



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

TRABAJO FIN DE GRADO EN ECONOMÍA

ESTUDIO DE LA VALORACIÓN DEL MERCADO

POR MEDIO DEL ANÁLISIS TÉCNICO

Gorka González de Mendivil Grau

DIRECTOR

Dr. Luis Muga

CODIRECTOR

Dr. Rafael Santamaría

Pamplona-Iruña

5 de junio de 2017

Abstract

The Efficient Markets Hypothesis asserts that the price of an asset reflects all of the information that can be obtained from past prices of the asset. A direct consequence of this hypothesis is that in the absence of any ability to predict the market, the most appropriate strategy is to 'buy and hold'.

In this project, we apply Moving Average (MA) and Relative Strength Indicator (RSI) techniques to investigate the weak-form market efficiency of the English index FTSE 100 from 29/12/1989 to 22/09/2011; and the Spanish index IBEX 35 Index from 29/12/1989 to 07/09/2011.

We study the statistical significance of daily returns achieved using these trading rules to show whether they are or not significantly different with respect to daily returns achieved using the buy-and-hold strategy.

Our empirical results lend support to the claim that some financial time series are not entirely random, and a trading strategy based solely on historical price data can be used to achieve returns better than those achieved using a buy-and-hold strategy. However, the presence of transactions costs could modify that conclusion and a future work is required to study this fact.

Key words: Financial Trading, Technical Analysis, Market efficiency, Buy and Hold strategy.

Resumen

La Hipótesis del Mercado Eficiente afirma que el precio de un activo refleja toda la información que se puede obtener de los precios pasados del activo. Una consecuencia directa de esta hipótesis es que, en ausencia de cualquier capacidad de predecir el mercado, la estrategia más apropiada es comprar y mantener.

En este proyecto, aplicamos las técnicas de Media Móvil (MA) e Indicador de Fuerza Relativa (RSI) para investigar la eficiencia débil del índice inglés FTSE 100 desde 29/12/1989 hasta 22/09/2011; y el índice español IBEX 35 de 29/12/1989 a 07/09/2011.

Estudiamos la significación estadística de los rendimientos medios diarios obtenidos usando estas reglas de negociación para mostrar si son o no significativamente diferentes con respecto a los rendimientos diarios logrados usando la estrategia de compra y mantener.

Nuestros resultados empíricos apoyan la afirmación de que algunas series temporales financieras no son enteramente aleatorias y una estrategia de negociación basada únicamente en datos de precios históricos puede utilizarse para obtener mejores rendimientos que los obtenidos mediante una estrategia de comprar y mantener. Sin embargo, la presencia de costes de transacción podría modificar esa conclusión, y se requiere un trabajo futuro para estudiar este hecho.

Palabras Clave: Negociación Financiera, Análisis Técnico, Eficiencia de Mercado, Estrategia de Comprar y Mantener.

Contenido

Abstract	2
Resumen.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1 Concepto de mercado eficiente.....	7
1.2 Hipótesis del mercado eficiente	8
1.2.1. Forma débil de la hipótesis del mercado eficiente	8
1.2.2. Forma semifuerte de la hipótesis del mercado eficiente	9
1.2.3. Forma fuerte de la hipótesis del mercado eficiente	9
1.3. ¿Cuándo los mercados se comportan de manera ineficiente?	9
1.4. Fundamentos del Análisis Técnico	10
1.5. Antecedentes del Análisis Técnico en la valoración de los mercados.	12
1.6. Objetivos de este trabajo.....	13
2. ANÁLISIS TÉCNICO: INDICADORES Y REGLAS	14
2.1 Indicadores	14
2.2 Reglas	15
2.2.1. Reglas basadas en MA.....	16
2.2.2. Reglas basadas en RSI	18
3. RESULTADOS EXPERIMENTALES	22
3.1 Datos del Índice FTSE 100 y metodología	22
3.2. Características de la serie temporal del Índice FTSE 100	25
3.3. Comparación de las reglas para FTSE 100.....	27
3.4. Datos del Índice IBEX 35	30
3.5. Comparación de las reglas para IBEX 35.....	33
4. CONCLUSIONES.....	34

5. BIBLIOGRAFÍA.....	35
----------------------	----

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a mis directores Dr. Luis Muga y Dr. Rafael Santamaría por guiarme en la realización de este Trabajo Fin de Grado.

A la Dr. Isabel Abinzano por darme el acceso a las bases de datos para poder realizar el trabajo.

Al decano de la Facultad de Economía, el Dr. Emilio Domínguez por ayudarme a pensar y a reflexionar.

A mi familia, Aita, Amatxu y Aitor por darme fuerzas y mucho cariño, porque sin ellos no hubiera sido capaz de alcanzar la meta.

A todos los compañeros del laboratorio que me han dado muchos ánimos y han tenido que soportar mis frustraciones: Benoit, Unai, Alberto, Asier, Iñigo y Carlos.

Quiero agradecer por último, y no menos importante, a todo el equipo Iden Biotechnology, en especial al área de Business and Development por el apoyo y la oportunidad que me han dado.

Y a todas las personas que de manera directa o indirecta han participado en este trabajo, GRACIAS.

1. INTRODUCCIÓN

Un mercado financiero es la zona virtual o física en el que se desarrollan los intercambios de activos financieros y se definen sus precios [1]. Dichos mercados están afectados por las fuerzas de la oferta y la demanda.

Una de las principales razones de la existencia de los mercados de valores es la liquidez. La liquidez se entiende como el grado en que un activo puede ser comprado o vendido rápidamente en el mercado sin afectar a la pérdida de valor. Un mercado financiero posibilita el intercambio de dichos activos sin incurrir en altos costes financieros y temporales para realizar una transacción. Una forma de observar la liquidez es comparando la diferencia entre el precio comprador y el precio vendedor que en promedio ofertan los intermediarios financieros. Cuanto más grande es esta diferencia se corre un riesgo mayor a la hora de operar puesto que las posibles variaciones del valor pueden llevar a incurrir en pérdidas.

En los mercados financieros existen una serie de operadores que persiguen beneficiarse de la diferencia del precio, mediante la compra y venta simultánea de un activo en un mercado determinado para venderlo inmediatamente en otro mercado a un precio superior. A esta operación se le denomina arbitraje. Este tipo de operación no acarrea ningún riesgo puesto que la compra y venta del activo tienen lugar de forma instantánea.

La existencia de arbitrajistas que compiten entre sí aseguran que el precio de un activo determinado prácticamente sea igual en todos los mercados financieros en los que se cotiza; y las pequeñas diferencias observadas entre los mismos se deben a los costes de transacción que no hacen rentable aprovecharse de las mismas y que actúan como un límite para la realización del arbitraje. La existencia de la competencia entre arbitrajistas es fundamental para que el mercado llegue a ser eficiente.

A diferencia del arbitrajista quién sólo posee el activo durante un breve periodo de tiempo, el especulador lo mantiene en su poder durante mayor tiempo con el objetivo de beneficiarse de una variación futura favorable en su precio, asumiendo un mayor riesgo. La especulación se basa en anticipar los cambios en los precios sin tener información perfecta acerca de cómo van a variar los precios futuros. La competencia entre los especuladores se basa en que el primero que acierte sobre la posición a tomar, será el que más ganancias pueda generar.

La llegada de nuevas informaciones al mercado financiero se evalúa e interpreta de forma continuada puesto que dicha información, interpretada adecuadamente puede resultar útil como estimación del futuro de los precios.

1.1 Concepto de mercado eficiente

Por lo indicado anteriormente, un mercado financiero será eficiente cuando la competencia entre los distintos participantes que intervienen en el mercado, guiados por el principio del máximo beneficio, conduce a una situación de equilibrio en la que el precio de mercado de cualquier activo constituye una buena estimación de su precio teórico o intrínseco (valor actual de todos los flujos de caja esperados). En otros términos, esto significa que los precios de los activos que se negocian en los mercados financieros eficientes reflejan toda la información disponible y ajustan total y rápidamente la nueva información [2].

En un mercado eficiente todos los activos se encuentran perfectamente valorados con lo que el valor actual neto de la inversión será nulo. En el caso de que se produjese discrepancia entre el precio de mercado de un activo y su valor intrínseco, en un mercado eficiente, ésta "ineficiencia temporal" podría ser aprovechada por los especuladores para beneficiarse de ella. Aquellos especuladores que fueran los primeros en observar estas discrepancias serían capaces de sacar un beneficio de las ineficiencias temporales y el resto de los participantes del mercado seguirían teniendo la percepción de encontrarse en un mercado eficiente.

La estimación del precio teórico de un activo financiero es muy difícil dada la gran cantidad de información que le afecta (expectativas sobre los dividendos futuros, horizonte económico de la planificación, predicciones sobre la evolución del marco socioeconómico, etc.). Si el mercado es eficiente, las estimaciones de los inversores del valor de un activo financiero deberán oscilar de forma aleatoria alrededor de su verdadero valor intrínseco. La posible rentabilidad de los inversores será producto del azar, y todos ellos tienen las mismas posibilidades de ganar o perder. Este tipo de mercado debe ser competitivo puesto que es la única manera de que toda la información se refleje de forma inmediata en sus precios.

La falta de capacidad de predicción se refleja en que los cambios en los precios siguen un recorrido aleatorio [2]. Una de las principales razones para que este cambio sea aleatorio se sustenta en que los participantes en el mercado financiero son racionales y se mueven por competencia entre los mismos. Como veremos más adelante, la prueba empírica de que esto se

cumple en un mercado consistirá en calcular el coeficiente de correlación entre los cambios sucesivos del precio de un activo. Si su valor es cercano a cero concluiremos que no hay posibilidad de predicción ya que estos cambios son independientes entre sí.

Eugene Fama (1965) resume todo esto en dos puntos [3]:

1. Los precios actuales cambiarán rápidamente para ajustarse al nuevo valor intrínseco derivado de la nueva información.
2. El tiempo que transcurre entre dos ajustes sucesivos de precios (o entre dos informaciones sucesivas) de un mismo activo es una variable aleatoria independiente.

1.2. Hipótesis del mercado eficiente

Eugene Fama (1965) [3] definió los mercados eficientes como un "juego equitativo" en el que los precios de los activos reflejan completamente toda la información disponible. Si los mercados son eficientes, los activos están valorados para proporcionar un rendimiento acorde con su nivel de riesgo. La idea de la hipótesis se basa en la teoría del recorrido aleatorio que siguen los precios. La variación del precio de un activo del día k al $k+1$ no tiene ninguna relación con la producida del día $k-1$ al día k . En otras palabras, el mercado no tiene memoria y no recuerda lo ocurrido anteriormente. La mejor estimación para el precio del día siguiente es el valor que tuvo en ese día.

En la práctica los mercados de valores parecen ser relativamente eficientes al reflejar la nueva información en los precios, aunque por otra parte tengan costes de transacción, impuestos, etc. Harry Roberts (1967) [4], definió tres niveles de eficiencia de los mercados de valores, donde cada nivel reflejaba la clase de información que era rápidamente reflejada en el precio. Estos niveles de eficiencia que comentaremos a continuación son denominados: débil, semifuerte y fuerte.

1.2.1. Forma débil de la hipótesis del mercado eficiente

La hipótesis débil supone que la cotización de los títulos refleja la información pasada, obtenida de las series históricas de precios. Por tanto, como consecuencia de que los cambios de los precios de los activos son independientes entre sí, no será posible hallar estrategias de inversión basadas en precios históricos para lograr rendimientos que superen a los del mercado. Esto supone de manera tácita que el Análisis Técnico no es útil.

Sin embargo, como veremos más adelante en la revisión de los antecedentes, si se encuentran estrategias basadas en el Análisis Técnico que superen a los propios del mercado será una indicación de que dicho mercado no es eficiente, en el sentido de la eficiencia débil

1.2.2. Forma semifuerte de la hipótesis del mercado eficiente

La hipótesis en su forma semifuerte sugiere que un mercado es eficiente cuando los precios reflejan la información pasada y también toda la información hecha pública acerca de una empresa o de su entorno y que pueda afectar a cada activo. En este caso los precios de los activos se ajustarían instantáneamente a toda información que se hace pública y no se podría lograr un rendimiento superior al del mercado utilizando dicha información. De este modo sólo sería posible alcanzar un rendimiento mayor que el del mercado utilizando información privilegiada.

1.2.3. Forma fuerte de la hipótesis del mercado eficiente

El precio de los activos refleja toda la información tanto pública como privada, por lo que nadie puede obtener un rendimiento superior al del mercado.

El uso de información privilegiada parece negar la hipótesis fuerte. No obstante, el seguimiento que los inversores, que no poseen dicha información, hacen de los que sí la poseen, reduce el posible beneficio a obtener.

1.3. ¿Cuándo los mercados se comportan de manera ineficiente?

En algunos textos se analizan las causas por las cuales un mercado se puede comportar de forma ineficiente. En [2], Shleifer se basa justamente en analizar las bases de la hipótesis del mercado eficiente para encontrar aquellas razones que justifiquen el comportamiento ineficiente de un mercado. Así, este mismo autor indica, entre otras, las siguientes causas: (a) la posibilidad de que los inversores tengan un comportamiento irracional; (b) la existencia de correlaciones entre el comportamiento de los inversores; (c) la posibilidad de un arbitraje limitado.

Joseph Stiglitz, George Akerlof y Michael Spence ganaron el Premio Nobel de Economía por sus investigaciones sobre los mercados con información asimétrica y las inconsistencias, ineficiencias y fallos de los mercados financieros, derivados la existencia de información asimétrica.

1.4. Fundamentos del Análisis Técnico

El Análisis Técnico es el estudio de la acción del mercado, principalmente a través del uso de gráficas, con el propósito de predecir futuras tendencias en los precios. En la acción del mercado se incluyen las tres fuentes principales de información como son el precio de la cotización, el volumen bursátil y las posiciones abiertas. El análisis técnico tuvo sus orígenes en EE.UU. a finales del siglo XIX, a partir de los trabajos de C. Dow cuando definió la Teoría conocida como Teoría de Dow [5]. En la actualidad sus principios y herramientas se pueden aplicar al estudio de las gráficas de cualquier instrumento financiero.

El Análisis Técnico se basa en tres premisas básicas que se deben admitir a priori [6]: (1) El precio lo descuenta todo. Supone que todos los elementos de información que afectan al mercado están reflejados en el precio del activo; (2) los precios se mueven en tendencias; y (3) la historia se repite.

Como hemos indicado, su origen se basa en los trabajos de C. Dow cuyas seis premisas se resumen a continuación

1. Los índices lo descuentan todo, teniendo en cuenta toda la información sobre los hechos que pueden afectar a los mercados.
2. Los mercados siguen tres tipos de tendencias o movimientos: Una tendencia ascendente (descendente) sigue un patrón de picos y valles cada vez más altos (bajos):
(a) Tendencias primarias o de largo plazo (seis meses a un año, o más): la marea. (b) Tendencias secundarias o de mediano plazo (tres semanas a tres meses): las olas. (c) Tendencias terciarias, menores o de corto plazo (menos de 3 semanas): las ondas.
3. Las tendencias primarias siguen tres fases en su evolución: (a) Fase de acumulación o de compra institucional. (b) Fase fundamental o compra por parte del público en general. (c) Fase de distribución, especulativa o de venta institucional.
4. Los diferentes índices bursátiles deben confirmar las tendencias alcistas o bajistas: varios índices deben confirmar las tendencias (financiero, industrial, etc.)
5. El volumen confirma la tendencia: el volumen de operación debe subir conforme el precio se mueve en la dirección de la tendencia y bajar cuando el precio va en contra de ésta.

6. Una tendencia se mantiene vigente hasta el momento en que muestre señales claras de cambio de dirección.

El Análisis Técnico está siendo ampliamente utilizado en los mercados y existen un gran número de intermediarios que suministran programas [7], a través de Internet, con el objetivo de analizar las series temporales de la información disponible en tiempo real y aplicar diferentes estrategias de compra/venta de activos [6]. Aunque hay un gran número de métodos disponibles [6], todos ellos tienen en común la observación del movimiento de los precios del pasado con el objetivo de realizar una cierta predicción sobre los precios futuros. La mayor parte de los métodos del Análisis Técnico emplean indicadores, es decir, métricas cuyo valor se deriva de la actividad diaria de los precios. El objetivo de las métricas normalmente consiste en indicar la tendencia de la dirección de los precios [8].

Mediante estas métricas se pueden definir un conjunto de reglas que permiten emitir órdenes de compra/venta. Estas reglas permiten establecer una operativa sistemática que permite ejecutar las estrategias durante largos periodos de tiempo sin desviación (sin presión emocional del inversor) ganando en consistencia, objetividad y diversificación entre mercados [6]. Para lograr estos objetivos se requiere refinar las estrategias de la operación en la toma de decisiones.

Una estrategia de operación es un conjunto de reglas que define las condiciones que se requieren para entrar y salir del mercado. Las principales normas para definir estrategias efectivas son las siguientes [8]:

- a. Debe existir una expectativa positiva. Una estrategia tiene una expectativa positiva si se ha demostrado que ha generado beneficios en su utilización pasada.
- b. El sistema de operación debe emplear un número pequeño de reglas. El conjunto de reglas debe ser pequeño para que el sistema de operación sea controlable y fiable.
- c. Las reglas de operación deberían ser robustas a las diferentes condiciones del mercado. Si las reglas no son robustas frente a las condiciones variables del mercado no se puede aplicar en múltiples periodos.
- d. La conservación del capital es tan importante como la apreciación del capital. La operación sistemática mediante reglas debería cuantificar el riesgo y el beneficio, ya que sin estos factores su capacidad de predicción es dudable.

En el siguiente apartado analizamos algunos antecedentes de la aplicación del Análisis Técnico para el estudio de la valoración del mercado desde el punto de vista de su eficiencia.

1.5. Antecedentes del Análisis Técnico en la valoración de los mercados.

La Hipótesis del Mercado Eficiente afirma que el precio de un activo refleja toda la información que pueda ser obtenida del pasado de precios que tuvo dicho activo. Un corolario directo de esta hipótesis es que la evolución de los precios sigue un camino aleatorio ('Random Walk'), y que por lo tanto, los posibles beneficios derivados de la operación en el mercado son debidos únicamente a la suerte. En ausencia de la capacidad de predecir la evolución de los precios de un mercado, la estrategia más adecuada sería Comprar/Mantener ('Buy and Hold'). De esta manera el Análisis Técnico no puede utilizarse para superar el beneficio obtenido por la estrategia Comprar/Mantener. La cuestión por tanto es ¿Puede utilizarse el Análisis Técnico para mostrar si un mercado es ineficiente?

Se puede contestar a esta pregunta, si se comprueba que alguna estrategia del Análisis Técnico, sobre la evolución del histórico de precios, ofrece un beneficio superior al que se obtendría por la estrategia de Comprar/Mantener.

En la revisión realizada por Metghalchi et al. en [9], se indica que los estudios realizados en la década de los años 60 se centraban en comprobar la validez de la Hipótesis 'Random Walk' para argumentar la poca utilidad del Análisis Técnico. A finales de los años 80, diversos estudios concluyeron, que en algunos casos, se generaban beneficios estadísticamente significativos mediante las estrategias del Análisis Técnico. En 1992, Brock et al. [10] aplicaron las medias móviles para mostrar que en el Índice Industrial del Dow Jones, éstas generaban altos beneficios, confirmando la capacidad predictiva del Análisis Técnico.

Desde entonces, se han venido realizando diferentes estudios. Por ejemplo, en 2006, Chang et al. en [11], emplean las reglas basadas en la media móvil, e identifican estrategias que comportan beneficio en el mercado de acciones de Taiwan durante el periodo 1983-2002. Mantilla y Garcia en 2006 [12], sin considerar los costes y riesgos aplicables, utilizan una regla simple basada en algoritmos genéticos para investigar el índice IBEX 35, en diferentes periodos entre 1990-1999. Sus resultados muestran que se supera la estrategia Comprar/Mantener en diferentes episodios del mercado. En 2001, Skabar y Cloete [13]

investigan el aprendizaje de Redes Neuronales sobre el histórico de los precios del Dow Jones (1996-2001) mostrando un beneficio superior a la estrategia Comprar/Mantener.

Por otra parte, existen estudios que revelan que algunos sistemas de reglas propuestos por el Análisis Técnico no permiten establecer la ineficiencia de un determinado mercado. Por ejemplo, Hudson et al. en 1996 [14], utilizando las mismas reglas que Brock et al., muestran que no se llega a la misma conclusión de mercado ineficiente en el mercado de activos de Gran Bretaña en el periodo 1935-1994.

Por otra parte, utilizando algoritmos genéticos para encontrar el mejor sistema de reglas basados en las técnicas más populares, Boboc y Dinica en 2013 [14] indican en sus conclusiones: *“Our results show that the hypothesis of weak-form efficiency cannot be rejected in the case of EUR/USD market. Of course, this does not necessarily mean that one cannot prove the market inefficiency by finding a set of rules that consistently achieve profits. However, finding this set of rules represents a difficult task. We consider that our main results suggest that an investor should carefully analyze before taking speculative positions based on technical indicators and computer-based algorithms because there are higher chances to loose on the long-run. The fact that a sophisticated algorithm was not able to achieve sustainable profits supports our remark.”*

1.6. Objetivos de este trabajo

En este trabajo estudiamos algunas de las estrategias más populares del Análisis Técnico para mostrar si los mercados bajo estudio se comportan de forma eficiente (en el sentido débil), es decir, analizamos la posibilidad o no de obtener un beneficio superior al que se obtendría mediante la estrategia propia del mercado, Comprar/Mantener.

Las estrategias que vamos a analizar emplean las reglas basadas en dos indicadores muy populares como son la media móvil y el índice de fuerza relativa. Estos indicadores y los procedimientos para generar las señales de compra y venta se presentan en el Apartado 2.

Los mercados a analizar son, el índice inglés FTSE 100 en el periodo comprendido desde 29/12/1989 hasta 22/09/2011; y el índice español IBEX 35 en el periodo comprendido desde 29/12/1989 a 07/09/2011. Los resultados experimentales se muestran en el Apartado 3. El trabajo termina con el apartado de conclusiones.

2. ANÁLISIS TÉCNICO: INDICADORES Y REGLAS

En este apartado analizamos los indicadores y las reglas que vamos a emplear en el apartado experimental. Como se ha indicado el Análisis Técnico debe basarse en conseguir una alta probabilidad de encontrar la tendencia del mercado en vez de intentar explicar y predecir los precios. Hay varias formas de conseguir este objetivo, en este trabajo utilizamos las estrategias de “seguimiento de la tendencia” [6].

Las estrategias de “seguimiento de tendencia” generan las “señales” de compra/venta en la dirección observada de la tendencia de los precios. Este tipo de estrategias son “reactivas” (no predictivas) puesto que reaccionan a los cambios sin anticiparse a los mismos. Por tanto, presentan un cierto efecto de retardo a la hora de generar las señales. Además, si los precios tienen una fluctuación brusca, la estrategia presenta una cierta lentitud en señalar el cambio de la tendencia.

A pesar de estas características, que en principio, no son deseables, los trabajos citados en la sección anterior muestran su aplicabilidad a la hora de generar beneficios.

2.1 Indicadores

Los indicadores técnicos son series temporales, derivadas normalmente a partir de los datos de precios y volúmenes, construidas sobre un periodo de tiempo. La serie temporal de un indicador se obtiene aplicando una fórmula a los datos del mercado con respecto a una ventana de tiempo que mira hacia el pasado. Los indicadores se emplean luego para encontrar aquellas condiciones que sugieren realizar una compra o una venta. Estas condiciones se denominan “señales”.

Los indicadores más utilizados son la media móvil simple (MA) y la media exponencial (EMA). Ambos indicadores son indicadores de tendencia con retraso porque su cálculo se basa en una ventana de tiempo pasado. No obstante, ayudan a suavizar los valores de los precios porque realizan un cierto filtrado del ruido producido por las fluctuaciones de los precios al azar. Asumiendo que la serie temporal viene dada en días, una media móvil de S días, denotada por $MA_S(t)$, se calcula promediando los valores de los S días previos.

$$MA_S(t) = \frac{1}{S} \sum_{i=0}^{S-1} P(t-i)$$

siendo $P(t)$ la serie de los precios diarios. Las aplicaciones más comunes de las medias móviles simples son identificar la dirección de la tendencia y determinar los niveles de soporte y resistencia. Por otra parte, la media exponencial, denotada por $EMA(t)$, se calcula utilizando el valor del precio actual y del día anterior, relacionándolos con un factor de suavizado.

$$EMA(t) = \sigma P(t) + (1 - \sigma)EMA(t - 1)$$

El factor de suavizado σ se encuentra en el intervalo $[0,1]$, e indica cómo de rápido la media exponencial responde al valor del precio actual. Una elección bastante común es $\sigma = 2/(1+S)$; siendo S el periodo de tiempo utilizado para calcular una media móvil simple inicial puesto que, para iniciar la media exponencial se suele requerir que $EMA(t_0) = MA_S(t_0)$, siendo $t_0 = S$.

El índice de fuerza relativa (RSI) es un indicador de impulso desarrollado por el analista Welles Wilder [15], que compara la magnitud de las ganancias y pérdidas recientes durante un período de tiempo específico para medir la velocidad y el cambio de los movimientos de precios de un valor. Se utiliza principalmente para tratar de identificar las condiciones de sobrecompra o sobreventa en la negociación de un activo.

Sea $AU_S =$ promedio sobre una ventana de S días cerrando al alza. Sea $AD_S =$ promedio sobre una ventana de S días cerrando a la baja. Se define RSI_S como

$$RSI_S = \left[\frac{AU_S}{AU_S + AD_S} \right] \times 100$$

Los valores de RSI varían entre 0 y 100. Normalmente se emplea un RSI con S entre 14 y 20 días.

Los indicadores anteriores se combinan para generar las reglas que definen en qué momentos se deben producir las señales de compra y venta. Por ejemplo, con las medias móviles se emplea el cruce de medias, y con el RSI, cuando supera el valor 50, se produce una señal de compra. En el siguiente apartado describimos los algoritmos concretos que hemos empleado en este trabajo para generar las señales de compra/venta.

2.2. Reglas

Los indicadores y las reglas que se utilizan en este trabajo se describen a continuación. El objetivo es proporcionar las bases para proceder a la programación de dichas técnicas en el entorno ofrecido por MatLab. Posteriormente, se comprobará la eficiencia de dichas técnicas

con diferentes fuentes de datos para contrastar las conclusiones ofrecidas en diferentes mercados.

2.2.1. Reglas basadas en MA.

Entre las técnicas más empleadas en el análisis técnico se encuentran aquellas que utilizan distintas variantes del indicador MA. Se suelen emplear dos indicadores, un MA calculado a corto plazo (MAst) y otro MA calculado a largo plazo (MAIt). En concreto, si la diferencia MAst-MAIt excede en un cierto porcentaje a MAIt entonces se emite una ‘señal de compra’. De manera similar, en el caso de que MAst-MAIt sea positivo hasta un cierto porcentaje, se emitirá una ‘señal de venta’. A la hora de escribir el procedimiento a seguir para esta técnica, hay que tener en cuenta que el agente que realiza la operación de compra o venta se comporta como un sistema de transición de estados, es decir, hay que ‘recordar’ la acción de compra o venta realizada por el agente.

En la siguiente descripción se supone que los datos de la serie temporal corresponden al precio de cierre diario y se encuentran almacenados en un vector `data[k]` cuyo índice de acceso `k`, varía desde `1:N`, siendo `N` el número total de datos de la serie. La variable `k` se interpreta como el `k`-ésimo día, y `data[k]` es el valor del precio de cierre en dicho día.

El procedimiento tiene de entrada el parámetro `lt` para calcular la media móvil a largo plazo. En este trabajo se utilizan los valores 15, 20, 50 y 100. El parámetro `st` se utiliza como entrada para la media móvil a corto plazo. Tanto el valor de `st` como el porcentaje, representado por el parámetro `p`, hay que establecerlos experimentalmente. La salida del procedimiento es simplemente una serie temporal con la indicación del día en el que se produce la acción de compra (+1) o venta (-1).

Procedimiento basado en MA

Entrada:

`data`: serie temporal

`N`: número de elementos de la serie, de `1:N`

`st`: valor entero mayor que cero para el cálculo de MAst

`lt`: valor entero mayor que cero para el cálculo de MAIt

`p`: porcentaje para aplicar la regla

Salida:

`buy_sell`: serie temporal indicando las posiciones de compra y venta.

Variables

```
stma: double;  
ltma: double;  
diff: double;  
status: (undecided, last_buy, last_sell);
```

finVariables

Para k= lt **hasta** N **hacer** // desde lt

```
stma= calcula_MA(st, data, k);  
ltma= calcula_MA(lt, data, k);  
diff = stma - ltma;
```

Si diff > 0 **y** diff >= p * ltma **y no** (status= last_buy) **entonces**

```
// emitir señal de compra  
buy_sell[k]= +1; // +1 indica compra  
status= last_buy
```

finSi;

Si diff < 0 **y** |diff| >= p * ltma **y no** (status= last_sell) **entonces**

```
// emitir señal de venta  
buy_sell[k]= -1; // -1 indica venta  
status= last_sell
```

finSi;

finPara

En la figura 1 se muestra un ejemplo de la generación de señales de compra/venta, utilizando el cruce de medias móviles, mediante el algoritmo propuesto anteriormente, programado en Matlab.

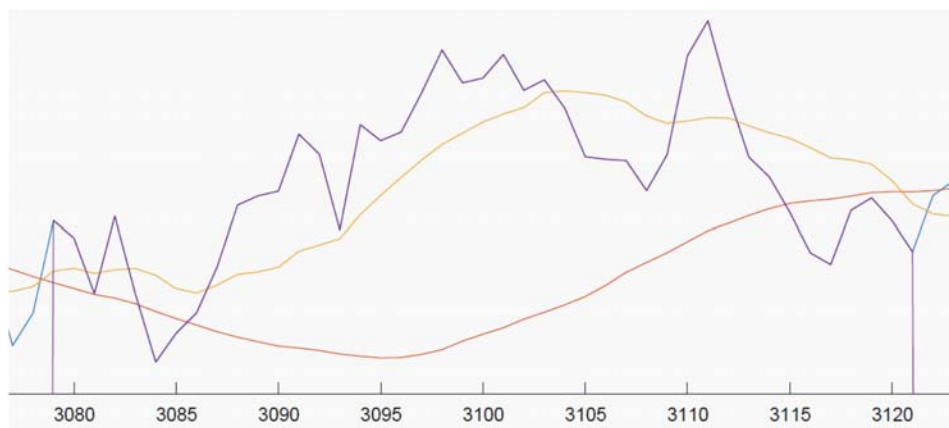


Figura 1. Generación de señales de compra/venta empleando el cruce de medias móviles.

En azul se representa la línea de precios, en naranja la media móvil a corto de 10 y en rojo la media móvil a largo de 50. El primer cruce produce una señal de compra y el segundo cruce una señal de venta. La línea en morado se corresponde con los días en estado de compra. El beneficio en este periodo de compra puede ser negativo, y, en general, los beneficios dependen de las medias utilizadas.

2.2.2. Reglas basadas en RSI

El segundo indicador propuesto para generar las reglas de compra y venta, es el RSI (Relative Strength Indicator). Este indicador muestra la fuerza del precio mediante la comparación de los movimientos individuales al alza o a la baja de los sucesivos precios de cierre. Para la serie de datos de entrada, que incluye los precios de cierre diarios, se requiere un campo adicional para cada día que indique el cambio al alza (U) o a la baja (D). El valor para cada día k-ésimo de U[k] y D[k] depende por tanto, de la diferencia data[k]-data[k-1] (precio de cierre del día actual k menos el precio de cierre de ayer k-1):

$$U[k] = \max\{0, \text{data}[k] - \text{data}[k-1]\};$$

$$D[k] = \max\{\text{data}[k-1] - \text{data}[k], 0\};$$

Se observa que si los precios de cierre son iguales tanto U[k] como D[k] son cero. Si el día es al alza entonces U[k]>0 y D[k]=0, en caso contrario U[k]=0 y D[k]>0. En el trabajo original de Wilder [15] se calcula la media móvil exponencial de las series U[k] y de D[k] utilizando un factor de n días para la inicialización (como ha sido indicado en el apartado anterior). Por tanto, se debe calcular:

$$AU_n[k] = \text{calcula_EMA}(n, U, k)$$

$$DU_n[k] = \text{calcula_EMA}(n, D, k)$$

La expresión del indicador RSI, para cada día k-ésimo, representa las subidas como una proporción del total de subidas y bajadas (de cada una de sus medias):

$$RSI_n[k] = (AU_n[k] / (AU_n[k] + DU_n[k])) \times 100$$

Se observa que AU_n, DU_n, y RSI_n se calculan para cada k, pero no se guardan en una serie. En caso necesario, se puede formar la serie RSI_n[k] con objeto de representarla o de calcular nuevos indicadores a partir de ella como sucede en el método RSI-2 propuesto en [9].

Wilder sugiere que el factor n sea de 14 días, y es el aplicado en [9]. En [9] se proponen dos sistemas de reglas:

- a. Método RSI-1. Se emite una señal de compra cuando $RSI_n > 50$ y se permanece en el mercado hasta que $RSI_n \leq 50$.
- b. Método RSI-2. Se emite una señal de compra cuando $RSI_n[k]$ está por encima de su propia media móvil tomada en 20 días; y se emite una señal de venta tan pronto como $RSI_n[k]$ está por debajo de su media móvil.

Como vemos, este último método requiere de un cálculo adicional:

$ARSI_n[k] = \text{calcula_MA}(20, RSI_n, k)$;

A continuación presentamos los procedimientos basados en RSI-1 y RSI-2.

Procedimiento basado en RSI-1

Entrada:

data: serie temporal

N: número de elementos de la serie, de 1:N

n: valor entero mayor que cero para el cálculo de RSI_n // 14 días

Salida:

buy_sell: serie temporal indicando las posiciones de compra y venta.

Variables

U: serie temporal;

D: serie temporal;

RSI_n : serie temporal;

status: (undecided, last_buy, last_sell);

AU_n: double;

DU_n: double;

diff: double;

finVariables

Para k= 2 **hasta** N **hacer** //

U[k]= $\max\{0, \text{data}[k]-\text{data}[k-1]\}$;

D[k]= $\max\{\text{data}[k-1]-\text{data}[k], 0\}$;

finPara;

Para k= n **hasta** N **hacer** // desde n 14 días

AU_n= $\text{calcula_EMA}(n, U, k)$;

DU_n= $\text{calcula_EMA}(n, D, k)$;

$RSI_n = (\text{AU}_n / (\text{AU}_n + \text{DU}_n)) \times 100$;

```

Si RSI_n > 50 y no (status= last_buy) entonces
    // emitir señal de compra
    buy_sell[k]= +1; // +1 indica compra
    status= last_buy
finSi;
Si RSI_n <= 50 y no (status= last_sell) entonces
    // emitir señal de venta
    buy_sell[k]= -1; // -1 indica venta
    status= last_sell
finSi;

```

finPara

En la figura 2 se muestra un ejemplo de la aplicación del algoritmo anterior. En general, las señales de compra/venta son mucho más frecuentes que con las obtenidas con el algoritmo de cruce de medias móviles.

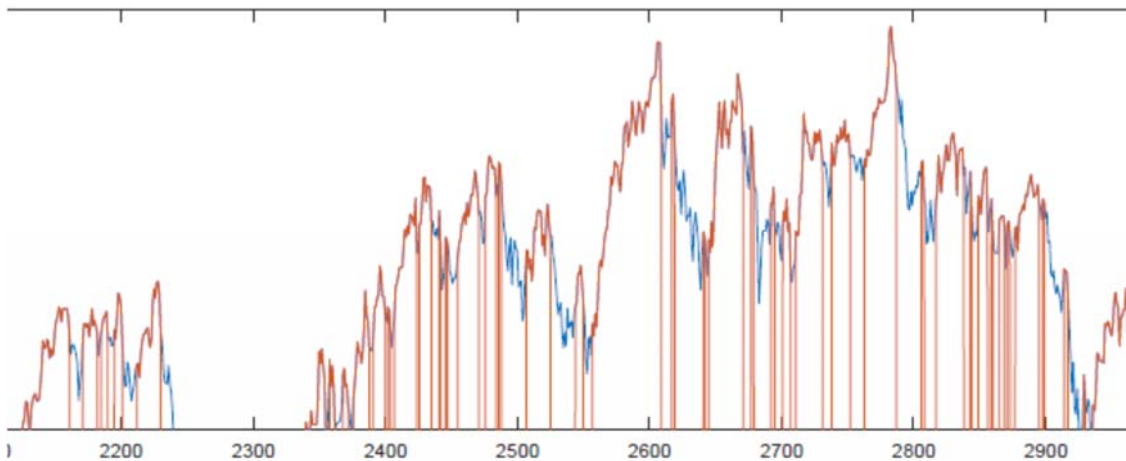


Figura 2. Ejemplo de generación de señales con el algoritmo basado en RSI-1. En rojo se muestran los precios para los días de compra establecidos el algoritmo RSI-1. En azul los días de venta señalados por la regla RSI-1.

Finalmente, se presenta el procedimiento basado en RSI-2:

Procedimiento basado en RSI-2

Entrada:

data: serie temporal
 N: número de elementos de la serie, de 1:N
 n: valor entero mayor que cero para el cálculo de RSI_n // 14 días
 st: valor entero mayor que cero para el cálculo de MA // 20 días

Salida:

buy_sell: serie temporal indicando las posiciones de compra y venta.

Variables

U: serie temporal;
D: serie temporal;
RSI_n: serie temporal;
status: (undecided, last_buy, last_sell);
AU_n: double;
DU_n: double;
diff: double;

finVariables

Para k= 2 **hasta** N **hacer** //
 U[k]= max {0, data[k]-data[k-1] };
 D[k]= max { data[k-1]-data[k],0}

finPara;

Para k= n **hasta** N **hacer** // desde n 14 días

 AU_n= calcula_EMA(n, U, k);
 DU_n= calcula_EMA(n, D, k);
 RSI_n[k]= (AU_n / AU_n + DU_n)x 100;

Si k>= max(n, st) **entonces**
 ARSI_n= calcula_MA(st, RSI_n, k);
 diff= RSI_n[k] - ARSI_n;

Si diff > 0 **y no** (status= last_buy) **entonces**
 // emitir señal de compra
 buy_sell[k]= +1; // +1 indica compra
 status= last_buy

finSi;

Si diff < 0 **y no** (status= last_sell) **entonces**
 // emitir señal de venta
 buy_sell[k]= -1; // -1 indica venta
 status= last_sell

finSi;**finSi****finPara**

3. RESULTADOS EXPERIMENTALES

3.1 Datos del Índice FTSE 100 y metodología

En este trabajo utilizamos el índice de precios de cierre diario del Financial Times Stock Exchange (FTSE 100) desde el 29/12/1989 hasta el 22/09/2011. La elección de este mercado se debe principalmente a la seguridad de los datos disponibles, obtenidos de la base de datos Datastream, disponibles en Thomson Reuters Financial [20][21]. En la figura 3 se muestra la evolución diaria de los precios de cierre en el periodo de tiempo considerado.

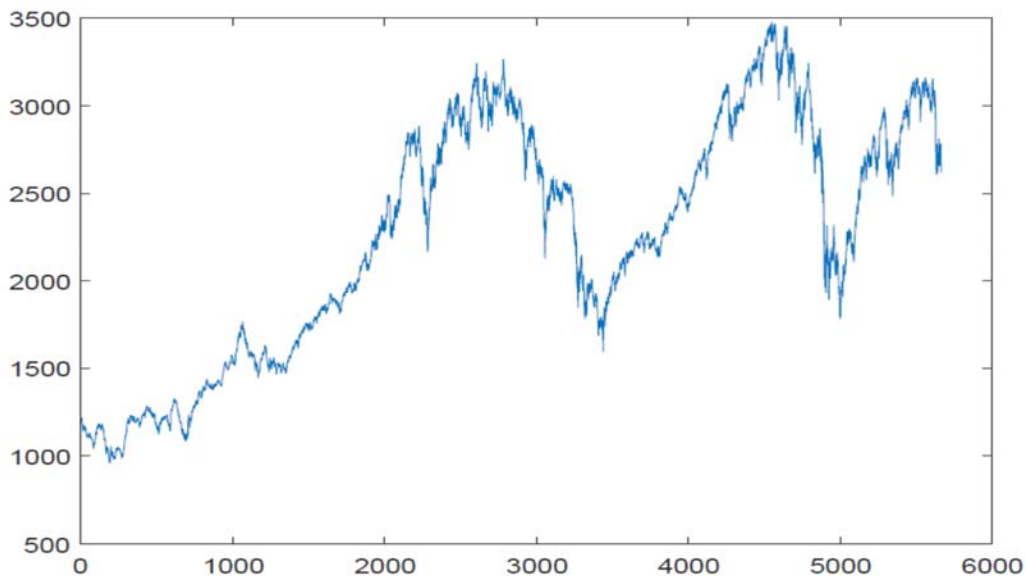


Figura 3. Histórico de precios de cierre del índice FTSE 100. El número de días considerados es de 5666 días.

En el cálculo de los rendimientos diarios se emplea el rendimiento continuamente compuesto o, lo que es lo mismo, el rendimiento logarítmico, que se define de la siguiente manera:

$$R(t) = \ln(P(t)/P(t-1)) = \ln(P(t)) - \ln(P(t-1))$$

siendo $P(t)$ el precio en el día t y $P(t-1)$ el precio del día anterior $t-1$. Es importante resaltar que este método de estimación del rendimiento no incluye los dividendos diarios. Según el trabajo de Metghalchi et al. [9], esta omisión no altera los resultados del estudio. El trabajo de Metghalchi et al. hace referencia a los resultados dados en [15] que indica que la exclusión de dividendos afecta mínimamente en el cálculo de los rendimientos.

Para estudiar la posible predicción del Análisis Técnico, y por tanto, estudiar la posible ineficiencia del mercado, se emplean las reglas basadas en el cruce de medias móviles. En

concreto las reglas MA15, MA20, MA50 y MA100. Donde los números del 15 al 100 representan las ventanas de días consideradas para calcular MA a largo plazo. Para MA a corto plazo se utiliza la ventana de 1 día (es decir los propios precios) ya que es la media móvil con la que mayores rendimientos han sido obtenidos.

También se incluye en el estudio experimental las reglas RSI-1 y RSI-2 que han sido descritas en el apartado anterior.

Es importante indicar lo siguiente: La serie temporal incluye los precios de cierre, por lo que para operar de un modo realista, sería necesario que el agente fuese capaz de estimar de forma precisa este precio de cierre, ya que es este precio de cierre el que se está considerando a la hora de generar una señal de compra o una señal de venta. Además, hay que tener en cuenta que la estimación se realiza para, que en el caso de generarse la señal, ésta se deba poder realizar antes del cierre.

En resumen, las dos limitaciones más importantes en este estudio experimental (y por tanto, en el mismo sentido, en el estudio realizado por Metghalchi et al. [9]) son:

- (1) No incluir los dividendos en el rendimiento de precios diarios; y
- (2) asumir una estimación suficientemente precisa del precio de cierre diario.

Siguiendo el trabajo de Metghalchi et al. [9], para cada una de las reglas indicadas anteriormente será necesario establecer una metodología de contraste basada en la significación estadística de los resultados de los rendimientos diarios. La idea básica es comparar los resultados de rendimientos obtenidos mediante las reglas con el rendimiento obtenido con la propia estrategia del mercado Comprar/Mantener. Las hipótesis a validar se indican en la siguiente tabla 1.

	Primer Test	Segundo Test	Tercer Test
Hipótesis Nula: <i>H₀</i>	$X_B - X_H = 0$	$X_S - X_H = 0$	$X_B - X_S = 0$
Alternativa: <i>H_a</i>	$X_B - X_H \neq 0$	$X_S - X_H \neq 0$	$X_B - X_S \neq 0$

Tabla 1. Hipótesis a comprobar en el proceso de validación de las reglas.

Así, para cada una de las reglas consideradas se calcula:

X_B : rendimiento medio de días de compra. Donde un día de compra es un día incluido entre una señal de compra y la sucesiva señal de venta.

X_S : rendimiento medio de días de venta. Donde un día de venta es un día incluido entre una señal de venta y la sucesiva señal de compra.

X_H : rendimiento de la estrategia Comprar/Mantener. Rendimiento medio sobre todos los días incluidos en la serie temporal de datos.

De esta forma:

$$X_B = \left(\frac{1}{N_B}\right) \sum R_B$$

$$X_S = \left(\frac{1}{N_S}\right) \sum R_S$$

$$X_H = \left(\frac{1}{N}\right) \sum R$$

Siendo N_B y N_S : Número total de días de compra y venta.

Siendo N : El número total de observaciones (días).

Siendo R_B y R_S : El rendimiento diario de días de compra y de venta.

Siendo R : el rendimiento diario del índice del mercado.

Los tres test indicados en la tabla 1 tienen el objetivo de observar si el rendimiento medio de compra X_B y el rendimiento medio de venta X_S de una regla particular son distintos que el rendimiento medio de la estrategia Comprar/Mantener X_H . Además, mediante el último test, se observa si el rendimiento medio de los días de compra X_B es diferente al rendimiento medio de los días de venta X_S .

El estadístico utilizado para rechazar o no rechazar las hipótesis nulas indicadas en la tabla 1 es el t-estadístico propuesto por Kwon-Kish [16]:

$$t1 = \frac{(X_B - X_H)}{\sqrt{\left(\frac{VAR_B}{N_B} + \frac{VAR_H}{N}\right)}}$$

$$t2 = \frac{(X_S - X_H)}{\sqrt{\left(\frac{VAR_S}{N_S} + \frac{VAR_H}{N}\right)}}$$

$$t3 = \frac{(X_B - X_S)}{\sqrt{\left(\frac{VAR_B}{N_B} + \frac{VAR_S}{N_S}\right)}}$$

En las fórmulas anteriores VAR_B , VAR_S y VAR_H son las variancias de los rendimientos de los días de compra, días de venta y de los rendimientos del mercado (estrategia Comprar/Mantener) respectivamente.

3.2. Características de la serie temporal del Índice FTSE 100

Con objeto de comprobar la hipótesis del recorrido aleatorio de las diferencias de precios (o de forma equivalente en los rendimientos diarios) de la serie temporal que forman los datos de partida, se debe estudiar si la serie exhibe algún factor de predicción. Si los rendimientos diarios no muestran algún tipo de dependencia temporal entonces no será posible realizar ninguna predicción, y por lo tanto, se corrobora la hipótesis del recorrido aleatorio de las diferencias de precios. El análisis del coeficiente de auto-correlación nos permite establecer la presencia o no de las dependencias en el tiempo y diferenciar la posibilidad de predicciones a corto o a largo plazo. Para cualquier serie temporal de datos $D = \{d_0, \dots, d_{(n-1)}\}$ el coeficiente de auto-correlación se define como:

$$ACF(s) = \frac{1}{(n-1-s)\sigma^2} \sum_{i=0}^{n-1-s} (d_i - \mu)(d_{i+s} - \mu)$$

donde d_i y $d_{(i+s)}$ son los valores en los putos temporales i y $i+s$, μ es el valor medio de la señal temporal, y σ^2 es la varianza de la señal. Es importante recalcar que para una ventana de predicción k , se requiere que el valor absoluto de $ACF(k)$ sea mayor que 0.3 [18].

En la figura 4 se muestran los valores $ACF(1)$ hasta $ACF(20)$ de los rendimientos del mercado. Ningún valor supera 0.3 por lo que no hay ninguna capacidad de predicción. Esto corrobora la hipótesis del recorrido aleatorio que hemos indicado anteriormente.

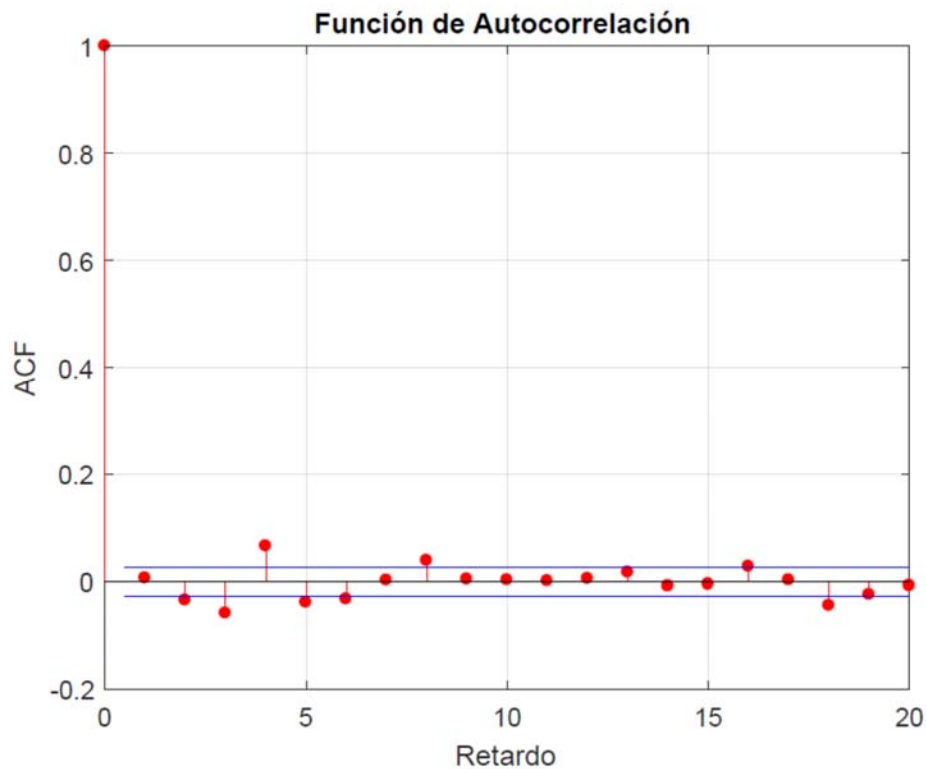


Figura 4. Función de auto-correlación para la serie temporal FTSE 100.

Como podemos observar en la figura 5, los rendimientos se distribuyen de manera casi simétrica con respecto al valor 0. Este hecho se corrobora con la medida -0.1977 de 'skewness'. Por otro lado, el valor de kurtosis es de 10.0563 indicando que la distribución de los rendimientos no es una distribución normal. Estos valores se muestran en la tabla 2. En esta tabla 2 también se incluye el rendimiento medio X_H y la desviación estándar DS_H en el periodo indicado.

Fechas	X_H	DS_H	skewness	kurtosis	N
29/12/1989 hasta 22/09/2011	1.3418e-04	0.0105	-0.1977	10.0563	5666

Tabla 2. Resumen de algunos estadísticos para el Índice FTSE 100.

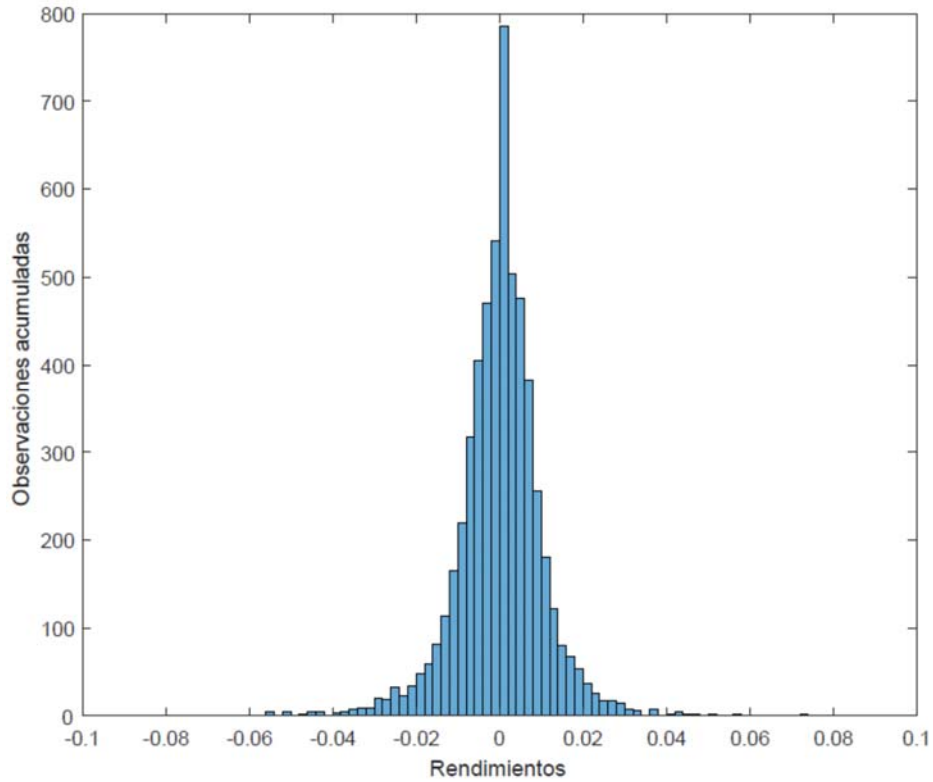


Figura 5. Histograma que muestra la distribución de los rendimientos de FTSE 100.

3.3. Comparación de las reglas para FTSE 100

A continuación se estudian los rendimientos de las diferentes reglas que hemos indicado en el apartado 3.1. En la tabla 3 se muestran los resultados de dicha comparativa.

Regla	X_B	X_S	$X_B - X_S$	DS_B	DS_S	N_B	N_S	Señales
MA15	5.4785e-04	-3.1727e-04	8.6512e-04	0.0089	0.0107	3604	2774	727
	t1= 2.0332	t2= -1.8298	t3= 3.4440					
MA20	5.4094e-04	-3.7060e-04	9.1154e-04	0.0091	0.0111	3554	2703	611
	t1= 1.9696	t2= -1.9728	t3= 3.4713					

MA50	4.2503e-04	-3.0814e-04	7.3317e-04	0.0087	0.0098	3602	2385	371
	t1= 1.4456	t2= -1.8130	t3= 2.9726					
MA100	3.3446e-04	-2.0010e-04	5.3457e-04	0.0092	0.0110	3670	2148	252
	t1= 0.9676	t2= -1.2132	t3= 1.8948					
RSI-1	6.0101e-04	-4.4047e-04	0.0010	0.0087	0.0113	3717	2766	831
	t1= 2.3330	t2= -2.2346	t3= 4.0234					
RSI-2	3.9888e-04	-1.4322e-04	5.4210e-04	0.0098	0.0096	4778	4035	1186
	t1= 1.3262	t2= -1.3503	t3= 2.6180					

Tabla 3. Resultados obtenidos basados en los datos del Índice FTSE 100.

En la tabla 3, la primera columna identifica las reglas utilizadas. En la segunda columna X_B es la media del retorno obtenido en los días de venta. En la tercera columna X_S es la media del retorno obtenido en los días de compra. El número de días de compra N_B y de venta N_S se muestran en las columnas 7 y 8 respectivamente. DS_B y DS_S son las desviaciones estándar que se encuentran en las columnas 5 y 6 de la tabla. En la columna 4 se encuentra la diferencia $X_B - X_S$. En la última columna se indica el número de señales de compra/venta que ha producido la correspondiente regla.

Debajo de cada fila principal se encuentra la fila con los valores de los estadísticos $t1$, $t2$ y $t3$ obtenidos para cada regla. Estos números son significativos cuando su valor es mayor que 1.95 (rechazándose en cada caso su correspondiente hipótesis nula definida en la tabla 2).

Como hemos indicado para la reglas basadas en MA, si el precio P , cumple $P > MA$ se entra en el mercado emitiendo una señal de compra, en otro caso se sale del mercado emitiendo una señal de venta. Para la regla RSI-1, si $RSI > 50$ se entra en el mercado en compra, en caso contrario se sale del mercado con una señal de venta. En el caso de la regla RSI-2, se utiliza

una MA sobre la señal RSI de 30 (es con lo que hemos obtenido un mejor resultado); de manera que si $RSI > MA(RSI, 30)$ se entra en el mercado en compra, y en caso contrario se sale del mercado.

A la vista de los datos mostrados en la tabla 3, los resultados que obtenemos no son nada prometedores. Las reglas que han dado estadísticos más altos y mayores rendimientos han sido MA15, MA20 y RSI-1, por lo tanto, vamos a escoger estas reglas para analizarlas.

Para la regla MA15, podemos observar que en el rendimiento medio diario de los días de venta X_S no se rechaza la hipótesis nula, por lo que la estrategia de comprar/mantener es mejor que la de la regla utilizada para ese caso. Pero en el caso de rendimiento medio diario de los días de compra, X_B , la regla tiene un estadístico de valor 2.03 por encima del valor crítico 1.95.

Para la regla MA20 podemos observar como los estadísticos asociados al rendimiento medio de días de compra y de venta, son muy próximos a 1.95, aunque estos valores hacen que se rechace la hipótesis nula, no podemos afirmar de manera rotunda que los rendimientos de compra y de venta son distintos que el rendimiento medio de la estrategia Comprar/Mantener X_H . Por otro lado, para la regla MA20 sí que podemos afirmar que se observa una diferencia entre rendimiento medio de los días de compra X_B es diferente al rendimiento medio de los días de venta X_S .

En el caso de la regla RSI-1 los estadísticos han sido más altos y rechazan las hipótesis nulas de manera más clara que las reglas anteriores. El estadístico más alto, como en las reglas anteriores, es aquel que establece que el rendimiento medio de los días de compra, X_B , es diferente a los rendimientos medios de los días de venta X_S .

Los estadísticos asociados al rendimiento medio de días de compra y de venta hacen que se rechace la hipótesis nula, pero no hay demasiada diferencia con el estadístico de referencia del 5% de significación.

A la vista de estos resultados no podemos concluir que estas reglas pueden probar de una manera definitiva que el índice inglés FTSE 100 se comporte de manera ineficiente.

Es importante comentar, que las reglas que hemos utilizado ofrecían un alto rendimiento, con una importante significación estadística, en el trabajo de Metghalchi [9], donde estudia estas reglas sobre el Índice General de la Bolsa de Madrid (IGBM) en el periodo 02/01/1975-31/12/2012.

Esto nos indica, que el comportamiento de las reglas sobre distintos mercados, puede ser muy diferente. Una de las posibles causas por las cuales las reglas utilizadas no tienen altos rendimientos en el índice FTSE 100 es el alto porcentaje de fallos que producen en los periodos de compra o de venta. En otras palabras, en un periodo de compra, el fallo de una regla se produce porque al terminar dicho intervalo, el rendimiento obtenido en el intervalo de compra ha sido negativo. De forma análoga, el fallo en el intervalo de venta se produce cuando se obtiene un rendimiento positivo. En la siguiente tabla 4, se indican estos porcentajes de fallos en los intervalos de días de compra y de venta.

	Intervalos de Compra	Fallos de Compra	Porcentaje de fallos de Compra	Intervalos de Venta	Fallos de Venta	Porcentaje de fallos de Venta
MA15	266	153	57.52%	290	206	71.03%
MA20	221	143	64.71%	234	172	73.50%
RSI-1	289	169	58.48%	308	213	69.16%

Tabla 4. Resultados de fallos obtenidos basados en los datos del Índice FTSE 100.

Como podemos observar el porcentaje de fallos en todas las estrategias es muy alto. A pesar de esto, las reglas siguen dando rendimientos superiores a los del mercado.

En el siguiente apartado vamos a aplicar estas reglas en otro mercado para ver su comportamiento.

3.4. Datos del Índice IBEX 35

Como hemos visto anteriormente las reglas MA15, MA20 y RSI-1 ofrecen rendimientos mejores y su significación estadística es superior a 1.95. Por tanto, estudiamos su robustez en otro mercado. Por una parte, este estudio nos permite ver si las reglas también tienen un alto nivel de significación estadística, y por otra parte, nos permite evaluar la ineficiencia del mercado.

En este caso tomamos el índice de precios de cierre diario, sin ajustar por dividendos, de la bolsa española, IBEX 35 en todo el periodo desde 29/12/1989 hasta 07/09/2011. Esta base de datos ha sido obtenida igualmente de Datastream [20] [21]. En la figura 6 se muestra la evolución diaria de los precios de cierre en el periodo de tiempo considerado.

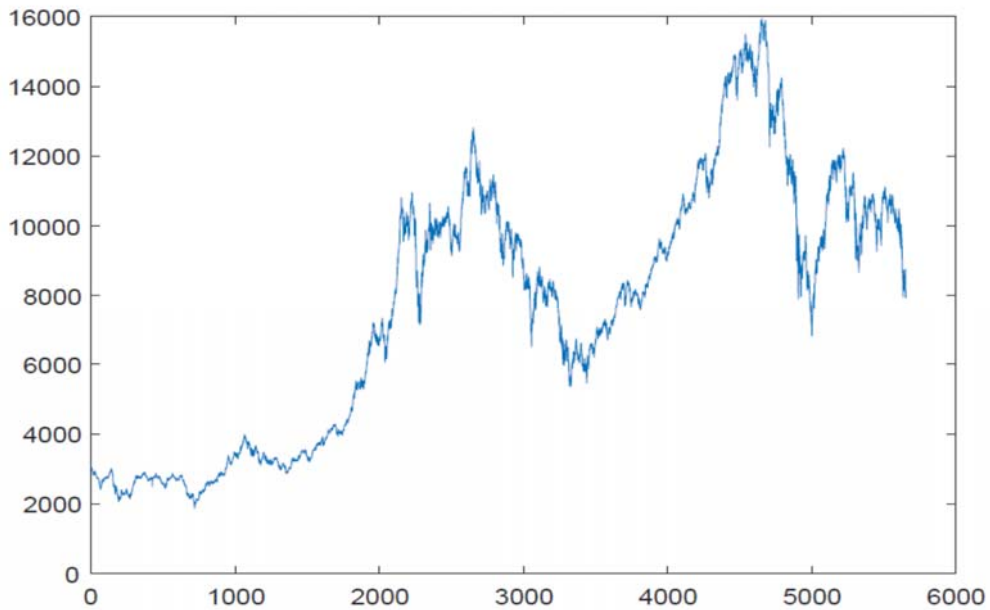


Figura 6. Histórico de precios de cierre del índice IBEX 35. El número de días considerados es de 5655 días

En la figura 7 se muestran los valores del $ACF(1)$ hasta $ACF(20)$ de los rendimientos del Ibex 35 del índice español. Los valores no superan el 0.2 por lo que no hay capacidad de predicción. Esto vuelve a corroborar la hipótesis del recorrido aleatorio para este mercado.

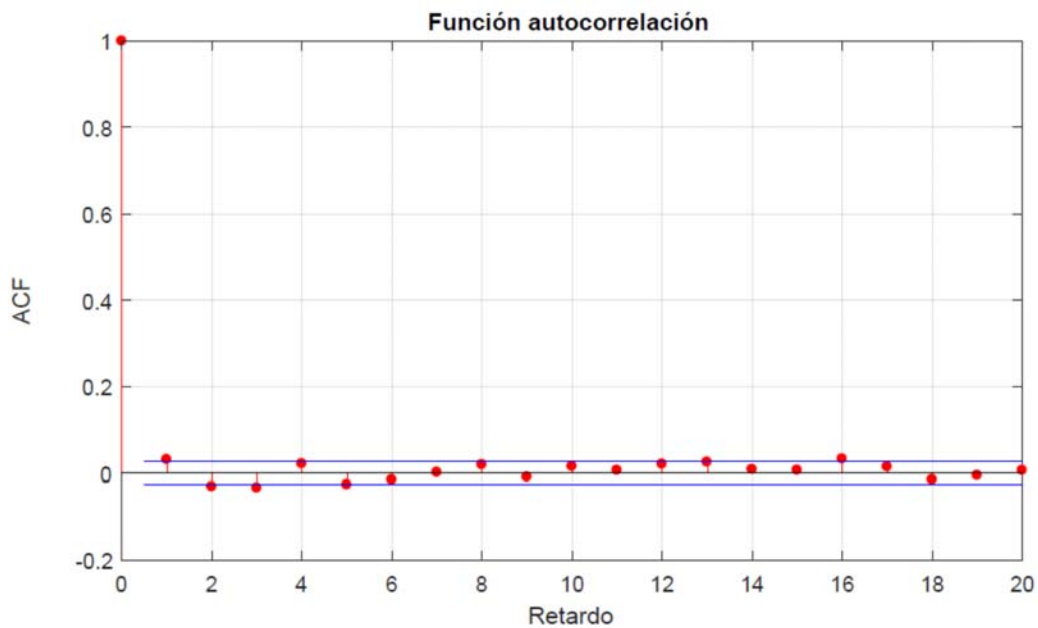


Figura 7. Función de auto-correlación para la serie temporal IBEX 35.

Por otro lado, al observar la figura 8, los rendimientos se distribuyen de manera casi simétrica con respecto al valor 0, en la tabla 5 podemos ver que el valor de skewness es -0.0461. Por otro lado, el valor de kurtosis es de 9.1027, indicando que la distribución de los rendimientos no es una distribución normal

Fechas	X_H	DS_H	skewness	kurtosis	N
29/12/1989 hasta 07/09/2011	1.7459e-04	0.0139	-0.0461	9.1027	5655

Tabla 5. Resumen de algunos estadísticos para el Índice IBEX 35.

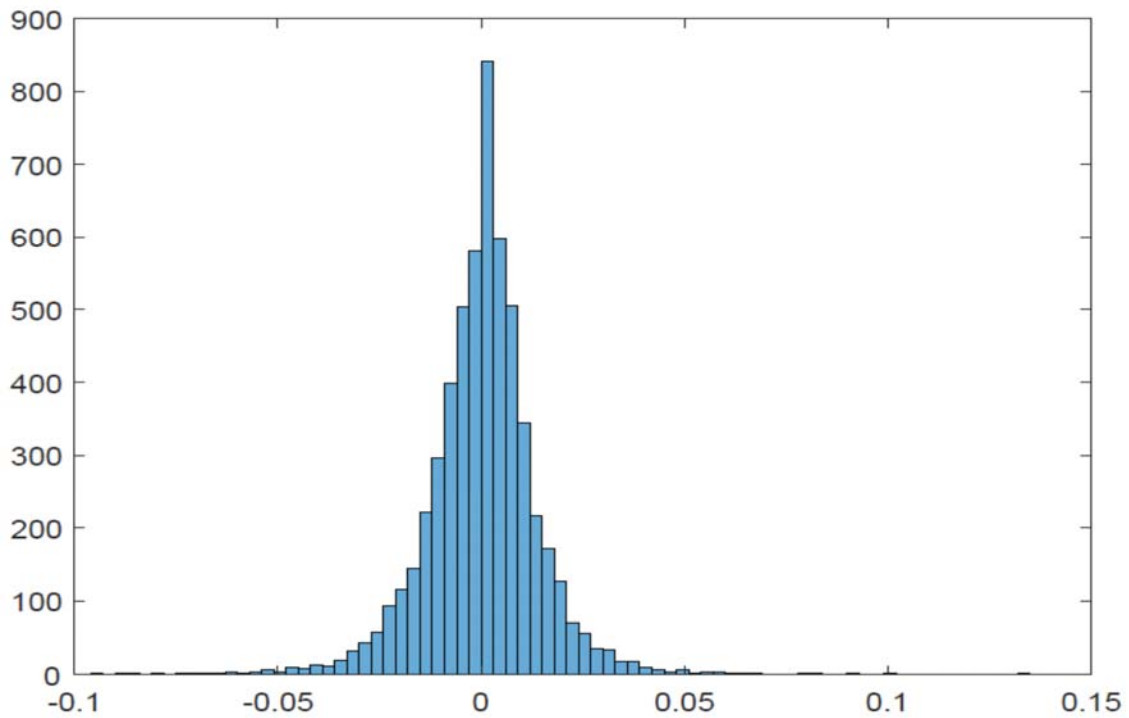


Figura 8. Histograma que muestra la distribución de los rendimientos del IBEX 35.

3.5. Comparación de las reglas para IBEX 35

En el siguiente apartado se van a estudiar las tres reglas que mejores resultados han dado para el FTSE 100, que son: MA15, MA20 y el RSI-1, y las vamos a aplicar sobre la serie temporal del IBEX 35.

Los resultados obtenidos de las reglas MA15, MA20 y RSI-1 del IBEX 35 se encuentran resumidos en la tabla 6. A primera vista, ya podemos observar como las reglas tienen unos mejores rendimientos medios diarios que los obtenidos en la tabla 3 para el índice FTSE 100.

Para la regla MA15, los estadísticos han sido más altos que en la tabla 3, dando unos mejores resultados. Se rechazan de manera clara las hipótesis nulas. Podemos decir que dicha regla se ha adaptado mejor en el IBEX 35 que en el FTSE 100.

Para la regla MA20 el rendimiento medio diario de los días de compra X_B no rechaza la hipótesis nula, por lo que la estrategia de comprar/mantener es mejor que la de la regla utilizada para ese caso. Pero en el caso de rendimiento medio diario de los días de venta, X_S , la regla tiene un estadístico de valor -2.1476 por encima del valor crítico 1.95. En este caso, esta regla, a pesar de obtener mayores rendimientos que en el FTSE 100, en el IBEX 35 no tiene mejores resultados respecto al estadístico.

La regla RSI-1 da unos resultados positivos para el IBEX 35, e incluso mejores que en la tabla 3 del FTSE 100. Los estadísticos han sido más altos y rechazan las hipótesis nulas de manera más clara que las reglas anteriores. De nuevo el estadístico más alto, como en las reglas anteriores, es aquel que establece que los rendimientos medios de los días de compra X_B son diferentes a los rendimientos medios de los días de venta X_S .

Por último, observamos en la tabla 7, que las tres reglas seleccionadas tienen un porcentaje de fallos de compra y de venta ligeramente inferiores a los del FTSE 100, mostrando un mejor comportamiento de las reglas en el IBEX 35.

Regla	X_B	X_S	$X_B - X_S$	DS_B	DS_S	N_B	N_S	Señales
MA15	8.7523e-04	-5.9628e-04	0.0015	0.0130	0.0140	3503	2832	695
	t1= 2.4432	t2= -2.4037	t3= 4.3045					

MA20	7.2056e-04	-5.0819e-04	0.0012	0.0133	0.0135	3466	2732	563
	t1= 1.8697	t2= -2.1476	t3= 3.5753					
RSI-1	9.0685e-04	-7.4034e-04	0.0016	0.0136	0.0137	3540	2842	741
	t1= 2.4901	t2= -2.8900	t3= 4.7855					

Tabla 6. Resultados obtenidos basados en los datos del Índice IBEX 35.

	Intervalos de Compra	Fallos de Compra	Porcentaje de fallos de Compra	Intervalos de Venta	Fallos de Venta	Porcentaje de fallos de Venta
MA15	253	143	56.52%	276	196	71.01%
MA20	217	131	60.37%	224	158	70.54%
RSI-1	276	160	57.97%	289	190	65.74%

Tabla 7. Resultados de fallos obtenidos basados en los datos del Índice IBEX 35.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo hemos estudiado los rendimientos medios diarios, y su significación estadística, obtenidos mediante las estrategias más populares en el Análisis Técnico: MA15, MA20, MA50, MA100, RSI-1 y RSI-2 aplicadas al índice FTSE 100 para el periodo 29/12/1989 hasta 22/09/2011. De forma análoga a otros trabajos presentados previamente en la literatura, analizamos si la aplicación de estas reglas nos permite mostrar si hay diferencias significativas o no con respecto a la estrategia propia del mercado, Comprar y Mantener.

A la vista de los resultados empíricos obtenidos en el apartado 3.3, la regla que mejores resultados ha ofrecido, teniendo en cuenta los estadísticos y los rendimientos, ha sido la regla basada en el indicador de índice de fuerza relativa RSI-1 (tabla 3), demostrando una diferencia significativa con la estrategia de Comprar/Mantener. En cambio, otras reglas, que también han dado unos estadísticos altos en otros trabajos, como son las basadas en la media móvil, MA15 y MA20, no nos permiten demostrar de manera rotunda que el índice FTSE 100 se comporte

de manera ineficiente. En este mercado estas reglas no superan claramente el valor crítico de 1,95, o en el caso de MA15, los rendimientos medios diarios de días de venta X_S no rechazan la hipótesis nula y por tanto, no se supera a la estrategia de Comprar/Mantener.

Lo anteriormente expuesto refleja claramente que una regla, que tiene una expectativa muy positiva en un mercado, puede comportarse de forma muy diferente en otro mercado. No obstante, si una regla tiene un comportamiento aceptable, en cuanto al rendimiento, en un mercado, es muy probable que suceda lo mismo en otro mercado. Por esta razón seleccionamos las tres reglas, MA15, MA20 y RSI-1 y las volvemos aplicar sobre otro mercado; en este caso, el índice español IBEX 35 de 29/12/1989 a 07/09/2011.

Los resultados empíricos, que se encuentran en el apartado 3.5, demuestran que la regla RSI-1 se ha comportado mejor en el índice IBEX 35 que en el FTSE 100.

Para la regla MA15, los estadísticos mostrados en la tabla 6 han sido más altos que en la tabla 3, dando unos mejores resultados. Se rechazan de manera clara las hipótesis nulas. Podemos decir que dicha regla se ha adaptado mejor en el IBEX 35 que en el FTSE 100.

A la vista de los resultados obtenidos (Apartados 3.3 y 3.5) a partir de las reglas usadas, no se puede concluir de una manera clara que los mercados considerados se comporten de una manera ineficiente en el sentido débil.

Para poder demostrar esta ineficiencia, se deberían estudiar nuevas reglas del Análisis Técnico en los mercados que produjeran mejores rendimientos a los indicados en este estudio. Además, se debería estudiar todos aquellos aspectos relativos al riesgo y los costes de transacción. En este trabajo no los hemos introducido, por lo que queda abierto a posibles trabajos futuros.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Antonio Calvo et al. Manual del sistema financiero español. Ed. Ariel, 2008.
- [2] A. Shleifer. Inefficient markets. An introduction to behavioral finance. Oxford University Press, 2000.
- [3] E.F. Fama. Efficient capital markets: a review of theory and empirical work, *The Journal of Finance* 25 (2), 383–417, 1970.
- [4] H. Roberts. Statistical versus clinical prediction of the stock market, unpublished manuscript, 1967.

- [5] P. Systems. La Teoría de Dow ★ Blog de finanzas Pullback. [online] Blog de finanzas Pullback. Available at: <http://www.pullback.es/la-teoria-de-dow/> , 2017.
- [6] J. Murphy and, C. G. Ganzzinelli. *Análisis técnico de los mercados financieros*. 1st ed. [Barcelona]: Gestión. 2000.
- [7] Metatrader4.com. *Plataforma MetaTrader 4 para el comercio en fórex*. [online] Available at: <https://www.metatrader4.com/es>. 2017.
- [8] J. Katz and D. McCormick. *The Encyclopedia of Trading Strategies*. McGraw-Hill, 2000.
- [9] M. Metghalchi et al. History of share prices and market efficiency of the Madrid general stock index. *International Review of Financial Analysis*, 40, 178–184, 2015.
- [10] W. Brock et al. Simple technical trading rules and the stochastic properties of stock returns. *Journal of Finance*, 47, 1731-1764, 1992.
- [11] Y. Chang et al. technical trading strategies and crossnational information linkage: The case of Taiwan stock market. *Applied Financial Economics*, 16, 731-743, 2006.
- [12] M Mantilla-Garcia. Are trading rules based on genetic algorithms profitable? *Applied Economics Letters*, 13, 123-126, 2006.
- [13] A. Skabar and I. Cloete. Neural Networks, Financial trading and the Efficient Market Hypothesis. 20th Australian Computer Science Conference (ACSC2002), Melbourne, Australia. 2002.
- [14] R. Hudson et al. A note on weak form efficiency of capital markets: The application of simple technical trading rules to UK stock prices-1935 to 1994. *Journal of Banking and Finance*, 20, 1121-1132, 1996.
- [15] I. Boboc and M. Dinica. An Algorithm for Testing the Efficient Market Hypothesis. *PLoS ONE* 8, 10, 2013.
- [16] E. Pätäri and M. Vilsika. Performance of moving average trading strategies over varying stock market conditions: The finish evidence. *Applied Economics*, 46, 2851-2872, 2014.
- [17] K. Kwon and R. Kish. Technical trading strategies and return predictability: NYSE. *Applied Financial Economics*, 12, 639-653, 2002.

[18] S. Casorali and M Colajanni. Short-term prediction models for server management in Internet-based context. *Decision Support Systems*, 48, 212-223, 2009.

[19] Investopedia. (2017). *UK Home | Investopedia*. [online] Available at: <http://www.investopedia.com/>.

[20] Thomson Reuters. (2017). *Financial*. [online] Available at: <https://www.thomsonreuters.com/en/products-services/financial.html>

[21] Thomson Reuters. (2017). *DataStream*. [online] Available at: <http://training.thomsonreuters.com/datastream/>