se encuentren cercanos al precio de entrada, siempre dentro del rango ya que los movimientos del precio son pequeños. Además, en mercados en rango no es necesario definir salidas del mercado ya que como los movimientos del precio son tan estrechos y se ha colocado el *stop loss* cerca del precio de entrada, éste actuará como salida en caso de equivocarnos en nuestra predicción.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la forma más simple para operar en rango, es el que utiliza soportes y resistencias. Esta simple estrategia requiere en primer lugar de la creación de un nivel de soporte y otro de resistencia, conformado por dos o más mínimos o máximos respectivamente, en una línea horizontal. Una vez construidas ambas líneas, el modelo se estructura de la siguiente manera, el cierre de una barra de precios por encima de la línea de resistencia se considera una entrada en largo al mercado, mientras que el cierre de una barra de precios por debajo de la línea de soporte es la señal para entrar en corto al mercado.

Sin embargo este modelo, que solo consta de un nivel de soporte y resistencia respectivamente no siempre es eficaz cuando actúa sin la supervisión del operador ya que como vimos anteriormente, una vez traspasados los soportes, éstos se vuelven resistencias y viceversa además de que esta situación puede indicar que el mercado está entrando en tendencia y el operador debería salirse del mercado. En efecto, para modelos de trading automáticos, los soportes y resistencias no son suficientes, es necesario el uso de osciladores que generen señales de sobreventa y sobrecompra. El oscilador más utilizado para mercados en rango es el RSI, en un modelo en el cuál la entrada en largo esta definida por el cruce hacia arriba de la línea del RSI sobre la línea de 30, y la entrada en corto cuando el RSI cruza hacia abajo la línea de 70.

Este mismo sistema es válido para otros osciladores como el oscilador %R o el oscilador estocástico. Otro indicador que tiene gran utilidad a la hora de operar en rango son las

bandas de Bollinger. Esto se debe a que el 95% del movimiento del precio se encuentra entre las bandas, y cuando éste traspasa una de estas bandas se considera que existe una situación sobrecomprada o sobrevenida, con el plus de que, contrariamente a los osciladores, este indicador tiene en cuenta la volatilidad del precio que nos sirve de confirmador de que estamos ante un mercado en rango. Cuando el mercado está en rango las bandas se contraerán, ya que el movimiento del precio es pequeño, y adoptaran una dirección casi horizontal. Este modelo, llamado popularmente *Bollinger Bounce*, se basa en la sencilla regla de abrir una posición larga cuando el cierre de la barra del precio toque la banda inferior, y abrir posición corta cuando el cierre de la barra del precio toque la banda superior.

Todos los modelos descritos anteriormente, tanto para mercados en tendencia como en rango, son modelos simples pero que han probado su eficacia en los mercados. Sin embargo, esto no implica que no se puedan completar añadiendo otras herramientas, como otros indicadores o los números de Fibonacci, para confirmar las entradas y salidas y así disminuir el riesgo de actuar en señales falsas. Pero cabe recordar, como hace John J. Murphy en su libro (1999: 431) que más vale “hacerlo todo de manera sencilla. Lo más complicado, no siempre es mejor.”

IV.3. Métodos de Evaluación de Rentabilidad de los Modelos

Una vez tengamos definida y programada nuestra estrategia de trading automático es preciso evaluarla antes de empezar a operar en los mercados con ella. La principal razón es que aunque en la teoría nuestra estrategia sea rentable, los mercados son impredecibles y pueden dar malas sorpresas si no se es precavido.

IV.3.1. *Backtest*

El primer test que debe realizarse es el conocido como *backtest*, una simulación cuyo objetivo es el de comprobar el desempeño de nuestro modelo en el pasado, y ver los posibles fallos de éste. El test se apoya en la premisa del análisis técnico de que la historia se repite, y, por lo tanto, si tu modelo es rentable en datos históricos es muy posible que también lo sea en el futuro. Por lo tanto, con el *backtest* el operador puede hacerse una idea de cuál será su rentabilidad, su porcentaje de operaciones ganadoras o su máximo *drawdown*, que es el mayor porcentaje de caída que ha sufrido el modelo entre un máximo y el siguiente mínimo, durante el período de inversión. El *backtest* puede hacerse de

forma manual, llamado *paper trading*, donde el operador observa los gráficos de años pasados anotando los resultados de su estrategia uno a uno, lo que lo convierte en un método muy lento y tedioso. Sin embargo, tener un modelo automatizado nos permite hacer un *backtesting* automático. Este método, mucho más rápido, permite además optimizar el modelo. La optimización consiste en probar variaciones en los parámetros de la estrategia, tanto en el par en el que se va a operar, como el período de los indicadores utilizados o el importe del *stop loss* y *el take profit* y otros parámetros de gestión monetaria, para encontrar aquel que ofrece al operador la mayor rentabilidad con el mínimo riesgo. Aunque, hay que precisar que la herramienta de optimización no debe usarse en exceso ya que una sobre-optimización puede llevar a un modelo que sea válido en un período muy corto de tiempo o solo en el período sobre el que ha sido simulado, siendo un modelo no rentable para el futuro.

Sin embargo hay que tener cuidado, ya que un *backtest* positivo no significa que el modelo sea rentable eternamente. En efecto, los modelos tienen un tiempo de éxito limitado, que normalmente oscila entre 3 y 8 veces menos que el período sobre el cual hemos realizado el *backtest* (Sáenz, 2013). Por otro lado, para que el *backtest* sea fiable debe constar de al menos 100 operaciones, para evitar que el resultado se deba a la casualidad.

IV.3.2. *Fowardtest*

Un modelo no será rentable si no tiene un *backtest* rentable, pero un *backtest* rentable no garantiza que el modelo sea rentable. Es por eso que una vez realizado el *backtest* y habiendo encontrado un modelo que funciona en el pasado es preciso realizar un *fowardtest*, que consiste en una segunda simulación pero esta vez con datos reales. En efecto, antes de lanzar el sistema con dinero real, éste se pone a funcionar con datos reales en una cuenta demo (una cuenta con dinero ficticio), con el fin de comprobar que el sistema también es rentable en condiciones reales y analizar sus fortalezas y debilidades en un contexto actual. Este segundo test es más lento que el primero, ya que se estima que para que los resultados sean fiables el sistema debe ejecutarse durante al menos dos o tres meses en el mercado real.

Aun habiendo probado el sistema tanto en el pasado como en condiciones actuales esto no garantiza la rentabilidad del modelo, si bien una vez pasados ambos tests se puede decir que el sistema es lo suficientemente fiable como para ser lanzado al mercado. En

efecto, traders experimentados afirman que no se puede esperar más del 70% de los beneficios de la simulación en las operaciones reales. Esto se debe a que al optimizar el modelo se busca el mejor modelo existente para el período de tiempo simulado, un ideal, y por lo tanto en la realidad el desempeño del modelo siempre será menor.

IV.3.3. Otros métodos de evaluación de la rentabilidad

Además de las simulaciones, existen otros métodos complementarios para evaluar los sistemas y asegurar su rentabilidad y robustez. El primero de ellos son las ratios *recovery factor*, *profit factor* y la ratio de Sharpe. El *recovery factor*, o factor de recuperación, es la relación entre el beneficio neto y el máximo *drawdown* proporcionándonos el vínculo entre rentabilidad y riesgo del sistema. Cuanto más grande sea la ratio más beneficio se obtendrá para un mismo nivel de riesgo. Un sistema de trading es considerado bueno cuando su *recovery factor* es superior a 6. Otra ratio interesante a la hora de evaluar modelos de trading automáticos es el *profit factor*, o factor de beneficio, que consiste en dividir el beneficio obtenido por las operaciones ganadoras entre las pérdidas de las operaciones perdedoras (calculadas en valor absoluto). Esta ratio nos indica cuánto dinero ganamos por euro perdido por lo que, para que el sistema sea rentable, la ratio debe ser superior a 1. Sin embargo, ratios cercanos a 1 no aseguran la rentabilidad del modelo en operaciones reales ya que las simulaciones no tienen en cuenta las comisiones que podrían hacer que esta ratio disminuyera a niveles inferiores cuando se opere con dinero real. Por lo tanto, para que el modelo sea fiable la ratio debe ser superior a 2. Por último, la ratio Sharpe introduce el concepto del activo libre de riesgo para medir el riesgo adicional de la inversión y se calcula restando la rentabilidad del activo libre de riesgo a la rentabilidad del modelo y posteriormente dividiendo el resultado por el riesgo del modelo (la desviación típica de los resultados del modelo). Cuanta más variación exista entre los resultados del modelo, mayor será el denominador y por lo tanto menor será el resultado de la ratio. Entre dos modelos se elegirá entonces aquel con mayor ratio Sharpe, ya que es el que conlleva un menor riesgo adicional.

Otro método para cuantificar el riesgo del modelo es el VaR, acrónimo de *Value at Risk*. El VaR calcula el valor máximo de pérdida que puede esperarse del modelo con un intervalo de confianza, generalmente entre el 95% y el 99%, en un período de tiempo determinado. Existen varias formas de calcular el VaR que podrían dividirse en métodos paramétricos y

no paramétricos. En los primeros se asume que la distribución es normal, en los segundos la distribución se construye a través de datos históricos.

V. Aplicación Empírica: Elaboración de un modelo de Trading Automático para el mercado Forex a través del programa *ProRealTime*

V.1. Estrategia

Para esta aplicación práctica se ha decidido llevar a cabo una estrategia para operar en un mercado en rango a través de las bandas de Bollinger, ilustrando el modelo del *Bollinger Bounce*. Esta estrategia se llevará a cabo en un marco temporal diario, que aunque reduce el número total de operaciones, ya que se renuncia a las operaciones intradía, evitará que se produzcan señales falsas siendo los gráficos más suavizados.

El par sobre el que se aplicará el modelo se determinará en la fase de evaluación del mismo, pero se parte de la hipótesis de que será un cruce europeo. Esta elección se debe a que estos cruces tienen más posibilidades de estar mayormente en rango y además, son considerados cruces de bajo riesgo. En primer lugar, los cruces no contienen el USD, divisa en constante tendencia. En segundo lugar, siendo el cruce entre divisas de países económicamente similares, con tasas de crecimiento semejantes, es más probable que la tasa de cambio del cruce se mantenga estable y por lo tanto, que el mercado se mueva en un rango estrecho, debido a la poca volatilidad, disminuyendo el riesgo de las operaciones.

Por último, las reglas de la estrategia serán las siguientes:

Entrada en largo	Cierre de la barra de precios toca la banda inferior
Salida de posición larga	Cierre de la barra de precios toca la banda superior
Entrada en corto	Cierre de la barra de precios toca la banda superior
Salida de posición corta	Cierre de la barra de precios toca la banda inferior

El capital inicial de la cuenta será de 10.000 unidades de la divisa cotizada del par finalmente elegido, y se operará con micro-lotes (lotes de 1.000 unidades de la moneda base). Se utilizarán las bandas de Bollinger de 20 períodos y con 2 desviaciones típicas. Tanto el *stop loss* como el *take profit* se determinarán en la fase de optimización del modelo.

V.2. Programación

Una vez definida la estrategia de trading, es preciso programarla en un programa de trading para crear el modelo automático. En este caso, la programación se llevará a cabo en el programa *ProRealTime*, que utiliza el lenguaje de programación *ProBuilder*, de tipo *BASIC* que permite la programación asistida. Para efectos de simplicidad, se utilizará la opción asistida para la programación del sistema, que se detallará en el **anexo 1**.

Como mencionamos anteriormente, el *stop loss* y el *take profit* los definiremos en la etapa de optimización y por lo tanto no introduciremos aún estos valores en la programación del modelo. Por lo tanto una vez introducidos todos los parámetros se generará el código en el lenguaje de programación *ProBuilder*.

V.3. Evaluación y optimización

Una vez programado el modelo podemos realizar los diferentes test para evaluar su rendimiento antes de pasar a operar en el mercado. Sin embargo, el *fowardtest* no podrá realizarse debido a que este test requiere llevarse a cabo durante un largo período de tiempo para considerarse relevante además de requerir funciones del programa *ProRealTime* a las cuales no he tenido acceso desde una cuenta demo. Por lo tanto, nos centraremos en el *backtest* y la optimización, las ratios y el VaR del modelo. El primer *backtest* se realizará para un periodo de 15 años desde el 3 de enero de 2000 al 5 de marzo de 2015, sin optimización y por lo tanto sin *stop loss* ni *take profit*.

En la siguiente tabla se muestran los principales resultados de este modelo para los principales cruces europeos:

Tabla 1 Resultados del modelo no optimizado

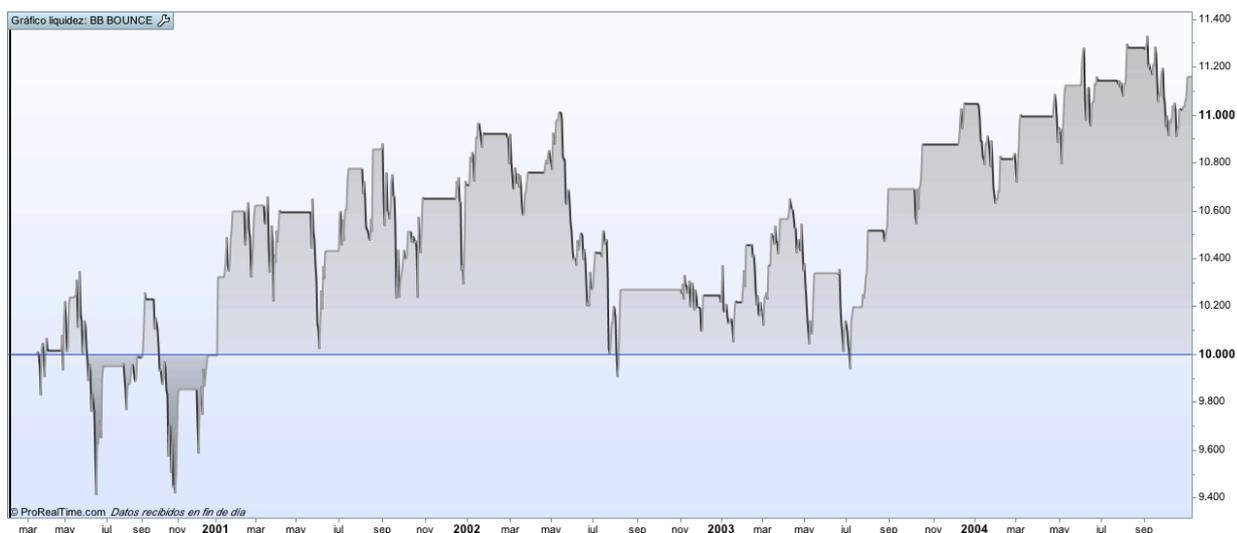
	nº ops	Rent.	% posiciones ganadoras	% max <i>Drawdown</i>	nº max de pérdidas consecutivas	% máximo <i>Runup</i>	nº max de ganancias consecutivas
EUR/CHF	139	1,89%	64,23%	2,10%	6	3,01%	12
EUR/CZK	121	15,70%	61,98%	30,98%	4	85,62%	11
EUR/DKK	143	-0,40%	59,57%	0,65%	5	0,70%	8
EUR/GBP	147	0,80%	63,45%	1,93%	4	1,98%	9
EUR/HUF	5	-105,3%	40%	104,49%	2	100,51%	2
EUR/NOK	137	0,85%	66,42%	29,61%	4	45,38%	12
EUR/PLN	129	-0,99%	63,57%	16,18%	5	18,51%	11
EUR/SEK	139	36,21%	67,63%	10,48%	4	38,32%	9
GBP/CHF	164	13,60%	70,73%	3,55%	3	14,63%	14
GBP/DDK	131	7,94%	63,36%	15,91%	4	22,68%	9
GBP/SEK	150	94,77%	72,00%	9,81%	4	113,60%	15

(Fuente: elaboración propia)

Observamos que en el par EUR/HUF, el modelo nos saca del mercado tras 5 operaciones en junio de 2001 provocando una pérdida del 105,3%. Otros pares para los cuales el modelo no es rentable son el EUR/DDK y el EUR/PLN con una rentabilidad del -0,4% y -1% respectivamente. Entre los pares en los cuales el modelo es rentable cabe destacar el GBP/SEK con una rentabilidad del 94,77%, llegando casi a doblar la cuenta, un máximo *drawdown* del 9,81% y la racha ganadora más grande de todos los pares. Observamos también que el total de operaciones ganadoras es del 70%.

Este par parece el más adecuado para el sistema que hemos programado, sin embargo la evolución del balance en los primeros 5 años es inestable, llegando a perder dinero sobre el principal hasta en seis ocasiones, la más grave en octubre de 2000 con pérdidas del 6% como vemos en el gráfico del período 2000-2005, lo que empaña el buen rendimiento del modelo.

Gráfico 1 Evolución del balance entre 2000 y 2005



(Fuente: elaboración propia con ProRealTime)

Por ello, es preciso introducir en el modelo un *stop loss* y un *take profit*. Para encontrar los valores de *stop loss* y *take profit* que maximizan las ganancias pero reducen las pérdidas se realizará una optimización del modelo para estos valores. Para ello volvemos al código del modelo y modificaremos la programación tal y como se detalla en el **anexo 2**, obteniendo el código final que se encuentra en el **anexo 3**.

Una vez definidas las variables, volvemos a lanzar el *backtest*, esta vez sólo para los dos pares en los cuales el modelo sin optimizar obtuvo los mejores resultados, el EUR/SEK y el GBP/SEK. En primer lugar, obtendremos un informe de optimización, en el que se incluyen los principales resultados del modelo con cada valor de las variables que hemos optimizado como vemos en el **anexo 4**.

A continuación incluimos los resultados del modelo optimizado para los pares EUR/SEK y GBP/SEK:

Tabla 2 Resultados del modelo optimizado

	nº ops	Rent.	% pos. ganadoras	% máx. Drawdown	nº máx. Perdidas consec.	% máx. Runup	nº máx. Ganancias consec.	Stop loss	Take profit
EUR/SEK	215	28,91%	62,33%	2,98%	5	31,18%	9	0,001	0,0035
GBP/SEK	237	49,16%	66,67%	6,44%	3	50,59%	14	0,001	0,004

(Fuente: elaboración propia)

Vemos que en este segundo *backtest*, los porcentajes de *drawdown* han caído debido a la colocación de un *stop loss* que ha impedido las mayores caídas pero también ha hecho que

salgamos antes de tiempo de algunas posiciones disminuyendo el porcentaje de posiciones ganadoras y la rentabilidad total del modelo. A su vez, el número de operaciones también ha aumentado debido a que las operaciones duran menos tiempo, lo que aumenta la fiabilidad de la simulación ya que es menos probable que estos resultados sean producto del azar. En efecto, los modelos son menos rentables que los primeros, pero los riesgos asumidos en ellos han disminuido más que la rentabilidad, aumentando la estabilidad del crecimiento de los balances como podemos ver a continuación:

Gráfico 2 Evolución del balance para el par EUR/SEK con ambos modelos



(Fuente: elaboración propia con ProRealTime)

Gráfico 3 Evolución del balance para el par GBP/SEK con ambos modelos



(Fuente: elaboración propia con ProRealTime)

Por último, para poder determinar con la mayor exactitud qué par es el más adecuado para el modelo, analizaremos las principales ratios y los VaR mensuales, con un intervalo de confianza del 95%, de ambos pares:

Tabla 3 Ratios de evaluación

	<i>Recovery Factor</i>	<i>Profit Factor</i>	Riesgo (desviación estándar anual)	Ratio Sharpe
EUR/SEK	8,58	2,31	7,81%	3,44
GBP/SEK	6,35	1,96	11,44%	4,12

(Fuente: elaboración propia)

Tabla 4 VaR mensuales

	EUR/SEK	GBP/SEK
Capital	10.000	10.000
Sigma	7,81%	11,44%
Landa 95%	1,65	1,65
tiempo	0,288675135	0,288675135
VaR	372,09	545,07

(Fuente: elaboración propia)

En primer lugar, es preciso recordar que para que un modelo sea efectivo debe tener un *recovery factor* superior a 6, un *profit factor* superior a 2 y una ratio Sharpe superior a 2. Vemos que en ambos casos estos requisitos se cumplen, por lo que ambos modelos serían aptos, aunque vemos que el modelo aplicado al par EUR/SEK es el que obtiene mejores resultados. En efecto, para el par EUR/SEK el *recovery factor* es de 8,58, lo que nos indica que el modelo genera 8,58 veces más beneficios que pérdidas, frente al 6,35 en el par GBP/SEK. En el caso del *profit factor*, en el par EUR/SEK nos indica que por cada corona sueca perdida, el modelo gana 2,31 coronas, mientras que en el par GBP/SEK esta ratio es de 1,96. Para la ratio Sharpe, los papeles se intercambian y es el par GBP/SEK el que tiene una mayor ratio y, por lo tanto, tiene menos riesgo adicional en comparación con el par EUR/SEK, aunque esto se debe principalmente a la alta rentabilidad del par GBP/SEK frente al EUR/SEK. Además, se ha creído pertinente añadir la desviación estándar anual de ambos modelos para medir el riesgo incurrido en cada modelo, del que se desprende que el modelo es menos arriesgado en el par EUR/SEK. Esto último se traduce en un VaR menor para este par ya que es la única variable del cálculo que varía entre las dos opciones. Por lo tanto, mientras que en el par EUR/SEK, no se perderá más de 372,09

coronas suecas en un mes con una probabilidad del 95%, en el par GBP/SEK esa posibilidad de pérdida aumenta a 545,07 coronas suecas.

Tras la evaluación llevada a cabo, se considera que el mejor par para el modelo creado es el EUR/SEK, que, aunque no es en el que se obtiene la mayor rentabilidad de forma absoluta, sí es el modelo más robusto, con un máximo *drawdown* dos veces inferior al del obtenido por el par GBP/SEK, un menor riesgo de forma absoluta y una relación rentabilidad riesgo del orden de 8 a 1. Además, cabe destacar que la rentabilidad obtenida por el *backtest* puede diferir de la rentabilidad que obtendría el modelo en el mercado real, por lo tanto es más recomendable sacrificar rentabilidad frente a un modelo robusto que disminuya la posibilidad de quedar fuera del mercado por una mala operación. Para mayor certeza sería preciso elaborar un *forwardtest*, pero por los motivos anteriormente expuestos no ha sido posible realizar esta simulación para este estudio.

VI. Conclusiones

En definitiva, del estudio y descripción de los conceptos tanto teóricos como prácticos del trading algorítmico en el mercado Forex se derivan las siguientes conclusiones. En primer lugar, el trading algorítmico actúa como un inyector de liquidez en el mercado, y por lo tanto reduce los spreads y costes de transacción de las operaciones. Sin embargo, este aumento de liquidez puede tener efectos negativos aumentando la volatilidad de los mercados y volviéndolos menos eficientes. Por otro lado, esta nueva técnica no reduce los errores humanos sino que los transforma de errores ligados a la psicología del operador pasamos a errores de programación o implementación de los modelos.

Sin embargo, los efectos negativos no tienen la misma fuerza en todos los mercados, haciendo el uso del trading algorítmico aún más atractivo en estos mercados. Uno de ellos es el mercado de divisas, que es ya de por sí un mercado muy líquido con un volumen de transacciones altamente superior a otros mercados, y, por lo tanto, se ve muy poco afectado por el impacto del trading algorítmico sobre la liquidez y la volatilidad. En efecto, es en este mercado donde el trading algorítmico encuentra su mayor utilidad, ya que la posibilidad de realizar un gran número de operaciones en segundos, habiendo analizado toda la información pertinente, permite al operador aprovechar al máximo las oportunidades de beneficios que ofrece este mercado.

En segundo lugar, hemos observado a lo largo del trabajo que para que un modelo sea eficiente es necesario tener en cuenta diferentes aspectos. El primero y fundamental es definir una estrategia de trading sólida, basada en la forma en la que se desea operar y las herramientas disponibles para ello, y en una gestión monetaria adecuada al perfil del inversor, que será clave a la hora de obtener el mayor beneficio posible de cada operación asumiendo el menor riesgo posible. Una vez definida nuestra estrategia es primordial estimar los resultados de ésta a través de diversos métodos de evaluación con el fin de evitar posibles errores de apreciación realizados a la hora de elaborar la estrategia. Si bien, cada operador puede tener un modelo diferente, existen modelos básicos sobre los cuales el operador puede apoyarse para construir su propio modelo. Estos modelos definen que indicadores u osciladores son los más apropiados para un cierto tipo de mercado, e incluso a veces para un cierto tipo de par de divisas o marco temporal, y qué reglas de entrada y salida del mercado deben aplicarse. Todo lo relacionado con la gestión

monetaria no se contempla en estos modelos, quedando totalmente a cargo del operador que lo implementa.

Por último, y tras haber realizado una aplicación empírica de cómo implementar un modelo algorítmico en la práctica podemos decir que existen numerosos factores que influyen tanto en la rentabilidad del modelo como en su estabilidad y el nivel del riesgo que en él se asume. Por ello, es necesario realizar simulaciones del modelo para encontrar la combinación de variables que permite maximizar la rentabilidad del modelo sin sacrificar su estabilidad y eficiencia. Cuantos más métodos de evaluación apliquemos al modelo más seguros podremos estar de su desempeño futuro, si bien estos nunca podrán garantizarnos por completo los resultados finales del modelo cuando opere en el mercado real.

A la luz del presente trabajo de investigación, sería interesante profundizar en la práctica con el fin de observar las diferencias que presentaría el modelo entre las simulaciones y la operación en el mercado real tanto en términos de rentabilidad como de estabilidad del balance y de máximo *drawdown* y así poder comprobar hasta qué punto estas simulaciones nos acercan a la realidad y son fiables a la hora de crear un modelo eficiente de trading algorítmico para el mercado Forex. Por otra parte, la mayoría de los estudios realizados hasta ahora en el campo del trading algorítmico se centran en crear modelos que operan a través de indicadores y osciladores, por lo que sería interesante preguntarse si existe la posibilidad de desarrollar modelos algorítmicos basados en otros aspectos del análisis técnico como los patrones visuales.

VII. Bibliografía

Alonso, P. y Álvarez, A. (2011), "El uso del Trading Algorítmico no implica una calidad inferior de mercado" en *Bolsa y Mercados Españoles*. [en línea]. Disponible en: <http://www.bolsasymercados.es/asp/RevOnLine/Documento.aspx?id=4247>. [Acceso el 3 de marzo 2015].

Bourse Academy, (2013). "Quels sont les dangers du trading algorithmique?". [en línea]. Disponible en: <http://bourseacademy.com/presentation-de-bourse-academy/quels-sont-les-dangers-du-trading-algorithmique.html> [Acceso el 19 de febrero 2015].

Davis, J. (sin año). "Manual or algorithmic trading strategies?" en *FX Trader Magazine*. [en línea]. Disponible en: <http://www.fxtradermagazine.com/trading-psychology/manual-versus-algorithmic-strategies-2.php>. [Acceso el 18 de febrero 2015].

Forexess, (2010). "Estrategias Diarias de Forex" en *Forexess*. [en línea]. Disponible en: <http://www.forexess.com/uploads/7/1/8/2/7182260/estrategforex1exess.pdf> [Acceso el 25 de febrero 2015].

Gallo, C., (2014). "The Forex Market in Practice: A Computing Approach for Automated Trading Strategies", en *International Journal of Economics and Management Sciences*. Vol. 3, 169.

Graziano, J.P. (2001). " Análisis técnico estadístico: Principales indicadores y su aplicación al ISR" en *Bolsa de Comercio de Rosario*. [en línea]. Disponible en: http://www.bcr.com.ar/Programa%20de%20Formacin%20%20Adjuntos%20Inscripciones/Graziano_Análisis%20técnico%20estad%3%ADstico_Principales%20indicado....pdf [Acceso el 23 de febrero 2015]

Hanif, A. y Smith, R.E. (2012), "Algorithmic, Electronic, and Automated Trading", *Journal of Trading*, vol. 7, no. 4, pp. 78-86.

Hendershott, T., Jones, C.M. y Menkveld, A.J. (2011), "Does Algorithmic Trading Improve Liquidity?" , *Journal of Finance*, vol. 66, no. 1, pp. 1-33.

Hendershott, T. y Riordan, R. (2013), "Algorithmic Trading and the Market for Liquidity", *Journal of Financial & Quantitative Analysis*, vol. 48, no. 4, pp. 1001-1024.

King, M.R., Osler, C. y Rime, D. (2011), "Foreign Exchange Market Structure, Players and Evolution", en *Norges Bank: Working Papers*, no. 15, pp. 1-45.

Kirilenko, A.A. y Lo, A.W. (2013), "Moore's Law versus Murphy's Law: Algorithmic Trading and Its Discontents", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 27, no. 2, pp. 51-72.

Lien, K. Et al., (sin año). "Guía Para Operaciones en Rango", en *DailyFx*. [en línea]. Disponible en: http://www.dailyfx.com/forex_forum/attachments/recursos-e-informacion-para-principiantes/16415d1215193323-guia-para-operaciones-en-rango-guia-para-operar-en-rango.pdf [Acceso el 23 de febrero 2015].

Murphy, J.J., (1999), *Análisis Técnico de los Mercados Financieros*. Barcelona, Ediciones Gestión 2000 S.A.

Pflimlin, E. y Checola, L. (2011). "L'essor vertigineux du trading algorithmique", en *Le Monde*. [en línea]. Disponible en: http://www.lemonde.fr/economie/article/2011/01/21/l-essor-vertigineux-du-trading-algorithmique_1468594_3234.html. [Acceso el 19 de febrero 2015].

Prewitt, M. (2012), "High-Frequency Trading: should Regulators do More?", *Michigan Telecommunications & Technology Law Review*, vol. 19, no. 1, pp. 131-161.

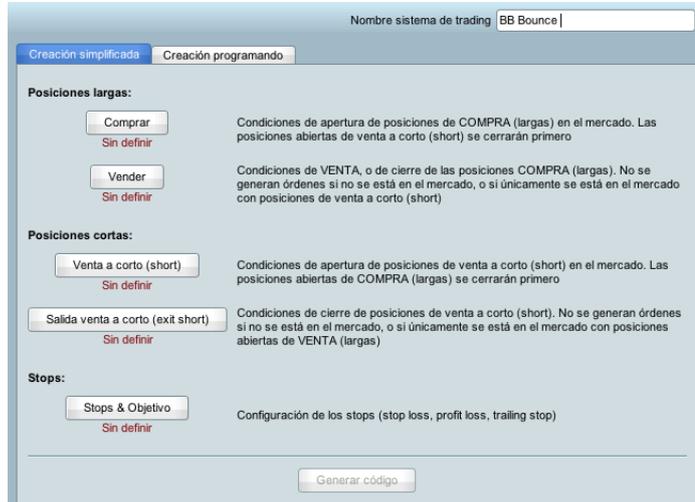
ProRealTime, (sin año). "Guía de programación" en *ProRealTime*. [en línea]. Disponible en: <https://www.prorealtime.com/es/pdf/probacktest.pdf> [Acceso el 3 de marzo 2015].

Treleaven, P., Galas, M. y Lalchand, V. (2013), "Algorithmic Trading Review", *Communications of the ACM*, vol. 56, no. 11, pp. 76-85.

VIII. Anexos

VIII.1. Programación asistida del modelo con *ProRealTime*

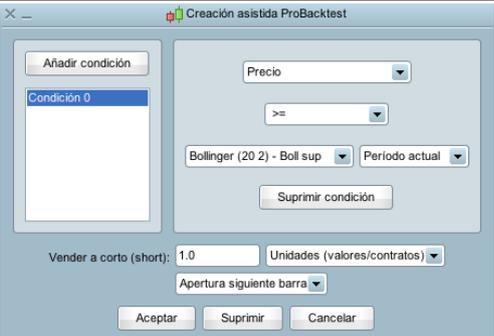
En primer lugar, tras clicar en la pestaña *nuevo* en el menú de *Indicadores y Sistemas de trading*, nos aparece la siguiente pantalla:



En ella iremos definiendo las diferentes reglas de nuestro modelo. Entramos en las diferentes pestañas y definimos las reglas de entrada y salida de la siguiente manera en los menús desplegables:

Tabla 1 Programación de las reglas del modelo

<p>Entrada en largo</p>	
<p>Salida de posición larga</p>	

Entrada en corto	
Salida de posición corta	

(Fuente: elaboración propia)

Por lo tanto una vez introducidos todos los parámetros se genera el código en el lenguaje de programación *ProBuilder*. clicando en la pestaña *generar código*, resultando el siguiente código de programación:

```

1 // Definición de los parámetros del código
2 DEFPARAM CumulateOrders = False // Acumulación de posiciones desactivada
3
4 // Condiciones para entrada de posiciones largas
5 indicator1 = close
6 indicator2 = BollingerDown[20](close)
7 c1 = (indicator1 <= indicator2)
8
9 IF c1 THEN
10   BUY 1 SHARES AT MARKET
11 ENDIF
12
13 // Condiciones de salida de posiciones largas
14 indicator3 = close
15 indicator4 = BollingerUp[20](close)
16 c2 = (indicator3 >= indicator4)
17
18 IF c2 THEN
19   SELL AT MARKET
20 ENDIF
21
22 // Condiciones de entrada de posiciones cortas
23 indicator5 = close
24 indicator6 = BollingerUp[20](close)
25 c3 = (indicator5 >= indicator6)
26
27 IF c3 THEN
28   SELLSHORT 1 SHARES AT MARKET
29 ENDIF
30
31 // Condiciones de salida de posiciones cortas
32 indicator7 = close
33 indicator8 = BollingerDown[20](close)
34 c4 = (indicator7 <= indicator8)
35
36 IF c4 THEN
37   EXITSHORT AT MARKET
38 ENDIF

```

Por último, definimos los parámetros de gestión monetaria y el marco temporal tal como muestra la imagen y clicamos sobre la pestaña *Validar sistema*:

Spot EUR/CHF - Diario

Capital inicial : CHF

Configuración de operativa

Comisión por orden : CHF / orden

Min: CHF / orden

Max: CHF / orden

Margen: %

Tamaño lote: (sólo FX)

Spread: pips

Gestión de riesgos

Tamaño max posición: contratos

Optimización de variables

Fecha inicio : Desde primera fecha disponible
 03-ene-2000 1:00:00

Fecha final : Hasta la última fecha disponible
 05-mar-2015 21:27:47

Mantener ventana abierta

VIII.2. Optimización del modelo

En primer lugar, en las condiciones de entrada en una posición larga creamos una nueva variable que llamaremos *entradalargo* que será igual al precio al que hemos entrado al mercado identificado por la palabra *CLOSE*. Una vez hecho esto, en el apartado de salida de posición larga, utilizamos esta variable para crear dos nuevas salidas del mercado, una por *stop loss* y otra por *take profit* a través de dos nuevas variables SL y TP. El resultado con los cambios introducidos sería el siguiente:

```

// Condiciones para entrada de posiciones largas
indicator1 = close
indicator2 = BollingerDown[20](close)
c1 = (indicator1 <= indicator2)

IF c1 THEN
  BUY 1 SHARES AT MARKET
  entradalargo = CLOSE
ENDIF

// Condiciones de salida de posiciones largas
IF LONGONMARKET THEN
  //SALIDA POR BB
  indicator3 = close
  indicator4 = Average[20](close)
  c2 = (indicator3 >= indicator4)
  IF c2 THEN
    SELL AT MARKET
  ENDIF
  //SALIDA POR STOP LOSS
  IF CLOSE < (entradalargo - SL) THEN
    SELL AT MARKET
  ENDIF
  //SALIDA TAKE PROFIT
  IF CLOSE > (entradalargo + TP) THEN
    SELL AT MARKET
  ENDIF
ENDIF

```

Repetimos la operación para las condiciones de posiciones cortas, con una variable que en este caso llamaremos *entradacorto*:

```

// Condiciones de entrada de posiciones cortas
indicator5 = close
indicator6 = BollingerUp[20](close)
c3 = (indicator5 >= indicator6)

IF c3 THEN
  SELLSHORT 1 SHARES AT MARKET
  entradacorto = CLOSE
ENDIF

// Condiciones de salida de posiciones cortas
IF SHORTONMARKET THEN
  //SALIDA POR BB
  indicator7 = close
  indicator8 = Average[20](close)
  c4 = (indicator7 <= indicator8)

  IF c4 THEN
    EXITSHORT AT MARKET
  ENDIF
  //SALIDA POR STOP LOSS
  IF CLOSE > (entradacorto + SL) THEN
    EXITSHORT AT MARKET
  ENDIF
  //SALIDA POR TAKE PROFIT
  IF CLOSE < (entradacorto - TP) THEN
    EXITSHORT AT MARKET
  ENDIF
ENDIF

```

Por último, es preciso determinar el valor de las variables SL y TP. Para ello, en el apartado optimización de variables añadiremos ambas variables definiendo el rango de valores que podrán tomar. En el caso del *stop loss* los valores posibles serán entre 0,001 y 0,002 que equivale a un rango de 10 a 20 pips. Recordamos que colocamos el *stop loss* cerca del precio de entrada al mercado ya que operamos en un mercado en rango. Para el *take profit*, el rango utilizado será entre 0,002 y 0,006, es decir un rango de 20 a 60 pips,

siendo un *take profit* también bastante cercano al precio de entrada debido a la tendencia lateral del mercado pero siempre superior al *stop loss*.

Nombre usado en programa	SL
Etiqueta en ventana propiedades	SL
Restricción	> 0
Optimizando	
Valor mínimo	0.001
Valor máximo	0.002
Paso	0.0005

Nombre usado en programa	TP
Etiqueta en ventana propiedades	TP
Restricción	> 0
Optimizando	
Valor mínimo	0.002
Valor máximo	0.006
Paso	0.0005

VIII.3. Código de programación final

```
// Definición de los parámetros del código
DEFPARAM CumulateOrders = False // Acumulación de posiciones desactivada

// Condiciones para entrada de posiciones largas
indicator1 = close
indicator2 = BollingerDown[20](close)
c1 = (indicator1 <= indicator2)

IF c1 THEN
BUY 1 SHARES AT MARKET
entradalargo = CLOSE
ENDIF

// Condiciones de salida de posiciones largas
IF LONGONMARKET THEN
//SALIDA POR BB
indicator3 = close
indicator4 = Average[20](close)
c2 = (indicator3 >= indicator4)
IF c2 THEN
SELL AT MARKET
ENDIF
//SALIDA POR STOP LOSS
IF CLOSE < (entradalargo - SL) THEN
SELL AT MARKET
ENDIF
//SALIDA TAKE PROFIT
IF CLOSE > (entradalargo + TP) THEN
SELL AT MARKET
ENDIF
ENDIF
```

```
// Condiciones de entrada de posiciones cortas
indicator5 = close
indicator6 = BollingerUp[20](close)
c3 = (indicator5 >= indicator6)
```

```
IF c3 THEN
SELLSHORT 1 SHARES AT MARKET
entradacorto = CLOSE
ENDIF
```

```
// Condiciones de salida de posiciones cortas
IF SHORNTONMARKET THEN
//SALIDA POR BB
indicator7 = close
indicator8 = Average[20](close)
c4 = (indicator7 <= indicator8)
```

```
IF c4 THEN
EXITSHORT AT MARKET
ENDIF
//SALIDA POR STOP LOSS
IF CLOSE > (entradacorto + SL) THEN
EXITSHORT AT MARKET
ENDIF
//SALIDA POR TAKE PROFIT
IF CLOSE < (entradacorto - TP) THEN
EXITSHORT AT MARKET
ENDIF
ENDIF
```

VIII.4. Informe de optimización

Ganancias	↑ % Ganancia	Núm posiciones	% Posiciones ganadoras	Gan media / posición	SL	TP
4.916,4000	+49,16%	237	+66,67%	20,7443	0,001	0,004
4.916,4000	+49,16%	237	+66,67%	20,7443	0,001	0,0045
4.914,9000	+49,15%	237	+66,67%	20,7380	0,0015	0,0045
4.914,9000	+49,15%	237	+66,67%	20,7380	0,0015	0,004
4.853,4000	+48,53%	236	+66,95%	20,5653	0,002	0,0045
4.853,4000	+48,53%	236	+66,95%	20,5653	0,002	0,004
4.803,6000	+48,04%	236	+66,53%	20,3542	0,001	0,0055
4.803,6000	+48,04%	236	+66,53%	20,3542	0,001	0,005
4.802,1000	+48,02%	236	+66,53%	20,3479	0,0015	0,0055
4.802,1000	+48,02%	236	+66,53%	20,3479	0,0015	0,005
4.786,5000	+47,86%	237	+66,67%	20,1962	0,001	0,002
4.786,5000	+47,86%	237	+66,67%	20,1962	0,001	0,0025
4.785,0000	+47,85%	237	+66,67%	20,1899	0,0015	0,002
4.785,0000	+47,85%	237	+66,67%	20,1899	0,0015	0,0025
4.770,9000	+47,71%	237	+66,24%	20,1304	0,001	0,0035
4.769,4000	+47,69%	237	+66,24%	20,1241	0,0015	0,0035
4.759,9000	+47,60%	237	+66,24%	20,0840	0,001	0,003
4.758,4000	+47,58%	237	+66,24%	20,0776	0,0015	0,003
4.740,6000	+47,41%	235	+66,81%	20,1728	0,002	0,005
4.740,6000	+47,41%	235	+66,81%	20,1728	0,002	0,0055
4.723,5000	+47,23%	236	+66,95%	20,0148	0,002	0,0025
4.723,5000	+47,23%	236	+66,95%	20,0148	0,002	0,002
4.707,9000	+47,08%	236	+66,53%	19,9487	0,002	0,0035
4.696,9000	+46,97%	236	+66,53%	19,9021	0,002	0,003