UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR

PROYECTO FIN DE CARRERA

TÉCNICAS DE SIMULACIÓN PARA LA VALIDACIÓN DE ESTRATEGIAS DE TRADING

Marta Díaz Baeza

Julio 2010

TÉCNICAS DE SIMULACIÓN PARA LA VALIDACIÓN DE ESTRATEGIAS DE TRADING

AUTOR: Marta Díaz Baeza
TUTOR: Marcos Aza Hidalgo (Empresa: Intelectia Capital)
TUTOR: Doroteo Torre Toledano

Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid
Julio 2010

Resumen: El proyecto fin de carrera trata de conseguir encontrar al menos una estrategia de trading que, llevada a mercado real, proporcione una alta rentabilidad. Para ello, se parte de una idea inicial: la búsqueda y detección de estacionalidades horarias en 6 activos financieros diferentes (subyacentes). Una vez realizado el estudio, se seleccionan aquellas series horarias que cumplan con los requisitos mínimos establecidos y se construyen unas estrategias básicas de trading para cada una de ellas (o ninguna, si no hay series seleccionadas). Se utilizan medidas de rendimientos, tales como el NetProfit y el Drawdown, para evaluar las distintas estrategias. De entre todas las posibles, se escoge la mejor opción en cada subyacente no descartado y se optimizan sus parámetros. Una vez hecha dicha optimización, aquella o aquellas estrategias que den una alta calidad estadístico-financiera serán las elegidas para entrar en mercado real.

Palabras Claves: sistemas de trading, subyacentes, rendimientos, series temporales, test de Wilcoxon, estacionalidad, CALMAR, NetProfit, Drawdown, optimización.

Abstract: The purpose of this project is to create, at least, one automatic trading strategy that performs well, meaning with attractive returns on real markets. In that line, we based our research in the next idea: to search and detect stationary parameters on hourly slot periods within six securities or underlyings. Once the study is done, we select those hourly slot periods that fulfill the minimum requirements in the filter process and build basic strategies for each hourly slot (or none, if no one is selected). We have used measures of returns or statistics criteria, such as Netprofit and/or Drawdrown, to evaluate the strategies. Among all of them possible, we select the best choice for each underlying and optimize its parameters. Once the optimization is concluded, the strategy/es with better statistics data will be selected to be incorporated on the real market portfolio.

Key words: trading systems, underlying, return, time series, Wilcoxon's test, seasonality, CALMAR, NetProfit, Drawdown, optimization.

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a mis tutores Marcos Aza y Lluís Navarro el tiempo y dedicación que han mostrado no sólo para hacer posible este proyecto, sino por enseñarme y compartir conmigo sus conocimientos de trading.

En segundo lugar, agradecer a Intelectia Capital la oportunidad que me ha brindado en formar parte de su equipo.

En tercer lugar, agradecer a Doroteo Torre aceptar ser mi ponente en un proyecto de este ámbito.

En cuarto lugar, agradecer el apoyo que he recibido de mis padres y mis hermanos durante mi largo camino de vida universitaria, ya que no ha sido precisamente todo un camino de rosas.

En último lugar, y por supuesto el más importante, agradecer de todo corazón todo el apoyo, ánimo, tiempo, dedicación, cariño y consejos que he recibido de mi hermano Javier. Le doy las gracias por haberme dado la oportunidad de terminar mis estudios en la Escuela Politécnica Superior de la U.A.M. Le doy las gracias por abrirme los ojos y darme a conocer todo acerca del mundo del trading. Le doy las gracias por seguir apoyándome y orientándome en mi carrera profesional. Y le doy las gracias por estar donde estoy y conseguir que disfrute con mi trabajo.

Índice de Contenidos

Índice de Figuras **9**

Índice de Tablas **10**

1. Introducción **13**
1.1. Motivación 14
1.2.Objetivos 17
1.3.Organización de la memoria 19

2. Estado del Arte **21**
2.1. La búsqueda de una estrategia 24
2.1.1. Análisis Chartista 25
2.1.1.1. Gráficos de velas 25
2.1.1.2. Gráficos de líneas 26
2.1.1.3. Gráficos de barras 27
2.1.1.4. Gráficos de punto y figura 28
2.1.1.5. Tendencias y figuras 28
2.1.2. Análisis Técnico 33
2.2. Backtesting 35
2.2.1. Plataformas de simulación 35
2.2.2. Medidas de rendimiento 36
2.2.3. Optimizaciones 38
2.2.4. Comprobación de la estrategia 38
2.3. Interacción con el mercado 39

3. Construcción y Caracterización de la Base de Datos **41**
3.1. Proceso de ajuste de las series 43
3.1.1. Primera Fase: Regularización 44
3.1.2. Segunda Fase: Muestreo 45
3.2. Caracterización de las series 47
3.2.1. Tests no paramétricos 48
3.2.2. Estudio previo de las series 49
3.2.2.1. Normalidad 49
3.2.2.2. Homocedasticidad 52
3.2.2.3. Conclusiones 55

4. Desarrollo y Diseño **57**
4.1. Análisis de series temporales …….. 58
4.1.1. Estudio no paramétrico: detección de estacionalidades ... 58
4.1.1.1. Test de Wilcoxon …….. 58
4.1.1.2. Test de la T …… 59
4.1.1.3. Resultados ……. 60
4.2. Diseño simple de la estrategia …… 68
4.2.1. Primeros resultados …….. 70
4.2.2. Evaluación de los distintos escenarios ……. 71
4.2.3. Características de las ventanas seleccionadas ……..… 75
4.2.3.1. Resultados ……. 77

5. Resultados y Optimizaciones **81**
5.1. Análisis de las distintas estrategias ……. 82
5.1.1. Regresiones con la evolución del mercado …….. 82
5.1.2. Resultados …… 84
5.1.2.1. Estrategia 1 : Regresiones y correlación…….84
5.1.2.2. Estrategia 2: Regresiones y correlación……..85
5.1.2.3. Estrategia 3: Regresiones y correlación…….….86
5.1.3. Otros parámetros de diseño ……..... 87
5.2. Validación de las distintas estrategias …….…... 90
5.2.1. Escenarios finales …….…..... 91
5.3. Optimizaciones ……..….. 93
5.3.1. Estrategia 1 ……... 93
5.3.2. Estrategia 2 ……... 94
5.3.3. Conclusiones ……..... 95

6. Conclusiones y Trabajo Final **99**

7. Referencias **103**

8. Anexo **107**

8.1. Presupuesto …….…..... 108

8.2. Pliego de condiciones…….……... 109

Índice de Figuras

1.1. Ejemplo de gráfico de velas …….. 14
2.1. Gráfico de velas ……. 23
2.2. Gráfico de barras …… 24
2.3. Gráfico de punto y figura ……... 25
2.4. Gráfico de tendencias …… 26
2.5. Gráfico de H-C-H …….. 27
2.6. Gráfico de triple techo ……... 28
2.7. Esquema de interacción con el mercado real …… 33
3.1. Hipótesis de test …… 40
4.1 Ejemplo gráfico de velas 1hora ……. 52
4.2. Ejemplo gráfica de volumen de 8:00 día 1 a 22:00 día 2 …….. 59
4.3. Rendimiento estrategia 1 ……... 63
4.4. Rendimiento estrategia 2 ……... 64
4.5. Rendimiento estrategia 3 ……...… 65
4.6. Skewness de las series finales ……..……... 67
4.7. Cuartiles de las series finales …… 67
4.8. Visualización gráfica de los datos estrategia 1 ……. 69
4.9. Visualización gráfica de los datos estrategia 2 ……. 70
4.10. Visualización gráfica de los datos estrategia 3 ……. 70
5.1. Ejemplo gráfico de velas de 15 minutos. StopProfit …… 80
5.2. Rendimientos estrategia 1 ……. 82
5.3. Rendimientos estrategia 2 ……. 83

Índice de Tablas

3.1. Salida de α's de Shapiro para Subyacente 1 ……..…….. 43
3.2. Salida de α's de Shapiro para Subyacente 2 ……... 43
3.3. Salida de α's de Shapiro para Subyacente 3 ……... 44
3.4. Salida de α's de Shapiro para Subyacente 4 ……... 44
3.5. Salida de α's de Shapiro para Subyacente 5 ……... 44
3.6. Salida de α's de Shapiro para Subyacente 6 ……... 44
3.7. Salida de α's de Homocedasticidad para Subyacente 1 …….. 47
3.8. Salida de α's de Homocedasticidad para Subyacente 2 …….. 47
3.9. Salida de α's de Homocedasticidad para Subyacente 3 …….. 47
3.10. Salida de α's de Homocedasticidad para Subyacente 4 ……..... 47
3.11. Salida de α's de Homocedasticidad para Subyacente 5 …… 47
3.12. Salida de α's de Homocedasticidad para Subyacente 6 …… 47
4.1. Análisis Subyacente 1 en ventanas de 1 hora …… 53
4.2. Análisis de Subyacente 1 en ventanas de 2 horas ……... 53
4.3. Análisis de Subyacente 1 en ventanas de 4 horas ……... 53
4.4. Análisis Subyacente 2 en ventanas de 1 hora …… 54
4.5. Análisis de Subyacente 2 en ventanas de 2 horas ……... 54
4.6. Análisis de Subyacente 2 en ventanas de 4 horas ……... 54
4.7. Análisis Subyacente 3 en ventanas de 1 hora …… 55
4.8. Análisis de Subyacente 3 en ventanas de 2 horas ……... 55
4.9. Análisis de Subyacente 3 en ventanas de 4 horas ……... 55
4.10. Análisis Subyacente 4 en ventanas de 1 hora ……... 56
4.11. Análisis de Subyacente 4 en ventanas de 2 horas …… 56
4.12. Análisis de Subyacente 4 en ventanas de 4 horas …… 56
4.13. Análisis Subyacente 5 en ventanas de 1 hora ……... 57
4.14. Análisis de Subyacente 5 en ventanas de 2 horas …… 57
4.15. Análisis de Subyacente 5 en ventanas de 4 horas ……..… 57
4.16. Análisis Subyacente 6 en ventanas de 1 hora ……...… 58
4.17. Análisis de Subyacente 6 en ventanas de 2 horas …… 58
4.18. Análisis de Subyacente 6 en ventanas de 4 horas …… 58

4.19. Selección de franjas horarias …… 61
4.20. Franjas horarias Subyacente 1 …….. 62
4.21. Franjas horarias Subyacente 4 ……..… 62
4.22. Franjas horarias Subyacente 5 …….. 62
4.23. Resultados desviación típica ……. 68
4.24. Resultados Skewness y kurtosis ……... 68
5.1. Regresiones Estrategia 1 ……. 75
5.2. Correlación Estrategia 1 ……. 76
5.3. Regresiones Estrategia 2 ……. 76
5.4. Correlación Estrategia 2 ……. 77
5.5. Regresiones Estrategia 3 ……. 77
5.6. Correlación Estrategia 3…….. 78
5.7. Mejoras en estrategias básicas …… 81
5.8. Parámetros máximos para optimización 1 …….. 84
5.9. Parámetros de re-optimización 1 …… 85
5.10. Parámetros máximos para optimización 2 …… 85
5.11. Parámetros de re-optimización 2 …….. 85

1. Introducción

Muchos son los que a lo largo de toda la historia de los mercados bursátiles han intentado predecir el comportamiento futuro de estos. Sin embargo, y como es evidente, no existe una fórmula mágica para resolverlo. Cada analista financiero utiliza sus técnicas de trabajo, usando diferentes estadísticos para su análisis, sacando sus propias conclusiones y actuando de manera propia.

A lo largo de las últimas décadas, gracias a los avances de las nuevas tecnologías, se ha abierto un nuevo camino de investigación para la búsqueda de poderosas estrategias de trading: los **sistemas automáticos de trading**. Sin embargo, la eficiencia de éstas no está exenta de problemas y dificultades.

1.1. Motivación

Debido a lo explorable que puede llegar a ser este campo y a lo insaciable que puede llegar a convertirse la búsqueda por un eficiente modelo de trading, este proyecto trata de llegar a conseguir dicho objetivo.

Se puede hacer infinidad de estudios de mercado: se puede hacer un análisis a través de ciertas figuras conocidas a partir de los gráficos de velas[1] (una figura conocida, por ejemplo, es un canal o un triángulo como se muestra en la *figura1.1*); se puede hacer uso de datos estadísticos (como, por ejemplo, la media móvil y el volumen que se ven en la *figura1.1*); se puede hacer un estudio de ciertos datos como la liquidez, las ventas, los dividendos de una empresa (si se opera con las acciones de una determinada empresa, por ejemplo); se puede operar, además, teniendo en cuenta determinadas noticias relevantes (políticas, sociales, económicas…)…

Lo normal es utilizar una mezcla de éstas. Sin embargo, el componente más importante que suele llevar al fracaso en el trading es el factor emocional. Esto es algo que se puede controlar, en ciertos rangos, con una potente técnica: los, ya nombrados, **sistemas de trading**. Estos son un conjunto de reglas, muy bien estructuradas, en las que se basan las operaciones (trades) que se van a llevar a cabo en el mercado real. No es tanto el tener complejos programas matemáticos en el que la máquina opere de forma autónoma, sino más bien tener unas reglas de entrada y salida bien claras, sencillas y muy bien definidas.

Por ello, crear un buen sistema automático, no es 100% fiable, pero conlleva ciertos beneficios:

- No depende del estado emocional.

[1] Un gráfico de velas es un tipo de gráfico muy utilizado en el análisis técnico bursátil. En el *Estado del Arte* se explica con más detalle.

- Es objetivo a la hora de tomar decisiones, ya que se basa en los parámetros que, previamente, se han diseñado y no, por especulación, intuición…

- Se puede tener una idea aproximada de los resultados que puedan generar, tanto para bien como para mal.

Sin embargo, no van a ser todo ventajas. Cierto inconveniente que puede llevar tomar este camino es que, por ejemplo, no se tienen todas las señales en cuenta. Cuando suceden ciertas noticias relevantes, en el que se sospecha cómo van a influir en el mercado, el sistema no lo va a tener en cuenta. Además, un problema importante es que un sistema no funciona de por vida, puede dejar de funcionar en cualquier momento.

***Figura1.1**. Ejemplo de gráfico de velas. Cada vela representa el movimiento del precio diario (te da información sobre el precio de cierre, de apertura, el máximo y el mínimo del día). En este gráfico, se han formado dos figuras conocidas: un triángulo (mitad izquierda) y un canal (arriba derecha). Asimismo, se observa la media móvil del precio (línea azul) y el volumen de mercado que hay en cada momento (líneas verticales de la parte inferior del gráfico).*

La línea de investigación que se sigue en este proyecto es el de estudiar estacionalidades de determinadas series para generar una buena estrategia de trading.

Esta línea ha sido, y es seguida, por otros analistas, pero debido a la gran cantidad de variables posibles que se pueden tener en estudio, hacen que la solución no sea trivial.

Se pueden tener en cuenta, así como diferentes mercados financieros en los que operar (mercados de materias primas, de divisas, de bonos…), diferentes tipos de estacionalidades (mensual, diaria, por ventanas de una hora…), diferentes irregularidades en las series (días festivos, ausencia de datos…), diferentes test con los que evaluar la serie, diferentes parámetros con los que comparar (volumen, volatilidad…). Todo ello da lugar a que, debido a las diferentes posibilidades a tener en cuenta, se puedan diseñar diferentes estrategias y concluir en diferentes resultados.

Una vez diseñada una estrategia, hay que probarla en mercado simulado, ya que, a pesar de que todos los datos que se han tenido en cuenta son de mercado real, sólo se ha probado su eficiencia con datos históricos. Los resultados finales no siempre van a ser los esperados y, por supuesto, si funciona, no es un sistema que funcione de por vida. El mercado va cambiando a lo largo del tiempo y, al igual que éste, puede que la estrategia también tenga que hacerlo.

Conforme se van desarrollando sistemas, se van encontrando nuevos enfoques que hacen que se vaya mejorando los sistemas existentes, o incluso, generen unos nuevos.

1.2. Objetivos

El objetivo de este proyecto es el de la implementación de una estrategia de trading. Esto no significa que las conclusiones finales de la estrategia nos determinen buenos resultados. Sin embargo, en caso de no ser positivos, sí que aportará información sobre con qué parámetros no se debe trabajar o cómo se pueden modificar para su mejora, qué puntos no nos aporta nada de información o, simplemente, comprobar con qué tipo de estrategia no se puede predecir el mercado.

A pesar de todo, el objetivo a seguir es, evidentemente, el de una estrategia de trading que dé alta rentabilidad.

Para ello, el objetivo que se persigue es el de la búsqueda de estacionalidades en unas determinadas series financieras. Las series escogidas han sido en subyacentes de mercado de futuros[1]. Los subyacentes escogidos no se van a nombrar por tema de confidencialidad. Se escogerán 6 subyacentes diferentes a los que se enumerarán del 1 al 6.

A grandes rasgos, la elección de por qué operar en este tipo de mercados es por lo siguiente:

- Posibilidad de operar en mercados tanto a la baja como a la alza, permitiendo posicionarnos largos (comprando) o cortos (vendiendo) en función de las expectativas del mercado.
- Las comisiones a la hora de operar son mucho menores que comprar igual nominal del contrato de futuros, pero en acciones.
- Cuando se adquiere un contrato de futuro, no se necesita desembolsar todo el importe del mismo, sólo se desembolsan las garantías.

Sin embargo, hay que tener cuidado con este mercado. Como ya se ha comentado, no desembolsamos la totalidad de lo invertido, sino tan sólo una pequeña parte, denominada garantía. Por lo que, se puede operar con más dinero del que se tiene y ganar, por ejemplo, diez veces más del dinero invertido. Sin embargo, asumiendo el enorme riesgo de que si se pierde, se pierde diez veces más que el inicial invertido.

Una vez hecha esta pequeña introducción, las series a estudiar son la de los precios de cierre con los que está cotizando cada futuro en cada momento. La serie será diferente en función de qué estudio se esté realizando, es decir, cada cuánto tiempo se esté tomando esos precios de cierre. Los precios a escoger pueden ser por minutos, por horas, por días, por meses… dependiendo del análisis. En este caso, los precios de cierre a estudiar son por horas.

[1]Los mercados de futuros son aquellos en los que se establece un tipo de contrato o acuerdo que obliga a las partes contratantes a comprar o vender una cantidad determinada de un producto, con un precio establecido de antemano y para una fecha futura y concreta.

Esas series seleccionadas son las que serán objeto de estudio, analizando sus distintas propiedades y buscando alguna serie que se diferencie del resto muy significativamente.

Para ello, los principales objetivos a realizar son los siguientes:

- Hacer un estudio exhaustivo de todas las series, buscando su caracterización y descartando aquéllas que den unas propiedades de baja calidad, según se definirá posteriormente.

- Detección de estacionalidades en las series, mediante la aplicación de diferentes tests. Para ello, habrá que corroborar que las condiciones iniciales que imponen los tests aplicados son cumplidas por las series bajo estudio.

- Diseño e implementación de las estrategias escogidas con cada serie seleccionada.

- Evaluación de los distintos escenarios generados.

- Validación de las distintas estrategias en función de la calidad estadístico-financiera.

- Optimización final de los parámetros.

El objetivo de este proyecto es llegar a tener al menos una estrategia que aporte altos beneficios. Por lo tanto, se parte de muchas series objetos de estudio que pueden generar, cada una de ellas, una propia estrategia. Conforme se va avanzando en el proyecto, se irán rechazando distintas series, diseños o escenarios y, con ello, descartando malas estrategias futuras. De modo que, finalmente, quedarán unas pocas estrategias, o puede que ninguna, con las que se analizará si sus resultados son lo suficientemente buenos como para entrar a operar en mercado real.

1.3. Organización de la memoria

Según se ha explicado anteriormente los objetivos del proyecto, la organización de la memoria va a seguir unas pautas similares a la de los objetivos mencionados.

Por tanto, la organización de la memoria a seguir es la siguiente:

Capítulo 1: Introducción

Se explica brevemente el objetivo que persigue este proyecto fin de carrera y los pasos que hay que seguir.

Capítulo 2: Estado del arte

Se explica brevemente cómo funcionan los mercados financieros y los métodos que los analistas intentan seguir para poder llegar a una buena estrategia de trading.

Capítulo 3: Construcción y caracterización de la base de datos

Se hace un planteamiento inicial de qué tipo de datos se necesita, cómo se manipulan para ser útiles, qué datos concretos se almacenarán para ser objeto de estudio y la caracterización de las series resultantes.

Capítulo 4: Diseño y desarrollo

Se realizará un análisis de las distintas series de datos escogidas para la detección de estacionalidades. Una vez se seleccionan, se implementará una primera fase de diseño básico de estrategias.

Capítulo 5: Resultados y optimizaciones

Se procederá a la evaluación de distintos escenarios, a su optimización y a la validación de las estrategias diseñadas en función de la calidad estadístico-financiera.

Capítulo 6: Conclusiones y trabajo futuro

Conclusiones finales del proyecto sobre cuánta información se ha podido sacar de los estudios realizados y qué valor tiene esa información. También, se comentará qué trabajo futuro se puede realizar a partir de las conclusiones aquí sacadas.

2. Estado del Arte

Como ya se ha comentado anteriormente, un sistema de trading es un algoritmo que genera automáticamente órdenes de compra y venta en mercado. Su objetivo es predecir el futuro de éste, basándose en toda estrategia que se pueda llevar a la implementación. Para ello, existen diferentes softwares y plataformas que facilitan la labor e interactúan con el mercado real para operar de forma automática.

El factor humano juega un papel importante ya que, por errores de estos, se puede llegar a perder muchísimo dinero. Sin embargo, el factor emocional es el más importante. Éste puede llevar a errores graves en momentos de máximo estrés, incluso yendo por caminos que no cumplen con la estrategia inicial. Sin embargo, estos errores se pueden reducir considerablemente automatizando los métodos. De ahí, que muchos se hayan decantado por el mundo de los sistemas automáticos de trading, aunque este camino también conlleva muchas dificultades para el éxito.

Lo primero de todo, antes de desarrollar el Estado del Arte, comentar a grandes rasgos cómo y dónde se puede operar. Evidentemente, es algo más complicado que lo comentado a continuación, pero el objetivo de este apartado no es el de argumentar en qué consiste la bolsa, sino de explicar qué se hace actualmente para llegar a desarrollar una estrategia de trading. Sin embargo, para saber de qué se está hablando, se darán ciertas pautas básicas sobre mercados, como las que se comentan a continuación (así como en determinadas partes a lo largo del proyecto).

Dicho esto, de forma muy general, el esquema a seguir a la hora de operar en bolsa es el siguiente:

1) Lo primero, es necesario decidir en qué mercado se va a operar: **Exchange Markets**. Cada uno cobra sus propias comisiones y cada uno tiene sus propios productos en los que operar.

   Los principales mercados son los siguientes:

   - US: Chicago Mercantil Exchange (CME), Chicago Board of Trade (CBoT), New York Mercantil Exchange (NYMEX)
   - Europa: EUREX (Mercado de derivados más importante)
   - Corea: KOSPI
   - Japón: TOPIX
   - España: MEFF (mercado de derivados), BOLSA (mercado al contado).

2) Lo segundo, es necesario saber en qué tipo de activos se quiere operar: **Asset Class**. Existen dos tipos de activos:

   a. **SPOT (contado):** Se refieren a los activos financieros. Dentro de estos se diferencian 4 tipos:

      i. Fixed Income (Bonos): Bonos de Estado (US, Alemania…), Bonos Corporativos (JPMorgan, Microsoft…)

      ii. Equity Indexes: son índices que componen las mejoras empresas de cada territorio. En US está el Down Jones, S&P500 o NASDAQ. En Alemania, el DAX. En Francia, el CAC40. En EU, el EUROSTOXX50. En España, el IBEX35.

      iii. Commodities (materias primas): Petróleo (gasolina, gasóleo…), metales preciosos (plata, oro…), Soft Commodities (azúcar, café…)…

      iv. FX o FOREX: cambio de moneda del euro, dólar americano, el yen japonés…

   b. **Derivados:** productos que se basan en el precio de activos. De ahí, su nombre: derivan del precio de un activo financiero. Principalmente, se pueden encontrar:

      i. Futuros: se establece un tipo de contrato o acuerdo que obliga a las partes contratantes a comprar o vender una cantidad determinada de un producto, con un precio establecido de antemano y para una fecha futura y concreta.

      ii. Opciones: contrato entre dos partes por el cual una de ellas adquiere sobre la otra el derecho, pero no la obligación, de comprarle o de venderle una cantidad determinada de un activo a un cierto precio y en un momento futuro.

      iii. Swaps: Contrato en el que las partes se comprometen a intercambiar flujos financieros en fechas posteriores, las que deben quedar especificadas en el momento de la celebración del contrato.

3) Una vez decidido en qué tipo de activo se quiere operar, decidir qué **producto** en concreto (oro, petróleo, IBEX35, Microsoft…).

Una vez decidido en dónde se va a operar, es fundamental tener ciertas técnicas o conocimientos que sean de ayuda para tomar decisiones sobre las operaciones.

Centrándose más en la parte de la inversión referida al trading automático, hay una serie de pasos que hay que seguir y una serie de plataformas necesarias para la implementación.

Lo primero de todo es llegar a encontrar una idea que se pueda definir, desarrollar e implementar. Cada paso lleva su complicación. Ni todas las buenas ideas son implementables, ni todas las ideas factibles de implementar son buenas. Lo segundo es implementar esa idea en un lenguaje de programación. Lo tercero, hacer un backtesting para comprobar la calidad del sistema. Y lo cuarto, ejecutarlo en mercado real.

2.1 La búsqueda de una estrategia

Encontrar una idea de trading es complicado, pero no imposible. Hay cientos de ideas que se puede encontrar de forma pública. Esto no significa que dichas ideas o informaciones funcionen, pero sí dan un punto de partida. Hay muchas revistas, libros, periódicos, sitios web, foros… en los que encontrar información. A partir de ellos, se puede también empezar a trabajar.

El tipo de estrategia dependerá de qué tipo de operaciones se quiere realizar: operaciones a corto plazo, medio plazo o largo plazo. También es necesario tener claro que la idea habrá que programarla y, posteriormente, optimizarla. Por tanto, una estrategia muy compleja no será viable. Otros puntos son saber de qué capital se dispone, qué riesgos se está dispuesto a soportar, en qué mercado se quiere operar…

Un punto clave en la toma de decisiones, maximizando el porcentaje de aciertos y minimizando el porcentaje de error, es el **Análisis Técnico**. Éste se basa en el estudio del comportamiento del mercado y su principal herramienta son los **charts**: gráficos en los que se representan las cotizaciones del mercado. Se puede hacer un estudio a través de las diferentes figuras que formen a lo largo del tiempo y a través de determinados osciladores e indicadores.

Aunque todo analista dispone de las mismas herramientas, cada uno usa las que cree más convenientes, interpreta los datos de manera personal y actúa de forma diferente a otro trader (operador de mercado) que dispone de la misma información.

2.1.1. Análisis chartista

"Los primeros chartistas aparecieron en EE.UU a finales del siglo XIX. Entre ellos estaba Charles Dow, el autor de una famosa teoría sobre el mercado de acciones, y Willliam Hamilton, quien sucedió a Dow como redactor jefe del Wall Street Journal. La famosa máxima de Down era: "los promedio lo integran todo". Quería decir que los cambios en los índices de Dow Jones Industrial y Dow Jones Rail reflejaban todo el conocimiento y esperanzas existentes en la economía y mercado de acciones." [*"Vivir del trading, Alexander Elder. Tema 3 pg. 98"]*.

Los chartistas estudian la marcha del mercado, tratando de identificar patrones de precios recurrentes. Los gráficos, medio principal en los que se basa el análisis técnico, dan una visión de cómo evoluciona el mercado y la tendencia que va llevando. A partir de ellos, se pueden analizar diferentes figuras que se forman y predecir el comportamiento futuro. Con estas formaciones también se suelen hacer algoritmos matemáticos para su detección y, dependiendo de qué formación o formaciones se tengan en cuenta, se tendrán diferentes sistemas de trading.

Los gráficos tienen diferentes formas de ser representados:

2.1.1.1 Gráficos de velas

Este tipo de gráficos, también llamados velas japonesas, son los más utilizados: dan la mayor información de manera visual. Aporta una idea sobre la volatilidad que van tomando los precios, el precio de cierre, de apertura, máximo y mínimo de cada período (según cuánto tiempo representa cada vela), aunque, según Steve Nison (autor de *Japanese Candlestick Charting Techniques*), los Japoneses dan poca importancia a los puntos relacionados con los extremos.

Para verlo de forma más clara, el siguiente ejemplo da una idea de cómo funciona este tipo de gráfico:

Figura 2.1 Gráfico de velas
[Plataforma Tradestation]

De un solo vistazo, se puede observar si al terminar el período, se ha elevado el precio o ha disminuido. En el primer caso, se trata de la vela verde que describe una tendencia alcista y en el segundo caso, de la vela roja, que describe una tendencia bajista.

Los traders han investigado la relación entre los precios de apertura y cierre durante varias décadas, llegando a la conclusión de que los precios de apertura ocurren sobre todo cerca de los máximos o mínimos de las barras cotidianas. [“*Vivir del trading, Alexander Elder. Tema 3, pg. 94]*. Las compras y ventas de los aficionados crean un clima emocional a partir del cual los precios evolucionan durante el día.

2.1.1.2. Gráficos de líneas

En este tipo de gráficos, sólo se representan las cotizaciones del precio de cierre y no se puede ver la volatilidad que va tomando el precio. Es un gráfico que sirve si sólo se quiere ver la tendencia que va tomando el mercado, pero se pierde mucha información en comparación con el de velas.

Un ejemplo de estos gráficos es el siguiente:

Figura 2.2. Perspectiva de la evolución de IBM de 10 años
["El inversor visual, John Murphy". Tema 2, pg. 22]

En el gráfico se observa qué evolución ha tenido el precio de las acciones de IBM a lo largo de los años. Este precio hace referencia al precio de cierre de final de cada mes.

2.1.1.3. Gráficos de barras

Es un tipo de gráfico parecido al de velas. Se trata de barras verticales en las que se pueden ver el precio máximo, el precio mínimo y el de cierre. Las barras, al igual que las velas, pueden ser de diferentes períodos: por horas, diarios, semanales…

Los gráficos de barras consisten en lo siguiente:

Figura 2.3 Gráfico de barras del S&P500.
["El inversor visual", John Murphy. Tema 2, pg. 58]

Para cada unidad de tiempo, se traza una línea vertical que comienza en la cotización mínima y termina con la cotización máxima. La cotización de cierre se señala sobre la recta vertical mediante una pequeña barra horizontal hacia la derecha.

Cada barra de precios está proporcionando una idea sobre cuál es el equilibrio existente entre los operadores alcistas y los bajistas. Tal y como explica John Murphy en su libro, los precios de apertura los fijan los aficionados, cuyas órdenes se acumulan durante la noche y aparecen en el mercado por la mañana. Los precios de cierre los establecen los profesionales del mercado que especulan durante el día.

2.1.1.4. Gráficos de punto y figura

Este sistema de gráfico es más complicado que los anteriores, utilizando sistemas de puntos y cruces. Estos son la versión original de las gráficas intra diarias en los principios de su uso. A continuación, se muestra un ejemplo:

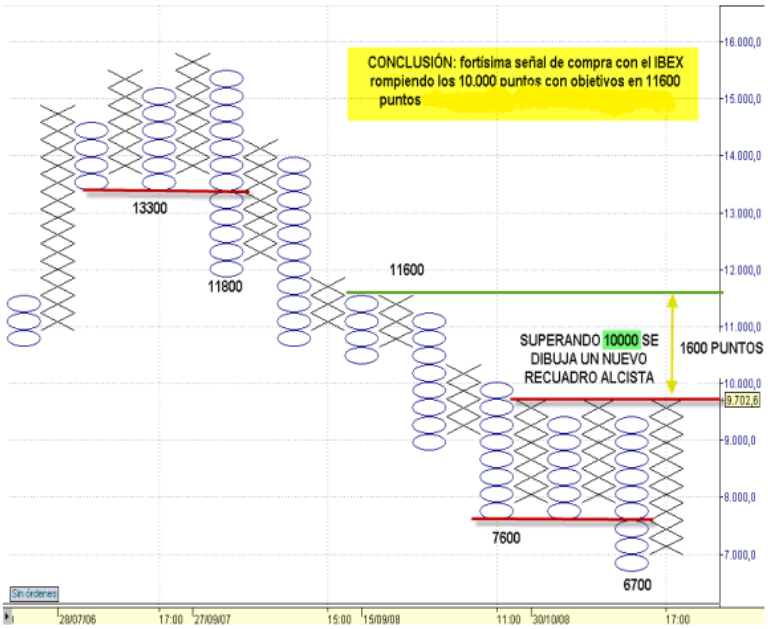


Figura 2.3 Gráfico de punto y figura del IBEX35
["www.labolsa.com", sección Cómo Invertir]

En el eje vertical se representan las cotizaciones y en el horizontal, los cambios de tendencias debido a subidas y bajadas de los precios de los valores del mercado considerado. Cuando hay una subida del precio relevante, se anota con una cruz y cuando haya una bajada de precio relevante se dibuja con un punto. Ese precio "relevante" se ha de establecer con anterioridad y decidir cada cuánta variación del precio se supone significativa para poner un punto o una cruz.

2.1.1.5 Tendencias y figuras

A partir de los gráficos comentados anteriormente, usualmente con el gráfico de velas, se hacen estudios para ver la tendencia que lleva el mercado y las diferentes figuras que se forman.

El origen de los movimientos de los mercados financieros es el comportamiento de una gran masa de individuos que van tomando posiciones en el mercado según la predicción de cada uno. El mercado se va moviendo por las diferentes opiniones contrapuestas y cambiantes de los inversores. Esto hace que, a priori, sea imposible creer que se pueda predecir el movimiento de los precios. Sin embargo, la historia demuestra que la actuación del ser humano en su conjunto es, en cierto modo, constante [*"Indicadores para el análisis de los mercados bursátiles", Javier López y Alejandro Sáez.* Tema 1, pg. 8]. Es decir, ante situaciones similares, el ser humano actúa de forma

parecida, no idéntica, pero sí con las suficientes similitudes como para que se pueda identificar comportamientos generales de la evolución del mercado a partir de un estudio de la historia pasada.

El concepto de tendencia es de los más importantes en el análisis técnico. Este concepto se puede definir como la dirección mediante la cual se orienta el mercado. La dirección que toma éste no va de forma directa, sino que se alterna con pausas o correcciones en sentido contrario.

Saber qué tendencia lleva el mercado nos aportará bastante información, aunque el mercado puede cambiar repentinamente su tendencia en el momento en que entremos a operar. De forma muy básica, para saber qué dirección lleva, se necesitan dos puntos para formar una línea y un tercer punto que confirme esa línea. Las tendencias se tienen en cuenta en función del período que tomemos. En un momento dado, se puede estar en una tendencia alcista iniciada hace 5 meses (tendencia principal) y, a la vez, estar bajo una tendencia bajista que se ha iniciado hace 2 semanas (tendencia a corto plazo).

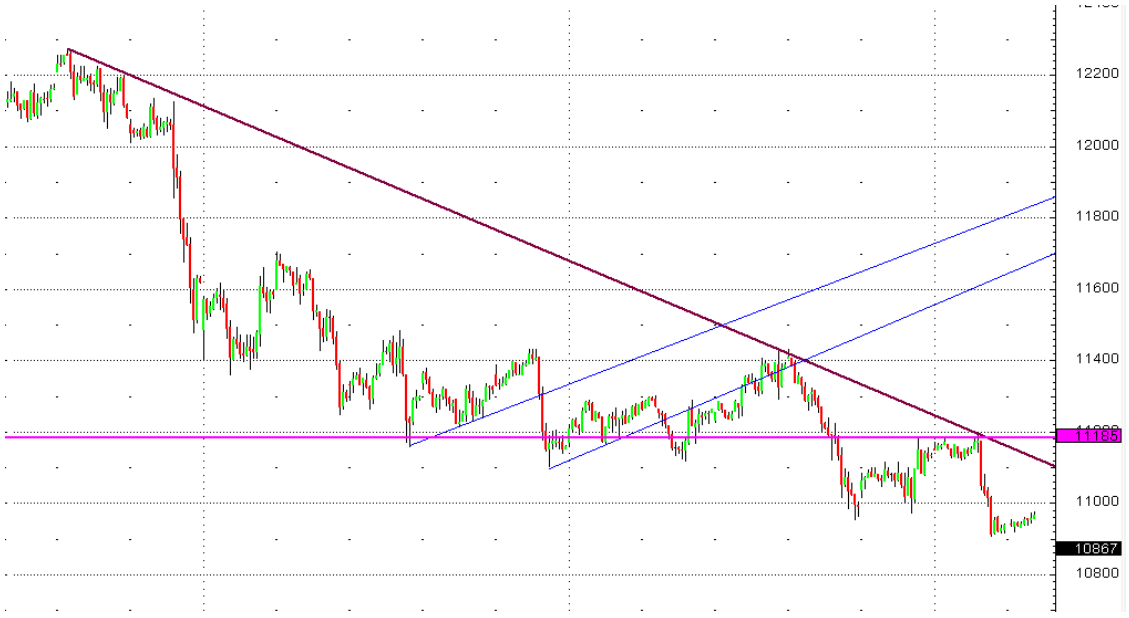


Figura 2.4 Gráfico de tendencias
[Plataforma TradeStation]

Se pueden encontrar tendencias alcistas, tendencias bajistas y laterales. En el ejemplo de la figura 2.4, se puede observar una tendencia bajista (tendencia principal, línea morada) con pequeños períodos en los que su tendencia es alcista (líneas azules).

Tras la identificación de una tendencia, hay casos en los que las cotizaciones forman un canal, de modo, que los mínimos de los precios se unen por una línea y los

máximos, por otra línea. Un ejemplo es el que se mostró en la figura 1.1, formándose un canal en una tendencia bajista.

Existen dos conceptos importantes en las tendencias: resistencias y soportes. Las resistencias hacen referencias a zonas donde las cotizaciones dejan de seguir subiendo, deteniendo su tendencia alcista, bien para descansar y continuar posteriormente o bien para cambiar de tendencia. Los soportes, por el contrario, detienen la caída durante un período para continuar a la baja o cambiar a tendencia alcista.

Respecto a las formaciones de figuras, algunas de las más importantes son las siguientes:

1) Hombro-cabeza-hombro o H-C-H (por parecerse a los hombros y cabeza de una persona). Es de las figuras más fiables. Indica un cambio de tendencia de alcista a bajista, o viceversa. La línea sobre la cual se crea la figura se denomina línea clavicular. Si dicha línea se rompe con un volumen mayor a períodos anteriores, tendrá más fiabilidad que si ocurre lo contrario. Por ejemplo, en la figura 2.5 se ve un H-C-H invertido. Se puede ver cómo de una tendencia bajista cambia a una alcista. En la cabeza y los hombros es donde se encuentran picos de mayor volumen, los cuales van disminuyendo.

Figura 2.5 Gráfico H-C-H
[Plataforma TradeStation]

2) Los triples suelos y techos. Son una variación del hombro-cabeza-hombro. Estos también indican un cambio de tendencia. En la figura 2.6 se puede ver un ejemplo de triple techo.

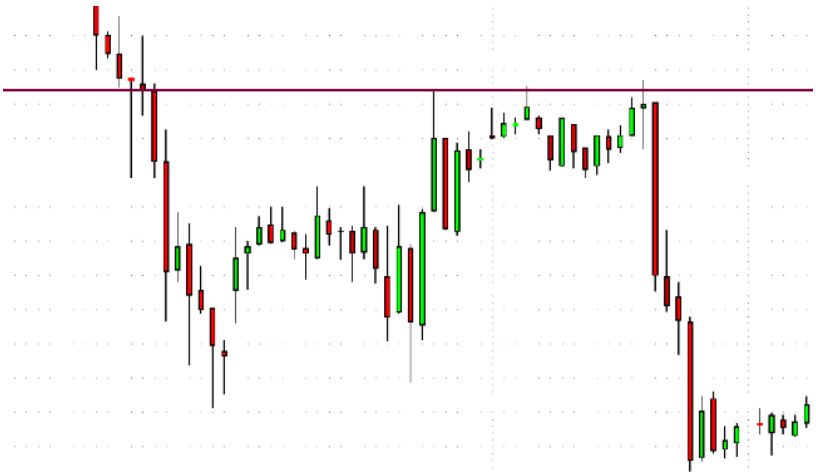


Figura 2.6 Gráfico de triple techo
[Plataforma TradeStation]

Cuando el precio de la acción llega a un máximo anterior, puede ocurrir que lo sobrepase o que se quede por debajo del máximo. Si ocurre lo primero, indica que, lo más probable, la tendencia se reanudará. Si no, indicará que el precio no ha conseguido alcanzar nuevo máximo, lo que implica una cierta debilidad.

3) Triángulos. Estos se forman a partir de dos líneas que funcionan como soporte y resistencia. Los precios de las cotizaciones van fluctuando en torno a estas líneas en rangos cada vez más estrechos. De este modo, rompe con la tendencia principal que ha estado llevando hasta ese momento. Un ejemplo se mostró en la figura 1.1, que se trata de un triángulo descendente.

4) Gaps. Estos son espacios abiertos que se forman entre las barras. Cuando ocurre una serie de acontecimientos inesperados, puede producirse un mercado inusualmente fuerte. Entonces, los precios abrirán mucho más altos o mucho más bajos, de forma muy abrupta, a la mañana siguiente o, puede que lo haga, en mitad de una sesión. Esto hace que se formen los llamados gaps. Por tanto, si los precios han hecho un gap hacia arriba, habrá que comprar (puesto que el mercado se corregirá en parte) y se suele poner una señal de stop de la zona inferior del gap para protegerse de posibles pérdidas [*"Tener éxito en Trading*", Van K. Tharp].

Existen otras muchas figuras, tales como suelos y techos en forma de V, dobles suelos, banderas, suelos redondeados, islotes… Las principales figuras en uso actualmente, junto con una explicación mucho más extensa y detallada de las figuras explicadas más arriba, se pueden encontrar en el libro "*El inversor visual*", de John Murphy.

2.1.2. Análisis técnico

Como se ha comentado anteriormente, el análisis técnico se basa en los gráficos y otro tipo de indicadores para predecir cómo se va a comportar el mercado. No analiza datos económicos relevantes, determinadas noticias sociales, políticas…

Un inconveniente del análisis mediante gráficos es que suele ser subjetivo, ya que en muchas ocasiones distintos analistas extraerán conclusiones diferentes sobre la situación en la que se encuentra el mercado. Por tanto, lo que se intenta buscar es eliminar, en todo lo posible, esa subjetividad. Para ello, los indicadores del análisis técnico quieren ser un ejemplo del comportamiento objetivo, de forma que mediante unas determinadas reglas, se generen señales de compra y de venta. ["*Indicadores para el análisis de los mercados bursátiles*", Javier López y Alejandro Sáez. Tema 1]. Estos utilizan instrumentos matemáticos y estadísticos que permiten ser más objetivos en la toma de decisiones de compra o venta de los diversos productos financieros.

El análisis técnico presenta 3 puntos importantes que lo caracteriza:

- La historia siempre se repite.
- El mercado te facilita información necesaria para poder predecir los posibles cambios de tendencias.
- La cotización evoluciona siguiendo unos determinados movimientos o pautas.

Se pueden utilizar muchos indicadores técnicos, los cuales dan un acercamiento sobre las tendencias del mercado. A continuación se presentan algunos de los más usados, aunque se puede ver con más detalle en el libro "*Indicadores para el análisis de los mercados bursátiles*" (Tema 2):

- Media móvil simple: basado en la media móvil simple de los precios de cierre de las cotizaciones. Es uno de los indicadores técnicos más usados debido su sencillez y claridad. Se puede usar medias móviles con distintos períodos (30 días, 60 días…) según se quiera el análisis. Para generar órdenes de compra y venta se utiliza una regla muy sencilla: las señales de compra se usan cuando la media móvil corta por arriba la línea de precios y las de venta, cuando corta por abajo la línea de precios.

- ADX: Índice de movimiento direccional. Consiste en analizar si un valor está en tendencia o en fase de consolidación. Su valor varía entre 0 y 100. Cuando este índice te marca que el mercado está en tendencia es el momento de entrar a operar en él. Cuando este indicador tome valores altos (mayor a 25), indicará que el mercado está en tendencia alcista o bajista. Cuando tome valores pequeños, en fase de consolidación.

- RSI: Índice de fuerza relativa. Este indicador suele ser bastante fiable, ya que suele ser de los indicadores que menos falla. Te marca aquellos momentos en los que el mercado tiene un estado de sobrecompra o sobreventa y en los cuales hay que entrar a operar. Tiene un rango de valores de 0 a 100. Lo normal es comprar cuando este indicador es menor a 70 y vendar cuando es mayor a 30.

- MME: es una media móvil exponencial. Es un indicador muy popular. Se utiliza este tipo de medias porque asigna más importancia a los precios de cierre más cercanos y menor importancia a los más alejados.

- Bandas de Bollinger: consiste en un análisis de las fluctuaciones del mercado, mediante una línea central obtenida con una media móvil de los precios y dos bandas laterales, obtenidas a partir de la central, sumando y restando un determinado número de desviaciones típicas.

2.2 Backtesting

Una vez diseñada y programada una estrategia basada en el análisis técnico hay que evaluar la fiabilidad que tiene el diseño. Para ello, se trabaja en él evaluando sus distintos parámetros para mejorarlo.

Con el backtesting se puede ver qué rendimiento se sacaría con la estrategia desde un tiempo pasado (varios meses, un año, varios años) hasta el día de hoy. Incluso si la estrategia ha sido diseñada a partir de los rendimientos del pasado, sería necesario realizarlo. Hacer backtesting permite "jugar" con la estrategia variando diferentes parámetros.

Existen diferentes plataformas que permiten evaluar estrategias, dar los datos históricos de los activos, calcular las diferentes medidas de rendimientos, mejorar las estrategias optimizando sus parámetros… Con lo que, son una herramienta muy poderosa que facilita la mejora del diseño y mejor predicción del mercado.

2.2.1 Plataformas de simulación

Existen numerosas plataformas comerciales que realizan backtesting. Dos de las más utilizadas son las que se presentan a continuación:

- **TradeStation**

  Esta plataforma es de las más completas y está provista de todo lo necesario para el backtesting y para conectarlas a los servidores que interactúan con el mercado.

  Las principales ventajas son las siguientes:
  - Provee de la mayoría de los datos históricos necesarios para el backtesting, permitiendo descargar dichos datos.
  - Capacidad de crear y almacenar ilimitado número de estrategias.
  - Backtesting y optimización.
  - Monitor de múltiple mercados ejecutando automáticamente las estrategias sobre dichos mercados.

  Una posible desventaja que se puede encontrar es que es necesario el uso de su propio lenguaje de programación (EasyLanguage), el cual no incluye

algunas de las más avanzadas funciones matemáticas y estadísticas que algunos traders cuantitativos usan en su estudio. Por lo que, dichas técnicas no se pueden aplicar directamente en su aplicación. Por lo que, no llega a ser tan flexible como otros lenguajes, como MATLAB o R.

- **MultiCharts**

  Esta plataforma viene con un lenguaje de programación llamado PowerLanguage, que es compatible con EasyLanguage.

  Sus principales ventajas son las siguientes:
  - Compatible con 17 proveedores diferentes de datos.
  - Capacidad de importar ficheros EasyLanguage.
  - Backtesting y optimización.
  - Diferentes serie de datos, símbolos y períodos que, desde diferentes fuentes, pueden ser representados en la misma ventana.
  - Ejecuta las rutinas más rápido que en TradeStation.

A diferencia de TradeStation, éste tiene mejor capacidad de optimización, ya que está provisto de muchas más opciones para optimizar las estrategias en función de las necesidades del usuario. Sin embargo, no provee de tantos datos históricos como los de TradeStation.

2.2.2 Medidas de rendimiento

Existen diferentes ratios que dan una idea sobre lo bueno o malo que es un determinado sistema de trading. Una vez que se realiza la ejecución de un sistema en las plataformas de simulación, se han de evaluar sus diferentes ratios de medida. Para una misma estrategia, se pueden escoger diferentes parámetros, ver sus ratios de medidas y comparar cada uno de los sistemas. [Para entrar más en detalle, ver tema1 de "*Trading con sistemas automáticos*" de Oscar G. Cagigas]

A continuación se explican los más importantes.

1) **Net Profit:** es el beneficio de la estrategia en funcionamiento una vez descontadas las operaciones de pérdidas y todas las comisiones que se producen en cada operación. Evidentemente, tener un alto beneficio neto es fundamental, pero no suficiente. Por ejemplo, en una estrategia en la que se

producen muchas operaciones de pocas pérdidas y pocas operaciones de altas ganancias, no da una alta fiabilidad de que el sistema sea lo suficientemente estable para operar en mercado real.

2) **Máximo drawdown:** es la medida de la máxima pérdida que se obtiene de una estrategia mientras ésta opera en mercado. Por tanto, cuando dos estrategias tienen las mismas características, se debe elegir aquélla que tenga menos drawdown.

3) **Profit factor:** es el resultado de dividir la ganancia total de todos los trades (operaciones) ganadores con la pérdida total de todos los trades perdedores. A mayor valor, menor riesgo.

4) **Ratio de Sharpe:** Éste es un ratio muy utilizado. Se trata del siguiente cálculo:

$$Sharpe = \frac{RentabilidadMedia_{sistema} - RentabilidadLibreRiesgo}{DesviaciónRetornos}$$

La RentabilidadLibreRiesgo hace referencia a la ganancia que daría por tener el dinero en el banco sin invertirlo y DesviaciónRetornos es la desviación típica de los retornos.

5) **CALMAR:** es el resultado de dividir la ganancia anual entre el máximo drawndown del sistema. Éste se utiliza posteriormente en el proyecto para comparar las diferentes estrategias. Evidentemente, cuanto mayor sea este ratio, mejor.

6) **Payoff:** es el resultado de dividir el promedio de ganancia por operación entre el promedio de pérdidas por operación.

7) **Número de Trades (operaciones):** número de operaciones que realiza el sistema. Esto también interesa saber porque, cada vez que el sistema entra en mercado, hay que pagar comisiones.

2.2.3 Optimizaciones

Una vez que se decide que la estrategia tiene unas medidas de rendimiento considerablemente buenas, hay que realizar un refinamiento de la misma, es decir, optimización de parámetros. ¿Qué cambios hay que hacer en la estrategia para mejorar aún más su rendimiento? Son pequeñas variaciones en todos los parámetros en "juego" que mejorarán la estrategia, en mayor o menor medida.

A pesar de que esto es algo mecánico que realiza el programa, no es algo trivial. Se ha de coger unos rangos de valores para cada parámetro a optimizar. Una vez que se dan los parámetros óptimos, hay que volver a optimizar la estrategia, pero esta vez con otros rangos de valores. Estos dependerán de qué valores son los que han dado mejores ratios de medida, ya que no para todos los ratios de medida se dan los mismos valores. Esto se entenderá más claramente al final del proyecto, que se explica de forma detallada.

2.2.4 Comprobación de la estrategia

Una vez diseñada, implementada y optimizada la estrategia, se hace el análisis final. Hay que hacer un estudio de todos los resultados finales de lo que se pierde, lo que se gana, el número de veces que el sistema entraría en mercado (trades), cuántos trades son perdedores y cuántos ganadores, el máximo drawdown… Asimismo, hay que tener en cuenta que la puesta de la estrategia en mercado conlleva comisiones, volatilidad en los precios, diferente volumen de mercado en función del tiempo… lo que lleva a que la estrategia no se comporte idealmente una vez entrado en mercado real. A partir de esto, se decide si la estrategia es lo suficientemente madura para entrar en mercado o si es necesario seguir mejorándola. Puede que mejore cambiando determinadas pautas de la idea inicial o, simplemente, puede que haya que cambiar radicalmente de estrategia.

2.3 Interacción con el mercado

En el mundo del trading es muy importante tener unas sólidas plataformas, ya que el error de alguna puede ocasionar graves consecuencias. Para un trader que opera directamente en mercado, su única plataforma es la de negociación. Éste opera directamente en mercado comprando y vendiendo. Sin embargo, para los sistemas de trading es necesario valerse de una plataforma de simulación, ya mencionado anteriormente. En ella, es donde se ejecutan los algoritmos programados. De modo que, si se quiere aplicar una determinada estrategia a un determinado mercado, el algoritmo implementado se ejecuta en la plataforma de simulación (teniendo como fuente de datos los aportados por la plataforma de negociación), hace sus cálculos y envía una señal de venta o compra (cuando proceda) a la plataforma de negociación para que entre en mercado.

De forma esquemática se puede ver de la siguiente forma:

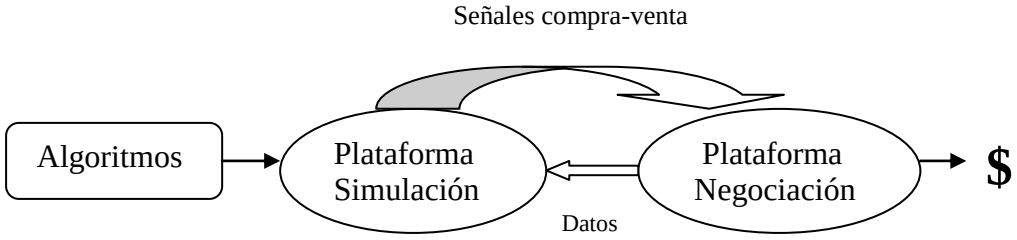


Figura 2.7 Esquema de interacción con el mercado real

Algunas de las plataformas de negociación muy usadas actualmente son las siguientes: InteractiveBrokers, MetaTrader, SelfTrade.

Una puntualización a hacer es que, a pesar de que se opera con sistemas automáticos, hay que estar pendientes de ellos. Puede haber fallos de conexión entre plataformas, que las operaciones de compra y venta no estén entrando correctamente en mercado, que haya determinadas noticias relevantes (como por ejemplo, un atentado terrorista) que el sistema no va a saber interpretar, pero que el trader intuye cuál va a ser la tendencia del mercado… Todo esto hace que, en determinadas ocasiones, se tenga que entrar en mercado de forma manual.

Por otro lado, es fundamental estar informados continuamente sobre datos económicos y noticias. Para ello, la mayoría de los traders se valen de alguna plataforma

que facilite este tipo de información. La plataforma líder en este mercado, y por ello necesario comentar, es la plataforma Bloomberg:

Éste es el principal proveedor global de noticias de negocios y finanzas, de datos y análisis. El terminal de Bloomberg y sus servicios de noticias Bloomberg proporcionan reportajes, análisis, precios en tiempo real y de tipo histórico, datos indicativos, actividades multimedia y comunicaciones electrónicas las 24 horas del día y en todo el mundo. Todas las empresas, organizaciones o profesionales de las finanzas hacen uso de él. En este proyecto se hace varias veces uso de él para recoger datos históricos de diferentes activos.

3. Construcción y Caracterización de la Base de Datos

Como se ha comentado anteriormente, el primer paso de todos es elegir en qué mercado se quiere operar. Para ello, en este proyecto se han escogidos 6 subyacentes diferentes del mercado de futuros.

Un planteamiento inicial fundamental que se ha de hacer es sobre qué línea se quiere realizar el estudio. Tal como se ha comentado en el Estado del Arte, existen muchas ramas en las que investigar y decidir cuáles van a ser las bases de la estrategia a seguir.

Este proyecto se va a centrar en la búsqueda de la estacionalidad horaria. El análisis se va a basar en el estudio de franjas horarias de 1 hora, 2 horas y 4 horas. Con ello, lo que se pretende es comprobar si, a lo largo de un día entero, existe algún rango horario o alguna hora concreta en el que los analistas compren o vendan (en los subyacentes escogidos) por norma general, ya que, de ser así, se podría explotar este tipo de información.

Para ello, se va a hacer uso de la plataforma TradeStation para obtener la información necesaria. Se procederá a un estudio de los últimos años, de modo que se tenga una muestra grande y reciente (desde los últimos 7 años hasta el año actual) y la información sea lo más fiable posible.

Para cada subyacente, se han extraído los precios de cierre horarios donde, en cada hora, se especifica la siguiente información:

1) La fecha (día, mes y año).
2) La hora
3) El precio de apertura (precio del minuto 0 de cada hora).
4) El precio de cierre (precio del minuto 59 de cada hora).
5) El máximo (máximo precio que se ha dado en cada hora).
6) El mínimo (mínimo precio que se ha dado en cada hora).

Los datos han comprendido en un período que va desde las 00:00 del 30/10/2003 a las 0:00 del 30/10/2009. En esta serie, no van a entrar todos los días de cada año, ya que existen días, tales como los fines de semana o días festivos, en los que no hay dato. Por ello, el primer paso que hay que realizar es el **ajuste de las series**.

3.1 Proceso de ajuste de las series

Una vez descargado los datos del TradeStation, éste es el primer paso a realizar. Se realiza un ajuste de las series temporales para conseguir un modelo más o menos regular con el que se pueda interpretar la tendencia que lleva ésta. Sin embargo, los conceptos de tendencia, estacionalidad o componentes irregulares, aunque sí tienen una clara definición, son conceptos que carecen de aplicación universal. En consecuencia, los programas de ordenador que resuelven este tipo de problemas no son 100% mecánicos, sino que requieren de ciertas fases de ajustes.

Para empezar, mencionar unos *conceptos básicos*[1] sobre las series (en este caso, series temporales):

1) Una **serie temporal** es un proceso estocástico (conjunto de variables aleatorias $\{Z_t\}$ donde el índice t toma valores en un cierto conjunto C), donde el conjunto C es ordenado y corresponde a los instantes temporales (días, meses…). Para cada instante temporal (cada valor de t) hay definida una variable aleatoria (Zt). Los valores observados de dichas variables en diferentes instantes forman esa serie temporal.

2) Una serie temporal puede tener o no un nivel estable en el tiempo, y si no lo tiene, puede presentar una **tendencia** más o menos constante. Cuando el nivel no es estable, la serie no es estacionaria. Si, por ejemplo, el nivel de la serie varía siguiendo un ciclo, la serie no será estacionaria, pero la serie será **estacional**. Asimismo, una serie puede combinar, por ejemplo, períodos con tendencia lineal (creciente o decreciente) con períodos de estacionalidad.

3) Una serie temporal se supondrá, pues, **estacionaria** cuando haya estabilidad en la media, la varianza y la estructura de covarianzas a lo largo del tiempo (estacionariedad en sentido débil). [Demostración y desarrollo en el libro "*Análisis de Series Temporales*" de Eduardo Peña. Tema 3, pg.86]

Asimismo, clasificar una serie como estacionaria sólo depende del período de observación.

[1]Esto conceptos se pueden encontrar explicados y mucho más detallados entre los temas 2 y 3 del libro "Análisis de series temporales" de Daniel Peña.

3.1.1 Primera Fase: Regularización

En primer lugar, es necesario una **fase de pre-ajuste** en el que se ajusten los días de actividad de trading y efectos de calendario (tales como los días festivos) y modelar la serie para adaptarla a las características que se quiere (como por ejemplo, cuánto ruido se tolera en la serie, o cómo de estable tiene que ser, si representamos los valores en valores absolutos o relativos…).

Más concretamente, el pre-ajuste que se va a hacer es el de regularizar la serie representando los precios de todas las horas (de todos los días, de todos los meses, de todos los años) del período seleccionado (exceptuando los fines de semana que no se tienen en cuenta). Las horas de las que no se tengan dato se "rellenarán" como valores ausentes (NA's), para que así, mediante el software R[1], se puedan manipular las series de manera eficiente (de unos, aproximadamente, 39100 valores cada una). Esto se hace así por que R permite "jugar" con series que contengan NA's, aunque a la hora de operar los descarta de su análisis. Esto es fundamental porque es necesario, en todo momento, saber a qué hora (o franja horaria) hace referencia cada uno de los precios que componen la serie.

Seguidamente, se va a trabajar con valores relativos y no, absolutos. Se va a trabajar con rendimientos horarios a través de diferencias logarítmicas, tal y como se detalla a continuación:

$$Rt = Ln\left(\frac{P_{t2}}{P_{t1}}\right)$$

Donde Rt es el rendimiento correspondiente a la hora t, P_{t2} es el precio de cierre de la hora t2 y P_{t1} el precio de cierre de la hora t1.

Prácticamente, sería lo mismo usar logaritmos que diferencias relativas, ya que:

$$\log\left(\frac{x}{y}\right) = \log\left(1 + \frac{x}{y} - 1\right) = \log\left(1 + \frac{x-y}{y}\right) \approx \frac{x-y}{y} \quad , \quad si\, \frac{x-y}{y} \ll 1$$

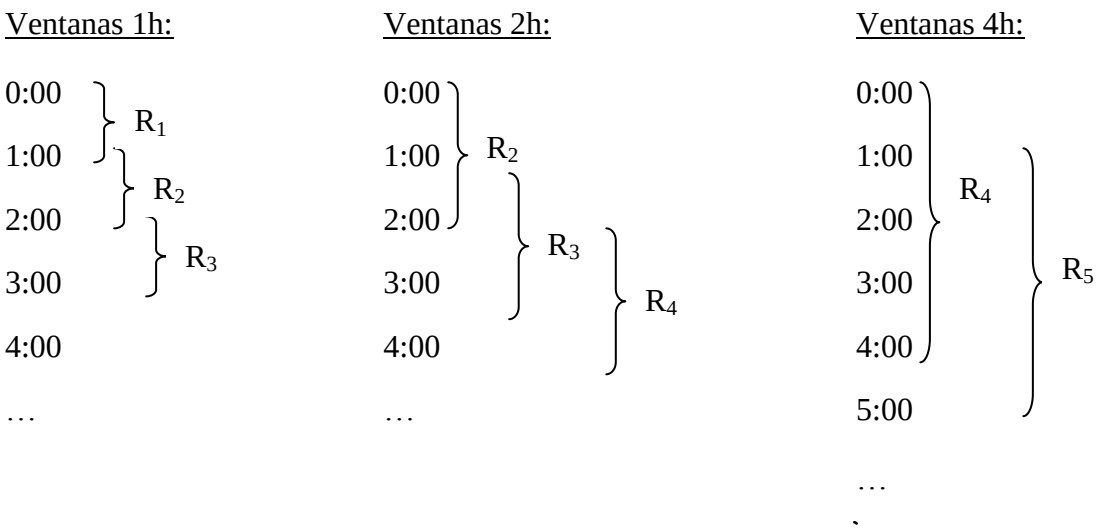
[1] R es un lenguaje de programación que abarca una amplia gama de técnicas estadísticas y una amplia gama de gráficos que son adaptables y extensibles. Está disponible como software libre bajo las condiciones de la licencia GNU-GPL.

Se usa una escala logarítmica para representar una variación porcentual y no, absoluta. Si se usa una escala aritmética, cada división del eje de precios es equidistante. Las escalas logarítmicas son mucho más informativas. En este tipo de escalas, una distancia análoga en cualquier punto del eje de los precios representa el mismo cambio en porcentaje y no, en el simple cambio de valor.

Por ejemplo, el movimiento del precio de una acción de 10$ a 11$, en la escala aritmética, cubre la misma distancia que una variación de 99$ a 100$. Sin embargo, en la escala logarítmica, lo primero hace referencia a una variación del 10% y lo segundo, de 1%. Esto da una información al trader más real acerca del riesgo/beneficio sin que importe el nivel de precios. Por lo tanto, para un trader las ganancias o pérdidas de igual magnitud visual en un gráfico son del mismo valor para la cartera. Este concepto es fundamental, ya que lo que realmente mueve a los operadores bursátiles es el concepto de **rentabilidad**. ["*Las bandas de Bollinger*", John Bollinger. Tema 2, pg. 32]

3.1.2 Segunda Fase: Muestreo

Una vez pasado por el pre-ajuste, la segunda fase es más mecánica. Aquí, se va a realizar un estudio de ventanas móviles de las diferentes muestras (diferentes días) para el estudio de cada variable aleatoria (cada uno de los rendimientos horarios). Más concretamente, el análisis, como ya se ha comentado, va a ser el de 1 hora, 2 horas y 4 horas. De este modo, para cada uno de los subyacentes bajo estudio, se va a proceder de la siguiente manera:



siendo R_x los rendimientos entre las horas x y (x-n), siendo n=1,2 ó 4.

A partir de ahora, cuando se hable de ventanas de 1 hora, 2 horas ó 4 horas se hará referencia a esta notación, ya que como se puede apreciar, por ejemplo, R_2 en ventanas de 1 hora no es lo mismo que R_2 en ventanas de 2 horas. De modo que, si, por ejemplo, se hace referencia a R_5 en ventanas de 4 horas significa que se habla de una serie que contiene todos los rendimientos diarios entre las 1:00 y 5:00 horas, en el período de esos 7 años. Es decir, $R_5 = Ln(P_5/P_1)$.

De este modo, se estudiarán los 24 rendimientos diarios en los tres tipos de ventanas, en cada uno de los subyacentes. Por lo tanto, serán $24\ rendimientos\ diarios \times 3\ tipos\ de\ ventanas \times 6\ tipos\ de\ subyacentes = 432$ series bajo estudio.

Como se puede observar, tanto en la primera fase como en la segunda, es fundamental tener claro de qué modo se han manipulado los datos y de qué manera se han agrupado, ya que, a partir de estos, es de donde se parte para los posteriores estudios estadísticos.

3.2 Caracterización de las series

En este apartado, se va a proceder a la aplicación de diferentes medidas estadísticas técnicas y gráficas. Las características de estudio van a permitir saber qué tipo de distribuciones se están manejando. Esto es necesario, ya que, posteriormente, se utilizarán unos tests, donde cada uno de ellos exige unas determinadas condiciones iniciales que se han de cumplir para su uso.

Antes de nada, comenzar explicando ciertos términos que manejan los tests y una serie de conceptos básicos sobre estos.

Contraste de hipótesis: un contraste de hipótesis, o lo que es lo mismo, un test de hipótesis es una metodología que se usa en estadística para juzgar si una muestra escogida, cumple una determinada propiedad.

En estadística, las hipótesis siempre vienen en parejas: la hipótesis nula (Ho) y la hipótesis alternativa (Ha). La hipótesis que se testea es la nula.

Intervalo de confianza: se compone de dos números (los que forman el intervalo) entre los cuales se estimará que hay un valor desconocido con una determinada probabilidad de acierto. La probabilidad de éxito, o nivel de confianza, en la estimación se representa por (1-α) y el nivel de significación, α. Esta α es a lo que se le suele llamar p_valor (probabilidad de error, es decir, da la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es cierta).

Gráficamente,

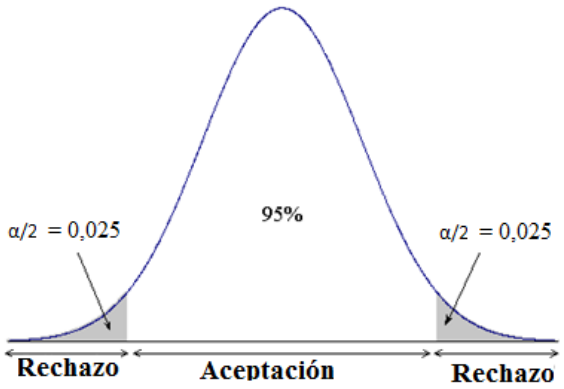


***Figura3.1**. Hipótesis de test. Se rechaza Ho si la media de la muestra cae en la zona gris. Esto significaría que si p_valor < 0.05, se tiene un probabilidad mayor al 95% para rechazar Ho.*

3.2.1 Tests no paramétricos

Los tests estadísticos, o también llamados contrastes, son los instrumentos para rechazar o validar las hipótesis de modelación probabilísticas.

La estadística paramétrica se basa en hacer hipótesis sobre parámetros desconocidos que definen una distribución. Es decir, son procedimientos estadísticos y de decisión que están basados en las distribuciones de los datos reales. La mayor parte de estos procedimientos requieren el conocer la forma de la distribución.

La estadística no paramétrica, sin embargo, no se refiere a parámetros de la población. Se aplica cuando se desconoce la distribución de la población, es decir, es una rama de la estadística que estudia una serie de pruebas y modelos en el que la distribución subyacente no se ajusta a las condiciones que imponen los paramétricos. Su distribución no se puede definir a priori. [Para más detalle: "*Introduction to probability*", William Mendenhall. Tema 15, pg. 629]

Por tanto, lo primero es saber qué requisitos exigen los tests paramétricos para su uso. Estos son los siguientes:

1) **Distribución conocida,** generalmente, referida a una distribución Normal o de Gauss, es decir, que la observación escogida siga una distribución de este tipo con una determinada media y varianza.

   Para saber si los datos que estamos estudiando siguen una distribución normal, se puede realizar una serie de contrastes a los que se le suele llamar de bondad de ajuste.

2) **Homocedasticidad**: referida a comprobar que existe una igualdad en las varianzas.

3) **Independencia** entre dos sucesos, es decir, que el comportamiento de uno no influya en la del otro.

El incumplimiento de alguna de estas propiedades, sobre todo el hecho de ser distribución normal o Gaussiana, es más fácil que ocurra para muestras pequeñas que para muestras muy grandes, ya que un valor atípico va a influir bastante en toda la muestra. Sin embargo, si cumplen con esas condiciones impuestas, las pruebas paramétricas son más potentes que las no paramétricas cuando se habla de muestras grandes (mayores a 30) ["*Estadística para la investigación biomédica*" de P. Armitage/G. Berry. Tema 9, pg. 144]. En el caso de este proyecto, las muestras a manejar son muy grandes.

A continuación, se estudiará si cumplen con estas condiciones y, en función de esto, determinar qué tests se pueden aplicar.

3.2.2 Estudio previo de las series

No todos los tests tienen una fiabilidad del 100%. Dependiendo de las condiciones que tenga la muestra, el test utilizado será más o menos robusto. Para ello, lo que se va a estudiar es si los resultados de los tests aplicados a las 432 series son muy significativos o, incluso, contrastarlos con algún otro test.

3.2.2.1 Normalidad

Para esta propiedad, se comprueba si las muestras son de distribución normal o no. Es decir, se comprueba el siguiente contraste de hipótesis:

H_o : X $\longrightarrow$ Normal

H_a : X $\not\longrightarrow$ Normal

Para saber si los datos que estamos estudiando siguen una distribución normal, se puede realizar una serie de contrastes a los que se le suele llamar de bondad de ajuste. Uno de los más usados es la prueba de Shapiro&Wilks.

Test de Shapiro-Wilks

Este test es de los más usados para muestras de pequeño y mediano tamaño (permitiendo de 3 a 5000). Las series temporales usadas tienen una longitud aproximada de 850 valores (de los cuales, 350 son valores ausentes), por lo cual, cada muestra tendrá un tamaño aproximado de 500 valores. Esto se puede considerar una muestra mediana para ser usado en este tipo de test.

Este test se basa en la comparación de dos medidas de la variabilidad de los datos que, en caso de una distribución Normal, serían iguales. Además, este test se basa en un estadístico que puede variar entre 0 y 1 (donde 1 correspondería a una distribución Normal). Por tanto, los valores bajos del estadístico indican ausencia de normalidad.

Más concretamente, este test analiza todos los datos para calcular el nivel de simetría y curtosis (concepto explicado más adelante) para compararlo con los de una distribución Gaussiana, obteniendo un valor de significancia α, explicado anteriormente. [Para ver demostración y entrar más en detalle: "*Estadística para la investigación biomédica*" de P. Armitage/G. Berry. Tema 11, pg. 376].

Resultados

El único objetivo en este apartado es ver si cada una de las series presenta una distribución Normal. Por tanto, lo único que se necesita saber es el nivel de significancia que tienen los estadísticos de salida de cada prueba. Sería válido si esta significancia es mayor, aproximadamente, al 95%.

Los datos de salida que se presentan a continuación son las α's de salida del test:

Subyacente 1

		TEST	
	Ventanas_1h	Ventanas_2h	Ventanas_4h
R0	7,95E-22	9,88E-18	1,28E-28
R1	5,52E-21	1,86E-18	1,15E-19
R2	2,22E-17	3,53E-14	2,96E-14
R3	6,34E-14	4,95E-13	1,16E-15
R4	1,29E-21	6,24E-25	3,88E-17
R5	4,33E-23	2,27E-23	3,21E-20
R6	2,03E-21	7,60E-24	5,07E-25
R7	4,33E-25	1,17E-16	2,40E-17
R8	5,25E-15	3,05E-12	4,04E-15
R9	2,62E-13	5,77E-09	3,52E-11
R10	2,03E-09	9,20E-14	8,53E-14
R11	1,31E-21	9,41E-17	8,66E-14
R12	2,77E-15	2,05E-11	6,28E-11
R13	6,53E-15	8,67E-14	1,00E-14
R14	6,14E-17	7,98E-13	5,88E-12
R15	3,21E-13	7,85E-11	6,51E-10
R16	1,31E-15	3,70E-15	2,24E-10
R17	2,33E-16	7,00E-14	2,27E-09
R18	3,14E-16	1,60E-14	1,04E-13
R19	8,79E-19	1,49E-20	1,15E-11
R20	1,58E-20	7,77E-23	1,19E-16
R21	5,20E-18	5,89E-26	3,23E-22
R22	3,25E-31	3,23E-33	8,32E-28
R23	6,54E-28	5,78E-24	1,89E-25

Tabla 3.1: salida de α's de Shapiro para Suby 1

Subyacente 2

		TEST	
	Ventanas_1h	Ventanas_2h	Ventanas_4h
R0	7,75E-26	4,27E-25	3,68E-29
R1	3,21E-18	1,53E-16	2,88E-18
R2	2,43E-14	4,80E-17	1,01E-13
R3	9,13E-21	7,01E-15	2,04E-16
R4	6,63E-21	2,74E-24	8,13E-21
R5	5,89E-21	3,81E-20	1,51E-19
R6	1,59E-25	9,22E-25	3,76E-23
R7	3,99E-22	3,10E-21	5,61E-21
R8	1,10E-21	9,88E-21	1,68E-22
R9	5,82E-14	6,02E-17	1,25E-19
R10	5,81E-26	3,21E-18	3,34E-23
R11	1,26E-21	9,41E-26	8,93E-23
R12	7,66E-14	9,39E-15	5,72E-14
R13	5,95E-21	3,91E-19	9,69E-16
R14	2,55E-16	7,27E-14	5,95E-13
R15	2,41E-12	9,53E-08	1,82E-11
R16	4,13E-15	1,12E-13	1,44E-08
R17	2,84E-25	2,45E-18	5,14E-15
R18	3,20E-21	9,19E-24	3,92E-17
R19	1,39E-22	2,19E-19	3,94E-17
R20	5,43E-19	1,93E-20	2,51E-18
R21	1,44E-27	5,04E-26	3,83E-22
R22	2,28E-29	2,30E-31	1,74E-26
R23	5,82E-22	2,56E-25	2,05E-27

Tabla 3.2: salida de α's de Shapiro para Sub2

Subyacente 3

		TEST	
	Ventanas_1h	Ventanas_2h	Ventanas_4h
R0	1,97E-23	1,91E-23	2,63E-27
R1	2,67E-19	6,45E-14	1,09E-15
R2	2,99E-13	1,63E-16	7,65E-11
R3	3,09E-18	1,44E-14	4,71E-15
R4	1,25E-18	1,04E-20	4,72E-20
R5	3,13E-19	3,61E-18	7,30E-17
R6	5,54E-23	2,13E-23	1,06E-19
R7	3,00E-19	5,94E-19	5,58E-19
R8	1,60E-18	1,94E-17	5,84E-19
R9	7,74E-12	2,62E-12	3,05E-15
R10	9,80E-23	5,19E-15	9,68E-18
R11	3,32E-22	2,48E-22	2,39E-14
R12	1,27E-12	5,19E-15	1,70E-09
R13	8,84E-19	8,16E-17	1,40E-15
R14	1,18E-13	3,62E-12	1,01E-10
R15	1,10E-10	3,58E-08	1,08E-08
R16	1,21E-19	3,19E-15	6,29E-10
R17	2,43E-25	7,46E-19	6,06E-14
R18	1,26E-20	1,15E-23	9,24E-16
R19	1,84E-19	9,69E-19	4,23E-18
R20	7,23E-19	1,15E-20	3,43E-20
R21	1,36E-23	3,11E-23	5,29E-18
R22	1,24E-28	2,95E-29	1,97E-23
R23	4,84E-20	2,99E-24	1,41E-25

Tabla 3.3: salida de α's de Shapiro para Suby 3

Subyacente 4

		TEST	
	Ventanas_1h	Ventanas_2h	Ventanas_4h
R0	4,61E-22	2,43E-19	2,31E-29
R1	3,77E-24	5,89E-18	7,33E-22
R2	4,75E-20	2,26E-17	4,45E-17
R3	3,75E-22	9,07E-16	5,69E-16
R4	2,75E-22	2,13E-24	3,53E-17
R5	6,98E-20	1,22E-21	5,61E-17
R6	2,11E-25	1,24E-24	3,46E-23
R7	9,77E-17	1,82E-18	1,55E-20
R8	1,44E-14	2,18E-12	4,50E-15
R9	3,91E-12	3,51E-13	1,47E-10
R10	8,85E-23	3,90E-17	5,40E-18
R11	7,04E-12	2,26E-18	7,86E-18
R12	6,19E-18	4,00E-10	1,05E-10
R13	1,08E-16	2,00E-16	2,77E-10
R14	8,81E-18	3,61E-13	3,81E-12
R15	2,80E-14	2,35E-16	2,90E-15
R16	2,98E-13	2,42E-15	1,99E-12
R17	2,30E-19	1,30E-15	6,57E-14
R18	6,74E-25	1,25E-15	1,66E-14
R19	7,82E-20	3,28E-25	9,31E-17
R20	1,17E-20	9,18E-22	2,56E-19
R21	6,32E-31	1,50E-24	2,40E-22
R22	1,40E-27	1,50E-31	1,62E-24
R23	2,02E-20	5,63E-25	2,29E-23

Tabla 3.4: salida de α's de Shapiro para Suby4

Subyacente 5

		TEST	
	Ventanas_1h	Ventanas_2h	Ventanas_4h
R0	5,06E-14	8,56E-13	2,65E-25
R1	1,38E-19	3,92E-13	1,99E-11
R2	3,71E-10	4,18E-12	2,11E-10
R3	1,12E-19	4,45E-15	1,90E-10
R4	2,32E-18	1,37E-20	2,88E-15
R5	4,06E-21	2,84E-21	3,10E-21
R6	1,67E-17	6,55E-17	4,46E-18
R7	1,15E-10	5,26E-10	1,08E-12
R8	3,36E-11	2,61E-08	2,22E-08
R9	4,94E-07	3,21E-06	9,12E-04
R10	8,08E-26	3,07E-16	1,06E-10
R11	3,29E-18	4,33E-23	9,95E-10
R12	4,97E-15	2,38E-11	3,94E-12
R13	2,82E-14	6,41E-16	4,89E-18
R14	6,48E-11	1,18E-08	4,21E-08
R15	1,12E-16	9,41E-09	7,68E-08
R16	6,27E-22	1,92E-19	8,44E-13
R17	2,59E-15	4,54E-17	6,25E-13
R18	1,51E-19	2,37E-13	1,04E-14
R19	1,49E-18	1,30E-20	9,96E-16
R20	2,05E-13	1,35E-17	2,64E-15
R21	9,65E-29	1,93E-21	1,70E-19
R22	2,07E-21	1,58E-29	2,37E-23
R23	4,48E-14	1,55E-18	3,54E-20

Tabla 3.5: salida de α's de Shapiro para Suby 5

Subyacente 6

		TEST	
	Ventanas_1h	Ventanas_2h	Ventanas_4h
R0	1,20E-20	2,10E-22	7,93E-25
R1	1,16E-16	1,40E-11	2,13E-12
R2	1,73E-10	7,19E-13	6,87E-09
R3	1,62E-15	4,09E-12	1,35E-11
R4	3,57E-15	5,40E-17	6,17E-17
R5	1,02E-22	3,85E-18	3,02E-16
R6	1,43E-24	1,07E-26	1,07E-19
R7	4,25E-19	3,13E-19	3,16E-21
R8	1,09E-20	6,56E-17	1,03E-19
R9	1,16E-08	6,51E-14	1,53E-15
R10	1,84E-23	2,17E-15	3,95E-17
R11	3,50E-22	2,78E-26	2,99E-21
R12	2,74E-16	1,15E-14	1,51E-15
R13	3,31E-16	4,56E-18	4,48E-17
R14	1,27E-12	3,26E-10	3,88E-08
R15	1,09E-07	1,43E-06	1,24E-08
R16	2,49E-14	4,69E-12	3,18E-09
R17	1,47E-24	3,92E-18	8,56E-13
R18	1,42E-20	6,09E-22	1,49E-14
R19	2,21E-18	3,58E-15	3,76E-15
R20	2,94E-12	7,51E-14	1,78E-15
R21	2,01E-26	2,31E-21	5,74E-19
R22	2,39E-23	6,53E-27	1,41E-20
R23	1,05E-16	2,94E-19	9,27E-22

Tabla 3.6: salida de α's de Shapiro para Suby6

Como se puede comprobar, en todos los casos, el nivel de significancia es muy alto, es decir, sus α's tienen un valor aproximado del orden de 10^{-20} (E-20). Con lo que, se puede concluir que las muestras **no presentan distribución Normal**.

3.2.2.2 Homocedasticidad

Se dice que dos poblaciones son homocedásticas si tienen la misma varianza.

Por lo tanto, lo que aquí se comprueba es si las varianzas de todas las series de una misma ventana son iguales. Es decir si, por ejemplo, para las 24 series que hay en las ventanas de 1 hora en un determinado subyacente tienen todas la misma varianza.

El contraste de hipótesis es el siguiente:

H_o: $\sigma_1 = \sigma_2 = \ldots = \sigma_N$

H_a: $\sigma_i \neq \sigma_j$ para cualquier par (i,j)

Dos de los métodos más utilizados son los test de Levene y Brown-Forsythe. El Brown-Forsythe es una modificación de Levene, de ahí que los resultados sean parecidos a este último. Todos realizan la misma comprobación. Más concretamente:

Test Levene

Test que asume que cada grupo tiene la misma varianza. Éste es muy robusto de cara a la suposición de normalidad. Como se ha comprobado, las muestras no cumplen esta propiedad, sin embargo, sigue siendo útil, ya que no requiere que los datos sigan esta distribución.

El test es definido por:

$$W = \frac{(N-k)}{(k-1)} \frac{\sum_{i=1}^{k} N_i (Z_{i\cdot} - Z_{\cdot\cdot})^2}{\sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{N_i} (Z_{ij} - Z_{i\cdot})^2},$$

donde W es el resultado del test, k el número diferentes de grupos, N el número total de muestras, N_i el número de muestras del grupo i, con

$$Z_{..} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{N_i} Z_{ij} \qquad Z_{i\cdot} = \frac{1}{N_i}\sum_{j=1}^{N_i} Z_{ij} \qquad Z_{ij} = |Y_{ij} - \bar{Y}_{i\cdot}|$$

donde Y_{ji} es la variable i del grupo j e $\bar{Y}_i$ es la media del grupo i.

Principalmente, el test rechaza la hipótesis nula si

$$Wx > W_{(}\alpha, k-1, n-k_{)}$$

donde $W_{(}\alpha, k-1, n-k_{)}$ es el valor crítico más alto de la distribución con (k-1) y (N-k) grados de libertad al nivel de significancia de α. Se puede tomar como válido que, si se da una probabilidad mayor al 95% (es decir, un $\alpha < 0{,}05$), entonces se rechaza la hipótesis nula. ["*Statistics: concepts and applications for science*", David LeBlanc. Tema 10, pg. 240]

Test Brown-Forsythe

El test original de Levene se basa en la comparación usando la media del grupo de muestras. Sin embargo, Borwn y Forsythe (1974) extendieron este test haciendo las comparaciones en función de la mediana. Generalmente, la elección óptima depende la distribución con la que se esté trabajando, pero la elección de Brown-Forsythe suele ser más robusto que Levene cuando los grupos tienen diferentes tamaños y presentan asimetría con respecto a la media.

El Brown-Forsythe es el estadístico F resultante de un análisis one-way ANOVA (ANalysis Of VAriance) en Z_{ij}, donde las variables de cada grupo son transformadas por su diferencia en valor absoluto con respecto a la mediana. Es decir:

$$F = \frac{(N-p)}{(p-1)} \frac{\sum_{j=1}^{p} n_j (z_{\cdot j} - z_{..})^2}{\sum_{j=1}^{p}\sum_{i=1}^{n_j} (z_{ij} - z_{\cdot j})^2} \qquad Z_{ij} = |Y_{ij} - \tilde{Y}_{i\cdot}|$$

donde F es el resultado del test, p el número diferentes de grupos, N el número total de muestras, n_j el número de muestras del grupo i, $\tilde{Y}_i$ es la mediana del grupo j e Y_{ji} es la variable i del grupo j. Las variables $Z_{\cdot j}$ Z_{ij} tal y como se definen en Levene.

Resultados

El único objetivo en este apartado es ver si existe homocedasticidad entre los grupos (del mismo subyacente) de una misma ventana horaria. Por lo tanto, lo único que se necesita saber es el nivel de significancia que tienen los estadísticos de salida de cada prueba. Sería válido si esta significancia es mayor al 95%. Además, si esta significancia se puede contrastar con los 2 tests elegidos, es un resultado más que válido.

Los datos de salida que se presentan a continuación son las α's de salida que se da en cada estadístico:

	Ventana_1h	Ventana_2h	Ventana_4h
Levene	6,16E-136	5,83E-148	1,24E-153
BrownF	1,65E-135	1,87E-147	4,83E-153

Tabla 3.7: α's de salida del Suby1

	Ventana_1h	Ventana_2h	Ventana_4h
Levene	5,11E-67	1,74E-84	4,63E-81
BrownF	1,57E-66	9,86E-84	4,58E-81

Tabla 3.8: α's de salida del Suby 2

	Ventana_1h	Ventana_2h	Ventana_4h
Levene	7,24E-54	2,06 E-58	1,56 E-45
BrownF	2,11E-53	3,76E-57	3,21E-45

Tabla 3.9: α's de salida de 3

	Ventana_1h	Ventana_2h	Ventana_4h
Levene	9,02E-198	2,25E-233	1,78E-256
BrownF	2,35E-197	7,05E-233	6,49E-256

Tabla 3.10: α's de salida de 4

	Ventana_1h	Ventana_2h	Ventana_4h
Levene	7,45E-164	1,31E-181	5,51E-193
BrownF	1,23E-163	6,77E-180	1,67E-191

Tabla 3.11: α's de salida del Suby 5

	Ventana_1h	Ventana_2h	Ventana_4h
Levene	1,65E-83	8,56 E-88	2,83E-76
BrownF	2,59E-83	1,23E-87	1,97E-76

Tabla 3.12: α's de salida del Suby 6

Como se puede comprobar, en todos los casos, el nivel de significancia es muy alto. Se puede afirmar que se rechaza la hipótesis nula (**no tienen todas la misma varianza**) con una significancia cercana al 100%, ya que sus α's tienen de valor, prácticamente, cero.

3.2.2.3 Conclusiones

En este apartado, se ha procedido a la regularización de las series para poder manipularlas sin ningún tipo de error y saber en todo momento todos los precios de todas las series a qué hora, día, mes y año corresponden.

Además, se ha comprobado en este apartado las características que presentan las series con las que se están trabajando. Esto es importante para el apartado siguiente, ya que, como se ha comentado anteriormente, los tests que se van a usar a continuación requieren de unas hipótesis iniciales para su uso. Como se ha demostrado que no son distribuciones normales y son heterocedásticas, no es necesario demostrar la independencia de los datos, ya que se puede decir que las series bajo estudio no van a cumplir los requisitos para el uso de los tests paramétricos.

4. Desarrollo y Diseño

Una vez regularizadas y caracterizadas las series, se puede proceder al análisis y estudio exhaustivo de las mismas. Por un lado, se va a poder manipular fácilmente, y estudiarlas, gracias a la regularización hecha en el aparatado 3.1. Por otro lado, se va a poder aplicar unos determinados tests para la búsqueda de estacionalidades, ya que van a cumplir las condiciones iniciales que se exigen para su uso (que se explicarán más adelante).

4.1 Análisis de las series temporales

El objetivo de este apartado es el de buscar series que se diferencien significativamente del resto. Esto no significa que esa diferenciación vaya a continuar en el futuro, pero nos da una información potente para poder explotarla mediante una estrategia.

4.1.1 Estudio no paramétrico: detección de estacionalidades

Antes de nada, recordar que los análisis que se van a analizar no son del precio en sí en cuestión, sino del movimiento del precio (diferencias logarítmicas). De ahí, la fase de pre-ajuste que se realizó en el apartado 3.1.

Lo que se va a aplicar es el estudio de dos pruebas estadísticas para analizar las medias poblacionales y ver qué serie (de una misma ventana y un mismo subyacente) se diferencia significativamente del resto. Estas dos pruebas van a ser el test de Wilcoxon y el test de de T.

4.1.1.1 Test de Wilcoxon

Este test es un test no paramétrico que compara dos grupos sin hacer suposiciones sobre la distribución de la población. Su hipótesis nula determina si las dos muestras provienen de poblaciones que coinciden en la media. Si el resultado del test es altamente significativo, se puede asumir dicha igualdad. [“*Estadística para administración y economía*”, David R. Anderson, Dennis J. Sweeney, cap.19 pg. 825].

Las condiciones iniciales que ha de cumplir este test son las siguientes:

- La muestra ha sido aleatoriamente seleccionada de la población a la que representa.

- La distribución de la población es simétrica (esto se demostrará más adelante para los resultados seleccionados).
- Las dos distribuciones tienen la misma forma y dispersión (también se podrá comprobar posteriormente).

Su estadístico se define de la siguiente manera:

$$z = \frac{T - \mu_T}{\sigma_T} \;\; con \;\; \mu_T = \frac{n_s(n_s + n_L + 1)}{2} \; y \; \sigma_T = \sqrt{(\mu_T * n_L/6)}$$

Con n_L y n_s los tamaños de cada grupo.

Hay que comprobar qué nivel de significancia α sale de resultado y, en función de ésta, decidir si el resultado es significativo o no para rechazar la hipótesis nula.

4.1.1.2 Test de la T

Este test es un test paramétrico. Por lo tanto, en principio, no se podría usar, ya que las muestras estudiadas no se ajustarían a sus condiciones iniciales. Sin embargo, proporciona resultados aproximados para muestras suficientemente grandes, aunque la distribución de éstas no sean las de una normal. Dado que las muestras que se están manejando son grandes, se puede aceptar esta aproximación. ["*Investigación de mercados*", de Naresh K. Malhotra Capítulo 15, pg.448]

Hay dos versiones de este test. Una es la que supone varianzas iguales y la otra, no. En este caso, tal como se ha demostrado, se usa la versión de heterocedasticidad (modificación de la prueba t-Student debida a Satterthwaite).

Este test nos indica que si hay una diferencia en la media muestral entre dos muestras, entonces será estadísticamente significativa, es decir, que las muestras corresponden a distribuciones de probabilidad de media distinta. Su estadístico, asumiendo diferencia de tamaño en las dos muestras a comparar y varianzas distintas, se calcula de la siguiente manera:

$$t = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{s_{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}} \quad \text{con} \quad s_{\overline{X}_1 - \overline{X}_2} = \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}$$

con S^2 la varianza y n tamaño de la muestra.

Al igual que en los demás tests, hay que comprobar qué nivel de significancia α se obtiene como resultado y, en función de éste, decidir las conclusiones.

4.1.1.3 Resultados

Los resultados que se han analizado son las salidas correspondientes a las dos pruebas estadísticas, la media que tiene cada serie en valor absoluto y el signo de cada media. Estas dos últimas se han analizado por separado para, por un lado, ordenar de mayor a menor los grupos por su media absoluta más grande y, por otro lado, saber qué signo tiene, ya que en función de éste se sabrá si hay que posicionarse cortos (vender) o posicionarse largos (comprar).

Datos de las tablas:

1) Columnas 1, 3 y 5: Horas
2) Columna 2: Salida α del test de Wilcoxon.
3) Columna 4: Salida α del test de la T.
4) Columna 6: La media en valor absoluto de la serie.
5) Columna 7: Signo de la media.
6) En cada tabla sólo se ha representado las series que dan:
    a. Columna 2: las series con menores α's de salida del Wilcoxon.
    b. Columna 4: las series con menores α's de salida de la T.
    c. Columna 6: las series con mayores medias (en valor absoluto).

Criterios de las series seleccionadas (las marcadas en celeste):

Debido a que el test de la T es un test paramétrico (aunque para muestras grandes proporciona resultados aproximados), se va a tener más en cuenta los resultados obtenidos por el test de Wilcoxon. Es decir, se va a intentar que los resultados se contrasten en ambos tests, pero esto no va a ser siempre así. Por lo que, el test de la T se utilizará más como apoyo y, si no coincide con los resultados de Wilcoxon, ver si la α obtenida en el de la T entra dentro de un rango coherente.

Por tanto, las horas seleccionadas en cada ventana de cada subyacente serán las dadas por las primeras filas del test de Wilcoxon.

Una aclaración a tener en cuenta es que, aunque por teoría se sabe que se puede rechazar la hipótesis nula con un $\alpha < 0,05$ (en el que se puede afirmar al 95% que la media de la muestra en estudio es muy diferente a las del resto de muestras), en este análisis no va a ser así. Esto es debido a que las muestras que estamos manejando son "ideales" y hay que tener en cuenta que luego se va a tener una serie de fricciones en el mercado (como por ejemplo, las comisiones que hay que pagar por comprar o vender contratos, poco volumen de mercado que hace, por ejemplo, que no se compre o venda exactamente a la hora esperada) que van a hacer que los resultados obtenidos no sean tan buenos a los esperados. Por tanto, se exige una α que sea del orden de 10^{-4} (E-4) o menor, aproximadamente (99,99% de significancia). Si hay pocas ventanas seleccionadas, se restringe un poco menos

Comentarios previos para visualizar las tablas:

En la tabla aparecen la salida de dos tests que dan información acerca de qué ventanas seleccionar. Una vez seleccionadas esas ventanas, se mira su media (en valor absoluto) y su signo, ya que cuanto mayor es esa media, mayor beneficio se sacaría si se opera en ellas. Para entenderlo más claramente, se presenta un ejemplo de un día determinado, en un subyacente determinado (en ventanas de 1 hora):

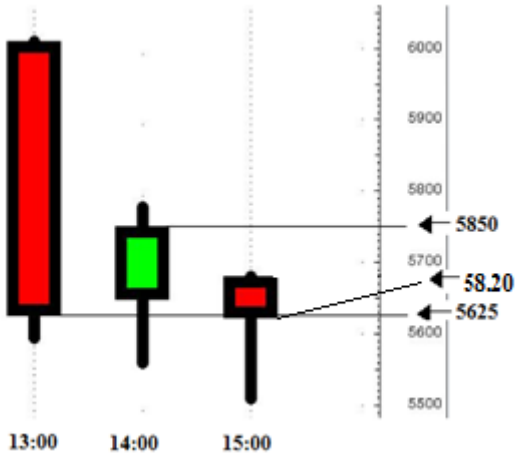


Figura 4.1. Ejemplo de gráfico de velas de 1hora

Hora 13:00 : cierra en 5625

Hora 14:00 : cierra en 5850

Hora 15:00 : cierra en 5820

$$R14 = \ln\left(\frac{5850}{5625}\right) = 0{,}03922$$

$$R15 = \ln\left(\frac{5820}{5850}\right) = -0{,}00514$$

Se puede observar cómo un rendimiento da positivo (puesto que el precio del contrato ha subido en la siguiente hora y, por tanto, vale más) y el otro, negativo (puesto que el precio del contrato ha bajado y, por tanto, vale menos). Por ello, si en una determinada ventana la media da positiva significa que el precio, por lo general, sube en esa franja horaria. Y si da negativa, baja. Si, además, esa diferencia es lo mayor posible (mayor media en valor absoluto), mayores beneficios se sacará.

Por lo tanto, en una de las columnas de la tabla se ha representado el signo de las medias. Esto ya nos está dando una estrategia y es que, si el signo es +1, hay comprar el contrato al principio de la ventana (13:00) y vender al final (14:00). Si el signo es -1, se procede al contrario.

Subyacente 1

Ventana_1h

Hora	Coef_Wilcox	Hora	Coef_T	Hora	Media	Signo
3	**9,54E-13**	**3**	**1,82E-10**	**3**	**0,00017468**	**-1**
13	**7,93E-07**	**6**	**1,50E-05**	16	0,00013304	1
6	**3,48E-05**	**13**	**0,00047412**	**13**	**0,00010864**	**-1**
5	**7,82E-05**	**5**	**0,00339298**	**6**	**9,55E-05**	**1**
19	0,00735519	16	0,00606829	19	7,82E-05	1
1	0,01064651	24	0,00794576	**5**	**7,29E-05**	**1**
16	0,01078869	1	0,02242207	4	6,89E-05	1
4	0,01573235	4	0,02442137	21	6,65E-05	1

Tabla 4.1. Análisis del Suby1 en ventanas de 1h

Ventana_2h

Hora	Coef_Wilcox	Hora	Coef_T	Hora	Media	Signo
3	**3,65E-09**	**3**	**3,29E-08**	**3**	**0,00018959**	**-1**
6	**1,40E-08**	**6**	**3,42E-07**	**6**	**0,00016842**	**1**
13	**1,63E-06**	1	0,00025857	**13**	**0,00015032**	**-1**
5	**1,08E-05**	**5**	**0,00045781**	**5**	**0,00014203**	**1**
14	**5,44E-05**	**13**	**0,00071285**	17	0,00014079	1
4	**0,00029757**	2	0,00239347	16	0,00013314	1
1	0,00142488	**4**	**0,00305059**	20	0,00012706	1
2	1,95E-03	**14**	**3,71E-03**	**14**	**0,000124392**	**-1**
20	3,85E-03	20	1,63E-02	21	0,000115427	1
7	7,63E-03	21	2,12E-02	**4**	**0,000107026**	**-1**
21	1,16E-02	7	3,12E-02	22	9,78438E-05	1
19	1,37E-02	17	6,06E-02	1	9,57849E-05	-1
9	2,59E-02	16	6,96E-02	12	8,07831E-05	-1

Tabla 4.2. Análisis del Suby1 en ventanas de 2h

Ventana _4h

Hora	Coef_Wilcox	Hora	Coef_T	Hora	Media	Signo
3	**6,98E-11**	**3**	**6,79E-14**	**3**	**0,00031721**	**-1**
7	**1,90E-06**	**4**	**4,83E-06**	22	0,00022171	1
4	**1,85E-05**	**7**	**1,79E-05**	**7**	**0,00021922**	**1**
8	**2,50E-05**	**8**	**0,00011215**	**14**	**0,000205**	**-1**
13	**6,53E-05**	2	0,00154129	**13**	**0,00020495**	**-1**
14	**0,00035255**	**14**	**0,00169501**	**4**	**0,0002038**	**-1**
21	**0,0004467**	**13**	**0,00232335**	23	0,00017882	1
22	0,00216382	22	0,00261962	**8**	**0,00017562**	**1**
9	0,00236055	9	0,00713926	19	0,00017179	1
15	0,00423476	23	0,01483477	15	0,00016661	-1
2	0,00457086	15	0,01570693	9	0,00014644	1
23	0,01887554	**21**	**0,09226914**	**21**	**0,00014541**	**1**
1	0,03742315	19	0,10678802	17	0,00012547	1
19	0,04570484	5	0,18958044	2	0,00011983	-1

Tabla 4.3. Análisis del Suby1 en ventanas de 4h

Subyacente 2

Ventana_1h

Hora	Coef_Wilcox	Hora	Coef_T	Hora	Media	Signo
18	**0,00014023**	**24**	**0,00579133**	22	0,00010617	1
4	**0,00038431**	22	0,0240756	**24**	**8,31E-05**	**-1**
24	**0,00356683**	3	0,0775931	3	7,35E-05	-1
23	0,0173795	7	0,09377385	19	7,24E-05	1
19	0,02096837	19	0,12027788	**18**	**6,76E-05**	**1**
11	0,02615197	23	0,15500875	23	6,23E-05	1
3	0,11628234	2	0,18043722	16	5,77E-05	1
2	0,1574079	**4**	**0,21168102**	7	5,36E-05	-1
22	0,16484523	**18**	**0,26193395**	10	4,71E-05	-1
13	0,18778928	16	0,26734084	**4**	**4,66E-05**	**-1**

Tabla 4.4. Análisis del Suby2 en ventanas de 1h

Ventana_2h

Hora	Coef_Wilcox	Hora	Coef_T	Hora	Media	Signo
19	**1,08E-05**	**1**	**0,00783725**	23	0,00016791	1
4	**0,00044489**	23	0,01488403	**19**	**0,00013998**	**1**
1	**0,00051573**	3	0,01885114	3	0,00012499	-1
18	0,00386192	**4**	**0,04074807**	22	0,00012303	1
3	0,00549082	**19**	**0,05478409**	**4**	**0,00012126**	**-1**
23	0,0077838	22	0,05573374	**1**	**0,0001112**	**-1**
20	0,02609219	20	0,10319025	18	0,00010169	1
5	0,05311038	2	0,12674107	20	9,63E-05	1

Tabla 4.5. Análisis del Suby2 en ventanas de 2h

Ventana_4h

Hora	Coef_Wilcox	Hora	Coef_T	Hora	Media	Signo
4	**4,31E-06**	**3**	**9,17E-05**	**3**	**0,00025385**	**-1**
19	**2,59E-05**	**4**	**0,0012158**	**19**	**0,00023241**	**1**
3	**4,77E-05**	22	0,00619625	**4**	**0,00022573**	**-1**
20	**7,82E-05**	23	0,0145319	22	0,0002189	1
5	0,00100534	**19**	**0,02732062**	23	0,00020661	1
21	0,002931865	21	0,02896032	**20**	**0,00019791**	**1**
23	0,009840276	5	0,02954874	21	0,00018639	1
22	0,015156476	**20**	**0,04691413**	5	0,00016155	-1
18	0,021217904	2	0,10665371	18	0,00013329	1
6	0,033468332	10	0,18482031	2	0,00010671	-1

Tabla 4.6. Análisis del Suby2 en ventanas de 4h

Subyacente 3

Ventana_1h

Hora	Coef_Wilcox	Hora	Coef_T	Hora	Media	Signo
4	**2,07E-05**	7	0,02340306	**18**	**0,00010512**	**1**
18	**0,000606315**	**4**	**0,02978914**	16	8,12E-05	1
23	0,023112235	**18**	**0,04935337**	**4**	**7,60E-05**	**-1**
19	0,05166727	22	0,07384703	22	6,75E-05	1

Tabla 4.7. Análisis del Suby3 en ventanas de 1h

Ventana_2h

Hora	Coef_Wilcox	Hora	Coef_T	Hora	Media	Signo
19	**3,30E-05**	22	0,01297386	**19**	**0,00015779**	**1**
4	**0,001037137**	**19**	**0,01780959**	18	0,00014804	1
5	0,004552384	23	0,02224902	22	0,00012938	1
23	0,011212453	5	0,02856169	17	0,00012407	1
22	0,011335994	8	0,0425658	23	0,00011898	1
18	0,011553926	**4**	**0,04869142**	**4**	**0,00010668**	**-1**
20	0,025893876	18	0,05054801	5	0,00010206	-1

Tabla 4.8. Análisis del Suby3 en ventanas de 2h

Ventana_4h

Hora	Coef_Wilcox	Hora	Coef_T	Hora	Media	Signo
19	**1,15E-05**	**21**	**0,00166892**	**19**	**0,0002829**	**1**
21	**9,66E-05**	23	0,00231978	**21**	**0,00024909**	**1**
20	**0,000219491**	22	0,00330731	**20**	**0,0002281**	**1**
4	**0,000550947**	**19**	**0,00359672**	23	0,00020167	1
23	0,000970307	**4**	**0,00397607**	22	0,00019849	1
5	0,002565609	**5**	**0,01093185**	18	0,00019445	1
22	0,006748261	7	0,01389438	**4**	**0,00018589**	**-1**
18	0,012222811	**20**	**0,01447655**	5	0,00017528	-1
6	0,014446057	18	0,04810422	7	0,00014882	1

Tabla 4.9. Análisis del Suby3 en ventanas de 4h

Subyacente 4

Ventana_1h

Hora	Coef_Wilcox	Hora	Coef_T	Hora	Media	Signo
23	**0,000248141**	**3**	**0,00026219**	16	0,00011706	1
3	**0,000455164**	4	0,00034572	**3**	**9,68E-05**	**-1**
1	**0,000955699**	6	0,00069833	4	9,43E-05	1
10	**0,000963577**	**23**	**0,00093834**	**10**	**9,24E-05**	**-1**
5	0,003083064	**1**	**0,00096022**	**23**	**9,16E-05**	**1**
24	0,003164318	24	0,00120691	24	7,31E-05	-1
4	0,004947466	2	0,00415523	22	7,28E-05	1
6	0,006523201	16	0,00854384	6	7,14E-05	1
2	0,010864644	5	0,01235811	**1**	**7,02E-05**	**-1**
16	0,018044571	**10**	**0,02008108**	2	6,36E-05	-1
20	0,087381088	22	0,03882171	12	6,23E-05	-1

Tabla 4.10. Análisis del Suby4 en ventanas de 1h

Ventana_2h

Hora	Coef_Wilcox	Hora	Coef_T	Hora	Media	Signo
3	**1,10E-06**	**1**	**1,56E-07**	16	0,00017856	1
2	**1,33E-06**	**3**	**8,47E-07**	**23**	**0,00016364**	**1**
1	**2,13E-06**	**2**	**1,13E-06**	**1**	**0,00016287**	**-1**
6	**1,34E-05**	**6**	**1,72E-05**	**3**	**0,00016171**	**-1**
5	**3,85E-05**	**5**	**2,48E-05**	**5**	**0,00015453**	**1**
23	**0,00019718**	**23**	**0,00044642**	11	0,00014948	-1
16	0,01566096	16	0,00624711	**2**	**0,00013969**	**-1**
13	0,02249363	22	0,00736397	**6**	**0,00013114**	**1**
10	0,02313708	21	0,01384739	22	0,00012504	1

Tabla 4.11. Análisis del Suby4 en ventanas de 2h

Ventana_4h

Hora	Coef_Wilcox	Hora	Coef_T	Hora	Media	Signo
3	**4,19E-13**	**3**	**1,84E-14**	**3**	**0,00034173**	**-1**
7	**8,64E-06**	**23**	**9,97E-06**	**23**	**0,00027334**	**1**
23	**1,75E-05**	**7**	**1,23E-05**	13	0,00025618	-1
4	**8,46E-05**	**2**	**0,00028481**	12	0,00022287	-1
2	**0,00029212**	**4**	**0,00059603**	22	0,00021093	1
22	0,002165759	22	0,00163953	**7**	**0,00019909**	**1**
13	0,020571652	13	0,00290979	17	0,00018249	1
10	0,031149092	12	0,00831126	16	0,00017674	1
8	0,036941215	6	0,0094438	11	0,00017602	-1
11	0,038182633	10	0,01425467	**2**	**0,00015898**	**-1**
16	0,03853639	11	0,0202555	**4**	**0,00014907**	**-1**
21	0,043152676	16	0,03800656	10	0,00014664	-1

Tabla 4.12. Análisis del Suby4 en ventanas de 4h

Subyacente 5

Ventana_1h

Hora	Coef_Wilcox	Hora	Coef_T	Hora	Media	Signo
3	**4,09E-07**	**3**	**1,84E-06**	**16**	**0,00016368**	**-1**
13	**4,23E-06**	6	0,00049553	**3**	**0,00013111**	**1**
16	**0,000247938**	**13**	**0,00070248**	**13**	**0,00011684**	**1**
21	0,001246253	**16**	**0,00186238**	21	0,00010705	-1
6	0,005284455	21	0,00348038	11	8,94E-05	1

Tabla 4.13. Análisis del Suby5 en ventanas de 1h

Ventana_2h

Hora	Coef_Wilcox	Hora	Coef_T	Hora	Media	Signo
13	**1,67E-06**	**3**	**7,67E-06**	17	0,00017336	-1
3	**1,04E-05**	**6**	**0,0001918**	21	0,00016404	-1
14	**8,03E-05**	**14**	**0,00110205**	**13**	**0,00016131**	**1**
6	**0,000151585**	**13**	**0,00134413**	**14**	**0,00015899**	**1**
21	0,002203852	21	0,00147988	**3**	**0,00015456**	**1**
12	0,004093785	2	0,00755908	16	0,00015123	-1
5	0,005652834	4	0,01231773	12	0,00013448	1
22	0,007026003	12	0,01891426	**6**	**0,00012392**	**-1**
19	0,007939711	5	0,02290608	20	0,00011892	-1

Tabla 4.14. Análisis del Suby5 en ventanas de 2h

Ventana_4h

Hora	Coef_Wilcox	Hora	Coef_T	Hora	Media	Signo
14	**8,52E-06**	3	2,52E-06	**14**	**0,00029245**	**1**
21	**6,78E-05**	**4**	**9,24E-05**	19	0,00023191	-1
13	**9,63E-05**	**14**	**0,0001809**	**13**	**0,000229**	**1**
15	**0,0002885**	**13**	**0,00395201**	**21**	**0,00022076**	**-1**
3	**0,000400498**	**23**	**0,00525887**	**15**	**0,0002163**	**1**
7	0,001414641	**15**	**0,0052644**	22	0,00020557	-1
4	0,001875019	7	0,00605598	**23**	**0,00019533**	**-1**
22	0,003044082	22	0,00858928	3	0,00018454	1
23	0,003064165	21	0,01407888	**4**	**0,00017317**	**1**
24	0,007786884	24	0,03214218	18	0,00015676	-1

Tabla 4.15. Análisis del Suby5 en ventanas de 4h

Subyacente 6

Ventana_1h

Hora	Coef_Wilcox	Hora	Coef_T	Hora	Media	Signo
4	**4,83E-08**	**4**	**0,00117861**	**4**	**0,00011698**	**-1**
3	**4,95E-05**	**3**	**0,00202584**	**3**	**0,00011318**	**1**
18	0,001064496	13	0,00932056	18	0,00011299	1
13	0,001542914	5	0,01199301	13	8,48E-05	1

Tabla 4.16. Análisis del Suby6 en ventanas de 1h

Ventana_2h

Hora	Coef_Wilcox	Hora	Coef_T	Hora	Media	Signo
5	**7,55E-08**	**5**	**5,27E-05**	**5**	**0,00018687**	**-1**
13	**0,00077242**	**6**	**0,00073635**	18	0,00014079	1
6	**0,000804269**	14	0,01589512	**6**	**0,00013119**	**-1**
19	0,001635271	7	0,02033565	14	0,00011485	1
18	0,006863506	**13**	**0,04010227**	19	0,00010678	1
23	0,008545263	18	0,04173403	16	0,00010392	-1
12	0,014294523	3	0,04192928	7	9,78E-05	-1
3	0,016777346	23	0,04934093	**13**	**9,53E-05**	**1**
14	0,019840732	19	0,07031828	10	9,29E-05	-1

Tabla 4.17. Análisis del Suby6 en ventanas de 2h

Ventana_4h

Hora	Coef_Wilcox	Hora	Coef_T	Hora	Media	Signo
7	**6,48E-07**	**7**	**8,83E-06**	**7**	**0,00028623**	**-1**
14	**0,00016454**	8	0,0025078	8	0,00017934	-1
9	0,00415732	9	0,0063062	9	0,00017051	-1
6	0,00447729	**14**	**0,01121764**	**14**	**0,00016906**	**1**
13	0,00969191	10	0,04739429	10	0,00013967	-1

Tabla 4.18. Análisis del Suby6 en ventanas de 4h

Una vez seleccionadas las franjas horarias, las demás se descartan directamente de los futuros análisis. Se puede comprobar cómo para algunos subyacentes existen más rangos escogidos, lo cual hace que haya más posibilidades de encontrar mejores resultados que en otros.

4.2 Diseño simple de la estrategia

En este apartado lo que se va a realizar es una primera estrategia para cada subyacente. Cada una de éstas se estudia de manera independiente.

Mediante la plataforma TradeStation, se escribe la estrategia en EasyLanguage[1]. Dicha primera estrategia consistirá en los siguientes **criterios**:

1) Cada día nos pondremos largos y cortos, es decir, se va a coger dos franjas horarias en el que el signo de la media sea -1 y +1. Esto se hace así porque sistemas con posiciones cortas y largas suelen dar resultados más robustos. Los sistemas están mejor balanceados, exponiéndose a menores riesgos.

2) Van a tomar preferencia las franjas horarias que comprendan entre las 9 de la mañana y las 9 de la noche, ya que, en la madrugada, el volumen de mercado será mucho más bajo o nulo. Esto hace que no se pueda comprar o vender a una determinada hora prevista. En el gráfico se puede ver cómo en horas de madrugada (en hora española) el volumen es muy escaso (Rojo) y en horarios de 9:00 a 21:00, aproximadamente, el volumen es alto (Verde).

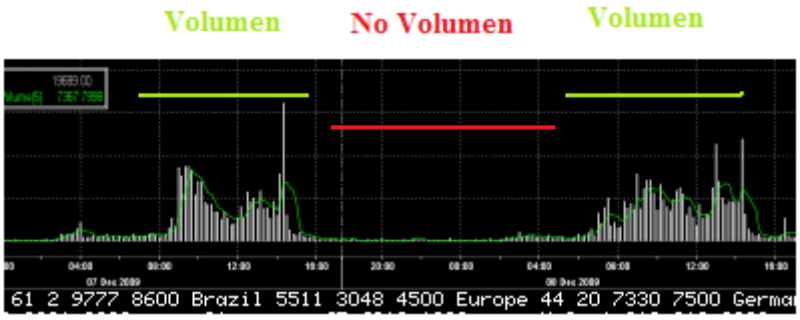


Figura 4.2. Ejemplo de gráfica de Volumen de 8:00 día1 a 22:00 día 2

3) Las posiciones largas no se van a solapar con las cortas.

4) Se van a probar los dos o tres mejores rangos de cada subyacente (los que tenga mejor salida del test de Wilcoxon), teniendo en cuenta los pasos anteriores.

[1]EasyLanguage lenguaje de programación desarrollado para la plataforma TradeStation. Se suele usar para crear indicadores financieros y también para crear algoritmo de estrategias de Trading.

5) Asimismo, se podrá hacer un estudio, incluso, de rangos alternativos. Es decir, si salen seleccionados, por ejemplo, una posición larga de 12:00-16:00 y otra posición larga de 13:00-17:00, se comprobará si puede ser mejor opción una posición larga de 13:00-16:00. O por ejemplo, si hay una posición corta de 19:00-23:00, ver si 18:00-22:00 sería mejor, aunque su salida en el test de Wilcoxon no sea tan buena, pero, a cambio, se acerca a horarios de más volumen.

6) De las opciones elegidas en cada subyacente, se escribirá una estrategia y se analizará el resultado de salida en el TradeStation. Se estudiará el CALMAR de cada una y se observará la gráfica del rendimiento que se hubiera obtenido aplicando la estrategia desde el 2003 hasta el 2009 (mismo período usado para las series escogidas bajo estudio). Hay que escoger aquellas curvas que se asemejen a una curva lineal de pendiente positiva y no tengan determinados períodos en que decaiga o se mantenga constante. De ser así, se descartaría.

   El CALMAR se define de la siguiente manera:

$$CALMAR = \frac{NetProfit}{-\,Max_Intraday_Drawdown}\ x\ 1/N$$

   Donde NetProfit es el beneficio neto, N el número de años del período escogido y Max_Intraday_Drawdown es la pérdida máxima que se ha obtenido mientras la estrategia ha estado en mercado. Este concepto es importante, ya que la ganancia que se necesita para recuperarse de las pérdidas sigue un crecimiento exponencial y si, por ejemplo, se pierde un 35% del capital, se necesitará posteriormente ganar un 54% para recuperarse. Por ejemplo, si inicialmente tienes un capital de 100 euros y pierdes un 35%, te quedas con 65 euros. Para volver a tener esos 100 euros, es necesario ganar un 35/65= 53,8% del capital actual (es decir, sobre los 65 euros).

   Cuanto mayor sea el CALMAR, por tanto, mejores resultados se obtendrán. Se considera que se obtienen buenos resultados a partir de un CALMAR de, aproximadamente, 2.

7) Aquellas dos franjas horarias (un corto y un largo) de cada subyacente que cumpla mejor con los requisitos, serán las escogidas para continuar en su estudio.

4.2.1 Primeros resultados

Teniendo en cuenta todos los puntos comentados anteriormente, se han añadido 3 alternativas (franjas horarias) más de las seleccionadas en celeste en el apartado anterior, y se han eliminado otras franjas horarias. De este modo, las opciones que dan como resultado han sido las siguientes:

Subyacente1:	
Cortos (-1):	10:00-14:00
	9:00-13:00
	11:00-13:00
	12:00-14:00
Alternativa:	10:00-13:00
Largos (+1):	17:00-21:00

Subyacente2:	
Cortos (-1):	Nada
Largos (+1):	17:00-18:00
	17:00-19:00
	15:00-19:00
	16:00-20:00

Subyacente3:	
Cortos (-1):	Nada
Largos (+1):	17:00-18:00
	17:00-19:00
	15:00-19:00
	17:00-21:00
	16:00-20:00

Subyacente4:	
Cortos (-1):	9:00-10:00
Largos (+1):	19:00-23:00
	21:00-23:00
Alternativa:	18:00-22:00

Subyacente5:	
Cortos (-1):	15:00-16:00
	19:00-23:00
	17:00-21:00
Alternativa:	19:00-21:00
Largos (+1):	12:00-13:00
	11:00-13:00
	12:00-14:00
	10:00-14:00
	9:00-13:00
	11:00-15:00

Subyacente6:	
Cortos (-1):	Nada
Largos (+1):	11:00-13:00
	10:00-14:00

Tabla 4.19 Selección de franjas horarias

Como se puede observar, se ha realizado un filtro de 3 subyacentes (las grises) descartándolas por no encontrar franjas buenas en las que posicionarse Corto. Por lo tanto, los futuros estudios sólo se realizarán a los subyacentes 1, 4 y 5.

En el siguiente apartado, se estudia la calidad que tiene cada posible estrategia a seguir, es decir, analizando todas las posibles combinaciones (32 combinaciones) entre un largo y un corto de cada subyacente. Por lo tanto, habrá que implementar y simular cada una de las 32 estrategias en TradeStation.

4.2.2 Evaluación de los distintos escenarios

Como se ha comentado anteriormente, a partir de la estrategia básica (según los resultados obtenidos por el test de Wilcoxon), se implementa en el TradeStation y se analizan resultados.

Los **valores escogidos** de entre todos los simulados han sido los siguientes:

Subyacente 1

Corto: 10:00-14:00		**Corto: 9:00-13:00**		**Corto: 11:00-13:00**		**Corto: 12:00-14:00**		**Corto: 10:00-13:00**	
CALMAR	**Largo**	**CALMAR**	**Largo**	**CALMAR**	**Largo**	**CALMAR**	**Largo**	**CALMAR**	**Largo**
2,69	**17:00-21:00**	1,58	17:00-21:00	2,09	17:00-21:00	1,89	17:00-21:00	2,14	17:00-21:00

Tabla 4.20 Franjas horarias Subyacente 1.

Subyacente 4

Corto: 9:00-10:00		**Corto: 9:00-10:00**		**Corto: 9:00-10:00**	
CALMAR	**Largo**	**CALMAR**	**Largo**	**CALMAR**	**Largo**
2,91	19:00-23:00	3,01	21:00-23:00	**2,84**	**18:00-22:00**

Tabla 4.21 Franjas horarias Subyacente 4.

Subyacente 5

Corto: 15:00-16:00		**Corto: 19:00-23:00**		**Corto: 17:00-21:00**		**Corto: 19:00-21:00**	
CALMAR	**Largos**	**CALMAR**	**Largos**	**CALMAR**	**Largos**	**CALMAR**	**Largos**
0,19	12:00-13:00	0,73	12:00-13:00	0,67	12:00-13:00	1,66	12:00-13:00
0,21	11:00-13:00	0,76	11:00-13:00	0,87	11:00-13:00	1,90	11:00-13:00
1,22	12:00-14:00	0,92	12:00-14:00	1,78	12:00-14:00	1,88	12:00-14:00
2,07	10:00-14:00	1,21	10:00-14:00	**2,34**	**10:00-14:00**	2,11	10:00-14:00
1,74	9:00-13:00	0,54	9:00-13:00	2,01	9:00-13:00	1,57	9:00-13:00
1,27	11:00-15:00	0,23	11:00-15:00	1,15	11:00-15:00	0,88	11:00-15:00

Tabla 4.22Franjas horarias Subyacente 5

Por tanto, las opciones seleccionadas han sido las celestes, ya que para las estrategias 1 y 3 son los de mayor CALMAR. Sin embargo, para la estrategia 2, a pesar de que no es el de mayor CALMAR, es mejor ese rango de valores por el tema ya comentado del volumen de mercado (además, ese CALMAR es bastante bueno y su salida en Wilcoxon está en α=0.002, aceptable, aunque no de las mejores).

- Las **curvas de rendimiento** que generan estas 3 estrategias seleccionadas han sido las siguientes (en todas las estrategias se ha operado simulando una inversión inicial de 100000 $):

Estrategia 1

Subyacente 1: Corto 10:00-14:00 y Largo 17:00-21:00

Total NetProfit: 143,266.00 $

Max Drawndown (Trade Close to Trade Close): 8,876.00 $

Por tanto, el CALMAR que sale es de 2,69

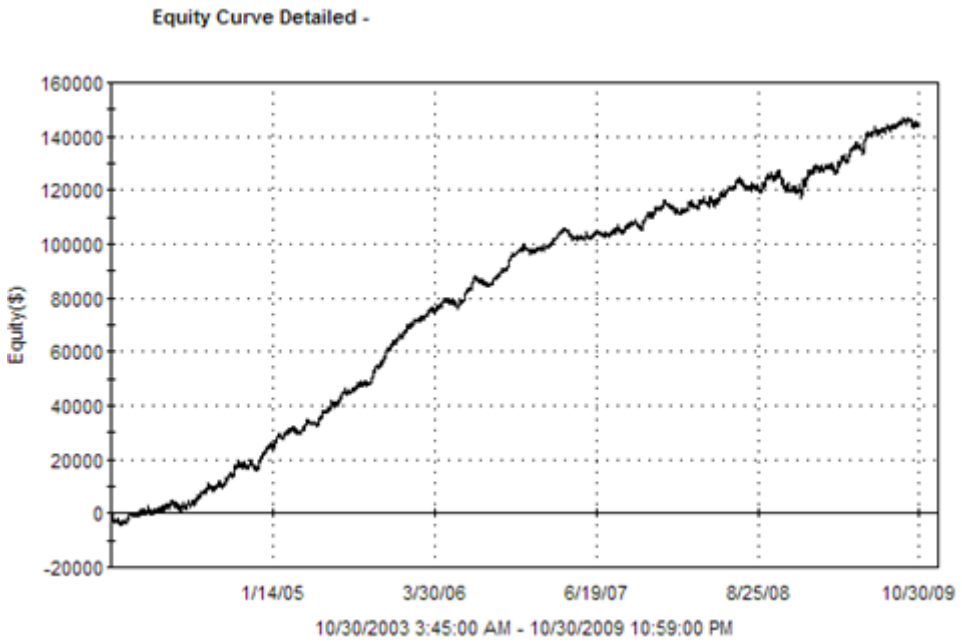


Figura 4.3 Rendimiento Estrategia 1

Estrategia 2

Subyacente 4: Corto 9:00-10:00 y Largo 18:00-22:00

Total NetProfit: 255,756.00 $

Max Drawndown (Trade Close to Trade Close): 14,964.00 $

Por tanto, el CALMAR que sale es de 2,848

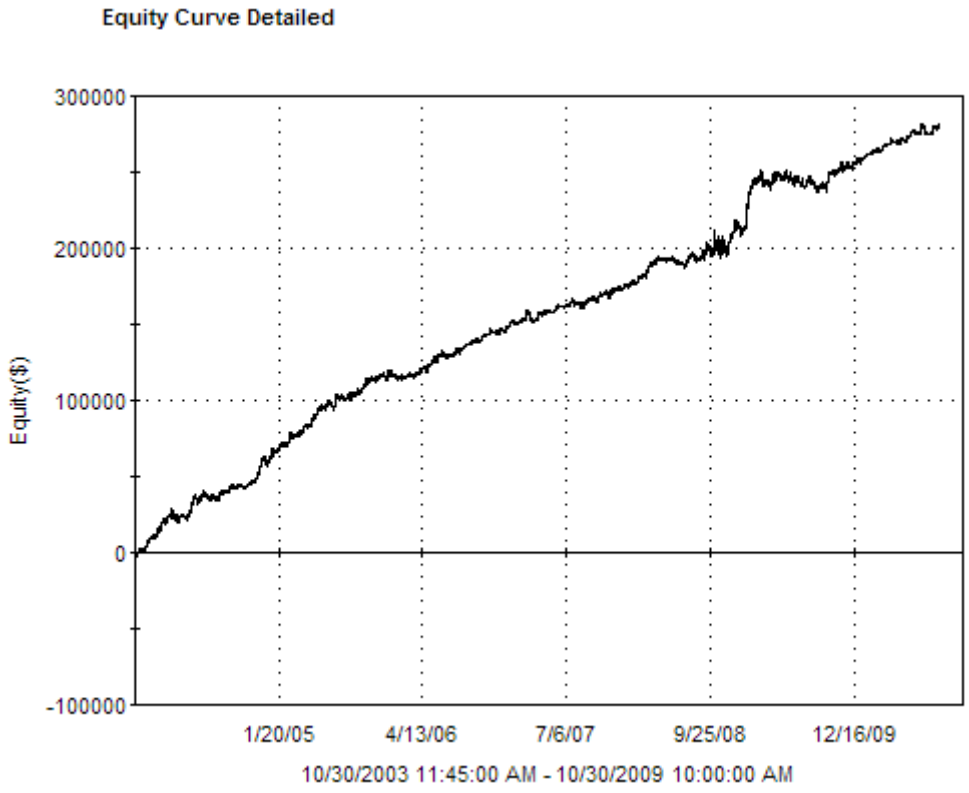


Figura 4.4 Rendimiento Estrategia 2

Estrategia 3

Subyacente 5: Corto 17:00-21:00 y Largo 10:00-14:00

Total NetProfit: 143,183.00 $

Max Drawndown (Trade Close to Trade Close): 9,976.92 $

Por tanto, el CALMAR es de 2,34

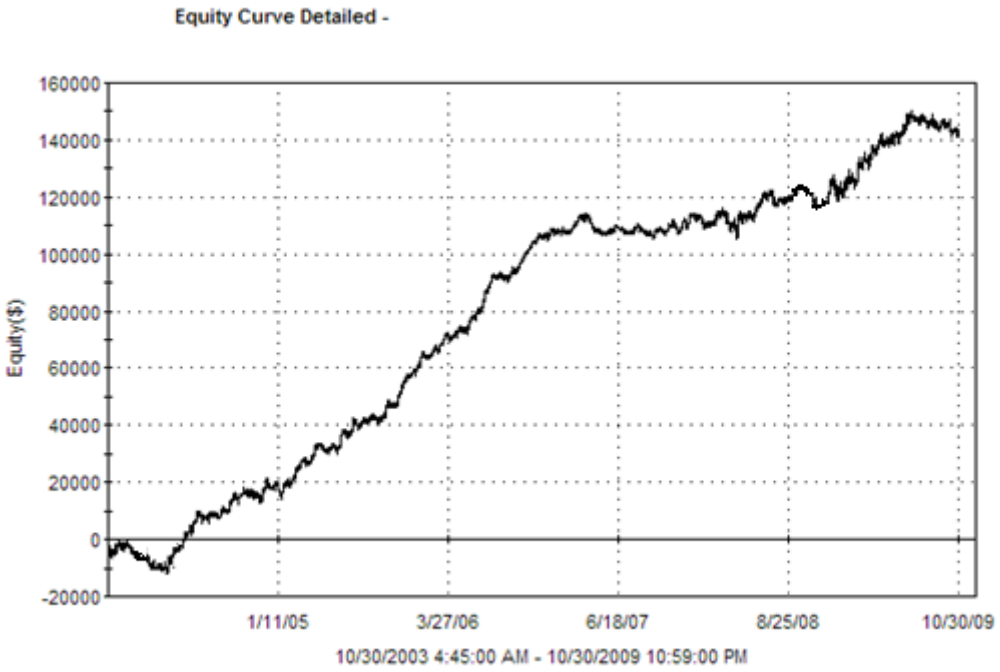


Figura 4.5 Rendimiento Estrategia 3

Comentarios de las 3 estrategias:

Comentar, antes de nada, que el valor de la Equity es importante, pero no tanto como el valor del CALMAR y la forma de la curva. Para los resultados de todas las estrategias diseñadas, el número de contratos sólo ha sido de 2. Esto se explicará más en detalle en las conclusiones finales.

Hasta ahora, la estrategia que sería la ganadora sería la segunda, no sólo por que su CALMAR es el mayor, sino también porque su curva de rendimientos es muy lineal con pendiente positiva (aunque la estrategia 1 también presenta una curva muy buena). La estrategia 3 es la que tiene peor curva, ya que hay un pequeño período en el que se

queda plana, a pesar de que, en general, se puede considerar que es una curva lineal de pendiente positiva. Esto habrá que corregir con posteriores mejoras.

Lo que se intenta tener es que, a lo largo de los años, se vaya acumulando beneficios y si en algún período de tiempo la curva es estable, significará que no se estará ganando más dinero. Esto se debe evitar, ya que si ya de por sí la curva nos da períodos de rendimientos planos, nos da a entender, a priori, que los puede dar en el futuro.

Respecto al maxDrawnDown, la estrategia 1 es la que presenta menor y la estrategia 2, mayor. Esto es importante observarlo para ver que, a pesar de que las estrategias 1 y 3 presentan prácticamente iguales beneficios, esto no es suficiente para estimar la valía de la estrategia. Las máximas pérdidas que se pueden tener en una estrategia hacen que los beneficios no sean el único factor relevante para estimar la calidad de la estrategia (como el caso de la estrategia 3 con respecto a la1), ya que, aunque la estrategia dé altos beneficios, si va acompañado de fuertes pérdidas en determinados momentos, puede que el capital de la cartera no lo soporte y se esté expuesto a más riesgo del necesario.

Por tanto, las primeras conclusiones que se sacan es que la estrategia 1 y 2 son las mejores. La estrategia 3 es la que presenta peor curva y peor CALMAR. Esto se intentará mejorar con futuras mejoras.

4.2.3 Características de las ventanas seleccionadas

En este apartado, se va a caracterizar más en detalle cómo son las series escogidas. Dichas series siguen un determinado patrón, por lo que, deberían de tener una kurtosis alta y un skewness no muy grande. En este apartado, se quiere corroborar que las series van estar dentro de unas características aceptables. La mayor parte de los valores se van a desviar en un pequeño rango de su media y van a ser más o menos simétricos respecto a su media. En caso de que alguna tenga una calidad muy mala, habría que justificarlo y se podría dar la posibilidad de sustituir ésta por otra (del mismo subyacente) que tenga el siguiente mejor CALMAR.

Las **propiedades** a estudiar han sido las siguientes:

Desviación típica: medida de dispersión que da información acerca de la media de distancias que tienen los datos en su distribución respecto a su media aritmética.

Kurtosis: medida estadística que da información acerca de la forma de apuntamiento de las distribuciones. Trata de estudiar la mayor o menor concentración de frecuencias alrededor de la media y en la zona central de la distribución. El coeficiente de apuntamiento más extendido es el basado en el cuarto momento respecto a la media (β_2), aunque también se utiliza la misma expresión sustrayendo 3 para generar un coeficiente centrado en cero (g_2).

$$\beta_2 = \frac{\mu_4}{\sigma^4} \qquad g_2 = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3$$

Skewness: medida de asimetría de una distribución de probabilidad. Si una distribución es simétrica, entonces la media, la mediana y la moda coincidirán.

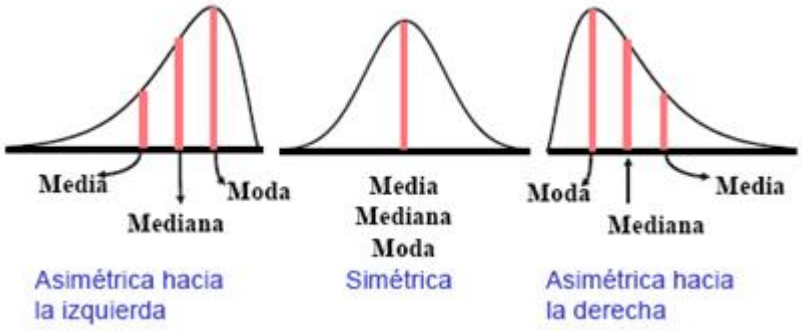


Figura 4.6 Skewness

Se puede calcular de dos formas:

$$\gamma_1 = \frac{\mu_3}{\sigma^3}\,,\ \gamma_1 = \frac{k_3}{k_2^{3/2}} = \frac{\sqrt{n\,(n-1)}}{n-2}\,g_1\,,\ \text{con}\ \ g_1 = \frac{m_3}{m_2^{3/2}} = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\overline{x})^3}{\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\overline{x})^2\right)^{3/2}}$$

Histograma y cuartiles: Sirve para representar gráficamente cómo están distribuidos los datos. Los cuartiles son los 3 valores de la variable que dividen a un conjunto de datos ordenados en 4 partes iguales. Q1, Q2 y Q3 determinan los valores correspondientes al 25%, 50% y 75% de los datos. Q2 coincide con la mediana. Los valores atípicos son los que se salen del rango Li y Ls.

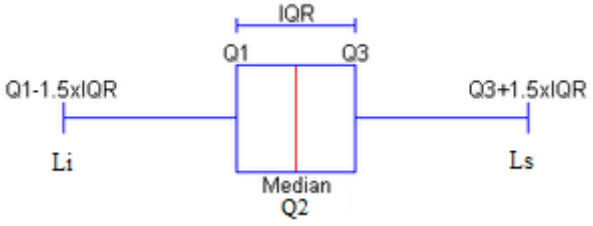


Figura 4.7 Cuartiles

4.2.3.1 Resultados

Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

a) La desviación típica de cada una de las series:

	Desv tip
Estrategia1	
Corto	5.39%
Largo	5.34%
Estrategia2	
Corto	4.03%
Largo	5.03%
Estrategia3	
Corto	5.73%
Largo	5.72%

Tabla 4.23 Resultados desviación típica

Se puede comprobar que las desviaciones típicas no son altas.

b) La fórmula de la **kurtosis** utilizada ha sido la g_2. A mayor kurtosis, se tendrá menor varianza en la distribución (baja dispersión de los valores de rendimientos) y, por lo tanto, menor riesgo al invertir. Este concepto es fundamental, ya que la base en teoría de inversión es la relación directa entre el **rendimiento** y el **riesgo**. Se puede considerar una kurtosis alta cuando se empieza a tener valores mayores a 4, aproximadamente, y se ve cómo en todos menos en uno (con 3.65, no muy mala), se cumple. Ver Tabla 4.24

c) Respecto al **skewness**, valores entre -1 y 1 sería aceptable para suponer una simetría. Entre -3 y 3, bastante asimétrico. Como se puede observar, se puede decir que las distribuciones son aceptables para considerarlas simétricas.

	Kurtosis	Skewness
Estrategia1		
Corto	5,4800608	-0.77373711
Largo	4,35668219	-0.08180232
Estrategia2		
Corto	3,65213083	0.01366825
Largo	9,69620926	0.68490484
Estrategia3		
Corto	4,25380778	-0.34647097
Largo	7,30055852	0.64583402

Tabla 4.24 Resultados Skewness y Kurtosis

d) Histogramas y representación en cuartiles. Se puede observar que todas las distribuciones son más o menos simétricas (aunque unas tienen asimetría por la derecha, y otros por la izquierda, éstas no son importantes). Además, la mayoría presentan un intervalo IQR de entre -0.0025 y 0.0025, pero no presentan los mismos valores atípicos. El que presenta mayor apuntamiento es el Largo de la estrategia 2, coincidiendo así con el resultado del de mayor kurtosis de la Tabla 4.24

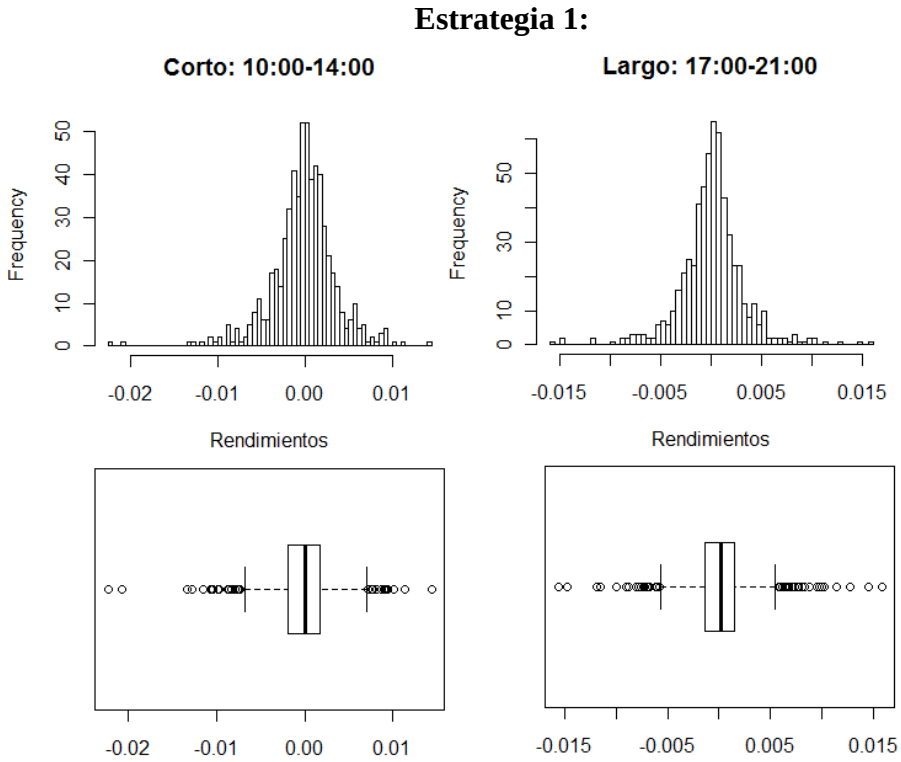


Figura 4.8. Visualización gráfica datos Estrategia 1

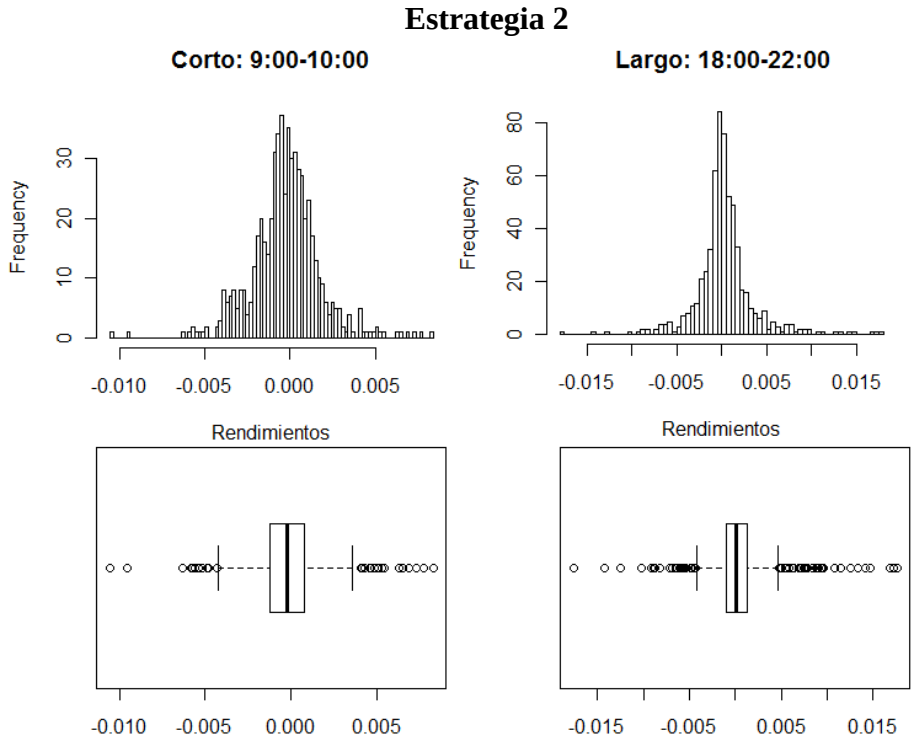


Figura 4.9. Visualización gráfica datos Estrategia 2

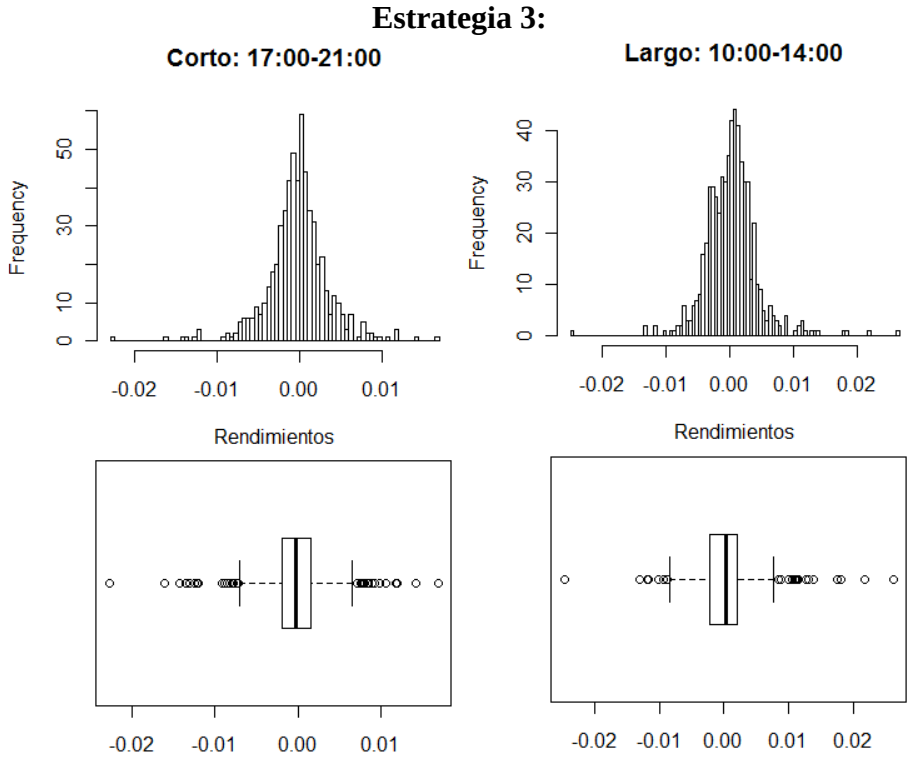


Figura 4.10 Visualización gráfica datos Estrategia 3

En este apartado, simplemente, se quería observar cómo eran las distribuciones de las series seleccionadas que se están manejando. Las características entran dentro de lo esperado, ya que el skewness y la kurtosis tienen unos valores aceptables. El hecho de que se encuentren unos patrones en las series a partir de los test de Wilcoxon y de la T, hacen que estas series cumplan con unas determinadas características en las medidas de dispersión y, por tanto, sean coherentes los resultados obtenidos anteriormente. [Para entrar más en detalle acerca de estos conceptos y valores aceptables: "*Trading systems: a new approach to system developmen and portfolio optimisation*", Urban Jaele, Emili Tomasini]

Se concluye en esta sección que se han encontrado determinadas ventanas horarias significativas, lo cual hace que sea una importante información para ponerse manos a la obra. Por tanto, en la siguiente sección se empieza a trabajar propiamente en lo que es la estrategia en sí, su diseño, optimizaciones y mejoras.

5. Resultados y Optimizaciones

A partir de las 3 estrategias básicas diseñadas en la sección anterior, en ésta se va a proceder a realizar un análisis más exhaustivo para sacar mejores resultados. Se hará uso de las regresiones para buscar una clara dependencia entre la estrategia diseñada y el movimiento del mercado. Se estudiarán los distintos escenarios posibles y aquellos elegidos serán los que se optimizarán mediante TradeStation en búsqueda de los mejores parámetros. Una vez llegados a este punto, se sacarán las conclusiones finales.

5.1 Análisis de distintas estrategias

En este apartado, se va a proceder a comparar las 3 estrategias diseñadas con la evolución del precio del propio subyacente en los 7 años y con la volatilidad que se ha tenido, siendo la volatilidad la medida estadística del movimiento pasado del precio.

Para ello, se va a hacer uso del análisis de regresiones lineales. En un análisis de regresión simple existe una variable de respuesta o dependiente (y) y una variable explicativa o independiente (x). El objetivo es obtener una función sencilla de la variable explicativa que sea capaz de describir lo más ajustadamente posible la variación de la variable dependiente. Existirá un error, ya que los valores observados diferirán generalmente de los que predice la función. A este error se le llama error residual. La regresión lineal se define de la siguiente manera:

$$r_t^S = \alpha + \beta * r_t^D + \epsilon_t$$

Donde r_t^S es el rendimiento diario en el día t resultante de la estrategia S, r_t^D es el rendimiento diario del día t, ϵ_t es el error. El modelo dará unos coeficientes de salida, α y β. La α representa el valor que r_t^S espera tomar cuando la variable explicativa es cero y la β, lo que influye r_t^D sobre la variabilidad de r_t^S.

5.1.1 Regresiones con la evolución del mercado

Lo primero de todo a lo que se va a proceder es ver si cada estrategia diseñada depende débilmente o fuertemente de lo que vaya ocurriendo en el mercado. Para ello, a partir de las 3 estrategias básicas diseñadas en la sección anterior, se va a hacer el siguiente estudio:

a) En cada subyacente por separado, se calcula el rendimiento porcentual diario de la siguiente manera: $R = (Pt-P_{t-1})/P_{t-1}$, siendo P_t el precio de cierre de un día y P_{t-1} el precio de cierre del día anterior. En este caso no se hacen con logaritmos porque los datos porcentuales de precio que se

van a comparar posteriormente van a tener este formato, aunque no diferiría mucho el resultado (como se comprobó en apartados anteriores).

b) Se cogen los rendimientos porcentuales diarios que se obtienen al aplicar la regla de trading. En este caso, ya no aplicamos la regla de trading de forma "ideal" como en la sección anterior. Aquí hay que tener en cuenta los costes de transacción, así como establecer un slippage (diferencia entre el precio al que se pone la orden y el precio al que se ejecuta el trade). Esto es importante porque los ingresos que se vayan teniendo mientras la estrategia esté "corriendo" en mercado, se reducen cada vez que se hagan operaciones.

c) Se va a hacer una regresión entre los rendimientos de salida de la estrategia y los rendimientos de salida sin aplicar la estrategia. Es decir, se compara entre la opción 1: poner dinero en un subyacente, dejarlo durante X años y sacarlo; y la opción 2: poner el dinero durante X años aplicando la regla de trading (comprando y vendiendo en las ventanas diarias escogidas). Con ello, se observa si la regla diseñada dependen fuertemente o débilmente de cómo evolucione el mercado o si es más o menos ajena a ella.

En segundo lugar, se comprobará la importancia que tiene la volatilidad del mercado con la estrategia, es decir, los movimientos porcentuales en precio del subyacente, tanto a la alza como a la baja.

Para el cálculo de la volatilidad de cada subyacente, como no existe un índice específico para cada uno de ellos, se procede a su cálculo. Éste se calcula a partir de los precios de cierre diarios (en concreto, se han cogido los 22 días anteriores para cada día) y, a partir de ellos, se calcula la estimación de la volatilidad anual:

$$Volat_i = \sigma_i * \sqrt{252}$$

siendo $Volat_i$ la volatilidad anual referida al día i, σ_i la desviación típica de los últimos 22 días y 252 referido a los días de un año (aunque también se suele utilizar 260).

5.1.2 Resultados

Teniendo en cuenta todos los pasos anteriores, se han sacado los datos de los precios de cierre del mercado desde la plataforma de Bloomberg, se han calculado sus rendimientos diarios y la volatilidad y se han sacado los rendimientos diarios de las estrategias diseñadas a partir de la plataforma TradeStation.

La regresión realizada va a ser múltiple, ya que en este caso se tienen dos variables independientes a estudiar (para la volatilidad y para los rendimientos del mercado) y se define como sigue:

$$r_t^s = \alpha + \beta_1 * r_t^D + \beta_2 * Volatilidad$$

A continuación se muestran los resultados obtenidos. Se presentan los coeficientes de salida, el estadístico t usado para testear la hipótesis nula de que cada coeficiente de regresión es igual a cero, los datos de los errores residuales y el R^2, que es un estadístico que te da información acerca de cómo se aproxima la regresión lineal a los puntos de los datos reales (va de 0 a 1. Si R^2 = 1, significa que el modelo explica toda la variabilidad de r_t^s).

5.1.2.1 Estrategia 1: Regresiones y correlación

Regresiones

```
Residuals:
    Min      1Q  Median      3Q     Max
-2.0751 -0.3249 -0.0249  0.2682  2.7599

Coefficients:
             Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.072645   0.036293   2.002   0.0455 *
oneDayRet   -0.109575   0.020840  -5.258 1.66e-07 ***
oneDayVolat -0.002150   0.003571  -0.602   0.5471
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.5274 on 1547 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.0177,     Adjusted R-squared: 0.01643
```

Tabla 5.1 Regresiones Estrategia 1.

Para esta estrategia, los coeficientes resultantes han sido:

- α = 0,072645 con una significancia entre 95% y 99% de rechazo de Ho
- β_1 = -0,109575 con una significancia entre 99,9% y 100% de rechazo de Ho
- β_2 = -0,00215 acepta Ho.
- R^2 = 1, 643%

Comentarios: La regresión con estas variables independientes no se ajusta muy bien a la realidad, ya que R^2 no es alta. Se aprecia, además, que el movimiento del mercado sí que afecta a la estrategia diseñada, dando un 10,95%. Esto se debe disminuir, ya que el objetivo de la estrategia es que sea lo más ajena posible al mercado. Su valor es negativo, lo que implica que las posiciones cortas dan mejores resultados que las largas. Por otro lado, la volatilidad no va a afectar a la estrategia (siendo 10 veces menor que la de los rendimientos diarios), con lo que ésta no se podrá mejorar incorporando filtros que dependan de la volatilidad.

Dado los datos de salida, el estudio de la correlación es acorde a estos: los coeficientes de correlación de la estrategia con los rendimientos diarios y la volatilidad son negativos y cercanos a cero, siendo el de los rendimientos diarios de mayor peso que los de la volatilidad.

Estudio de correlación

	oneDayStrategy	oneDayRet	oneDayVolat
oneDayStrategy	1.00000000	-0.13217555	-0.01207181
oneDayRet	-0.13217555	1.00000000	-0.02344576
oneDayVolat	-0.01207181	-0.02344576	1.00000000

Tabla 5.2 Correlación Estrategia 1.

5.1.2.2 Estrategia 2: Regresiones y correlación

Regresiones:

```
Residuals:
     Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.97071 -0.19956 -0.01581  0.18875  2.07634

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 0.040023   0.024758   1.617    0.106
oneDayRet   0.063643   0.015136   4.205 2.76e-05 ***
oneDayVolat 0.002518   0.002406   1.047    0.295
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3854 on 1547 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.01164,    Adjusted R-squared: 0.01036
```

Tabla 5.3 Regresiones Estrategia 2

Para esta estrategia, los coeficientes resultantes han sido:

- $\alpha = 0{,}040023$ acepta Ho.
- $\beta_1 = 0{,}063643$ con una significancia entre 99,9% y 100% de rechazo de Ho
- $\beta_2 = 0{,}002518$ acepta Ho.
- $R^2 = 1{,}036\%$

Comentarios: Las conclusiones son análogas a las de la estrategia 1, siendo la β de los rendimientos horarios y la R^2 menores. En este caso, el coeficiente de los rendimientos diarios es 30 veces mayor al de la volatilidad. Aquí, ambos coeficientes son positivos, con lo cual, los coeficientes de correlación también lo serán (siendo mayor el coeficiente de correlación de los rendimientos diarios al de la volatilidad). Además, se puede decir que las posiciones largas dan mejores resultados que las cortas.

Estudio de correlación:

	oneDayStrategy	oneDayRet	oneDayVolat
oneDayStrategy	1.00000000	0.10460013	0.01857623
oneDayRet	0.10460013	1.00000000	-0.07459248
oneDayVolat	0.01857623	-0.07459248	1.00000000

Tabla 5.4 Correlación Estrategia 2.

5.1.2.3 Estrategia 3: Regresiones y correlación

Regresiones:

```
Residuals:
      Min        1Q    Median        3Q       Max
-1.416124 -0.305913  0.003696  0.292913  2.712969

Coefficients:
             Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.071596   0.039146   1.829  0.06760 .
oneDayRet   -0.049788   0.018315  -2.718  0.00663 **
oneDayVolat -0.002669   0.003534  -0.755  0.45017
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.5044 on 1547 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.005022,   Adjusted R-squared: 0.003736
```

Tabla 5.5 Regresiones Estrategia 3

Para esta estrategia, los coeficientes resultantes han sido:

- $\alpha = 0{,}071596$ acepta Ho
- $\beta_1 = -0{,}049788$ con una significancia entre 99% y 99,9% de rechazo de Ho
- $\beta_2 = -0{,}002669$ acepta Ho.
- $R^2 = 0{,}3736\%$

Comentarios: Aquí los coeficientes β's son aún más pequeños que los anteriores. Sus valores son negativos y, además, la volatilidad tampoco influye en la estrategia. El movimiento del mercado tiene una influencia del 4,9% y su signo negativo indica que las posiciones cortas dan mejores resultados que las largas. La regresión da un ajuste muy malo a la realidad de los datos.

Análogamente, los coeficientes de correlación son los siguientes:

Estudio de correlación:

	oneDayStrategy	oneDayRet	oneDayVolat
oneDayStrategy	1.00000000	-0.06822956	-0.01641069
oneDayRet	-0.06822956	1.00000000	-0.04000700
oneDayVolat	-0.01641069	-0.04000700	1.00000000

Tabla 5.6 Correlación Estrategia 3

5.1.3 Otros parámetros de diseño

En ninguno de los tres casos anteriores, se van a poder aplicar filtros que dependan de la volatilidad que hagan mejorar la estrategia. Sin embargo, las estrategias aún dependen de la evolución del mercado, por lo que se va a intentar añadir algunos estadísticos que actúen de entrada en el algoritmo (ya que hasta entonces, sólo hay variables de salida y no, de entradas) y actúen de forma condicional en las decisiones de compra y venta del mercado. Con ello, se hará que se suavice la dependencia que aún tienen las estrategias con el mercado.

Se van a añadir 4 condicionantes a la estrategia básica ya diseñada. Se van a probar los 4 por separado en cada uno de los subyacentes:

1) **Primer condicionante:** las estrategias no se van a posicionar cada día con un Largo y con un Corto. Ello va a depender de la siguiente condición:

   a. **Compras: Si (Precio_Cierre > MME(60)), entonces se compra**
   Es decir, la señal de compra se producirá cuando la media móvil sea atravesada por arriba por el precio de cierre.

b. Ventas: Si (Precio_Cierre < MME(60)), entonces se vende
Es decir, la señal de venta se producirá cuando la media móvil sea atravesada por abajo por el precio de cierre.

MME(60) es la media móvil exponencial en los últimas 60 barras (velas). Las velas serán en rangos de 15 minutos cada una.

Se utiliza este tipo de medias porque asigna más importancia a los precios de cierre más próximos y menor importancia a los más alejados. Se calcula de la siguiente manera:

$$MME_{hoy}(n) = MME_{ayer} + \left(Cierre_{hoy} - MME_{ayer}\right) * \left(\frac{2}{n+1}\right)$$

2) Segundo condicionante: las estrategias no se van a posicionar cada día con un Largo y con un Corto. Ello va a depender de la siguiente condición:

a. Compras: Si (RSI (9) < 70), entonces se compra
Es decir, la señal de compra se producirá cuando la media móvil sea atravesada por arriba por el precio de cierre.

b. Ventas: Si (RSI (9) > 30), entonces se vende
Es decir, la señal de venta se producirá cuando la media móvil sea atravesada por abajo por el precio de cierre.

El RSI (o indicador de fuerza relativa) es un oscilador que muestra la fuerza del precio mediante la comparación de movimientos de precios al alza o a la baja de los sucesivos precios de cierre.

El cálculo de RSI es el siguiente:

Para cada día se calcula un cambio al alza U o la baja D.

➔ En un día de subida: D = 0 , $U = Cierre_{hoy} - Cierre_{ayer}$

➔ En un día de bajada: U = 0 , $D = Cierre_{ayer} - Cierre_{hoy}$

$$RSI\ (N) = 100 - 100 * \left(\frac{1}{1+RS}\right)\ con\ RS = \frac{MME_U(N)}{MME_D(N)}$$

Se utiliza un valor de 70 para interpretar que el valor está sobrecomprado y no se debería plantear el comprar (a veces, se usa 80) y 30 para interpretar que el valor está sobrevendido y no se debería plantear el vender (a veces, se usa 20).

3) **Tercer condicionante**: Establecer un StopLoss (si se supera un máximo de pérdidas mientras se está en mercado, nos salimos de éste) y un StopProfit (si supera un máximo de beneficio, nos salimos de la posición).

   Por ejemplo, dado el siguiente gráfico:

Figura 5.1 Ejemplo gráfico de velas de 15 minutos. StopProfit

Si la estrategia consiste en vender a las 10:00 y comprar a las 11:00, podemos ver que se perdería dinero. Sin embargo, durante esa hora ha habido un par de velas largas en las que se podía haber comprado y salirnos de la posición que teníamos. Por lo que, si se hubiera tenido un StopProfit menor que

$$R = Ln\left(\frac{6600}{7270}\right) = 0{,}090784$$

se hubiera comprado antes de las 10:30 y se hubiera salido de la posición con beneficios.

Normalmente, el StopProfit y el StopLoss se ponen en función de la media de los precios de cierres máximos y la media de los mínimos.

4) **Cuarto condicionante:** El StopProfit y el StopLoss ya no van a ser unos valores fijos para cada subyacente. Ahora, se va a tener en cuenta en función de unos parámetros.

   a. **Compras:**
      - $StopProfit = Precio_{entrada} + K_1 * ATR(14)$
      - $StopLoss = Precio_{entrada} - K_2 * ATR(14)$

   b. **Ventas:**
      - $StopProfit = Precio_{entrada} - K_3 * ATR(14)$
      - $StopLoss = Precio_{entrada} + K_4 * ATR(14)$

   Los parámetros de K_1, K_2, K_3 y K_4 se fijan en un principio en 3, 1, 3 y 1. Si se valida la estrategia, finalmente, se optimizarán esos parámetros.

   ATR (Average True Range) es el promedio móvil de los valores Rango Verdadero, siendo el Rango Verdadero el mayor de los tres valores siguientes:

   - Diferencia entre el actual máximo y mínimo.
   - Diferencia entre el precio de cierre previo y el actual máximo.
   - Diferencia entre el precio de cierre previo y el actual mínimo.

5.2 Validación de las distintas estrategias

En este apartado se va a proceder a diseñar e implementar las mejoras comentadas a cada una de las 3 estrategias básicas en el TradeStation, es decir, se implementarán 12 estrategias diferentes de trading. En función de los resultados obtenidos, se procederá a decidir qué estrategias y con qué mejoras son las seleccionadas finalmente para su correspondiente optimización.

Los CALMAR resultantes han sido los siguientes:

	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3
Condic 1	1,52	1,69	1,16
Condic 2	1,24	1,77	1,34
Condic 3	**3**	**3,1**	1,96
Condic 4	2,01	2,45	1,98

Tabla 5.7 Mejoras en estrategias básicas

Dado los resultados de la tabla, se consigue una mejora para las estrategias 1 y 2 con el condicionante 3. Por tanto, estos serán los escenarios finales elegidos. Respecto a la estrategia 3, no se va a seleccionar porque, a pesar de que no tiene un CALMAR inicial muy malo (de 2,34), presentaba un período de curva de rendimiento que es constante, como ya se demostró en apartados anteriores.

5.2.1 Escenarios finales

Los escenarios finales dan los siguientes resultados:

Estrategia 1

Subyacente 1: Corto 10:00-14:00 y Largo 17:00-21:00

Total NetProfit: 138,327.00 $

Max Drawndown (Trade Close to Trade Close): 7,668.00 $

Por tanto, el CALMAR que sale es de 3,00

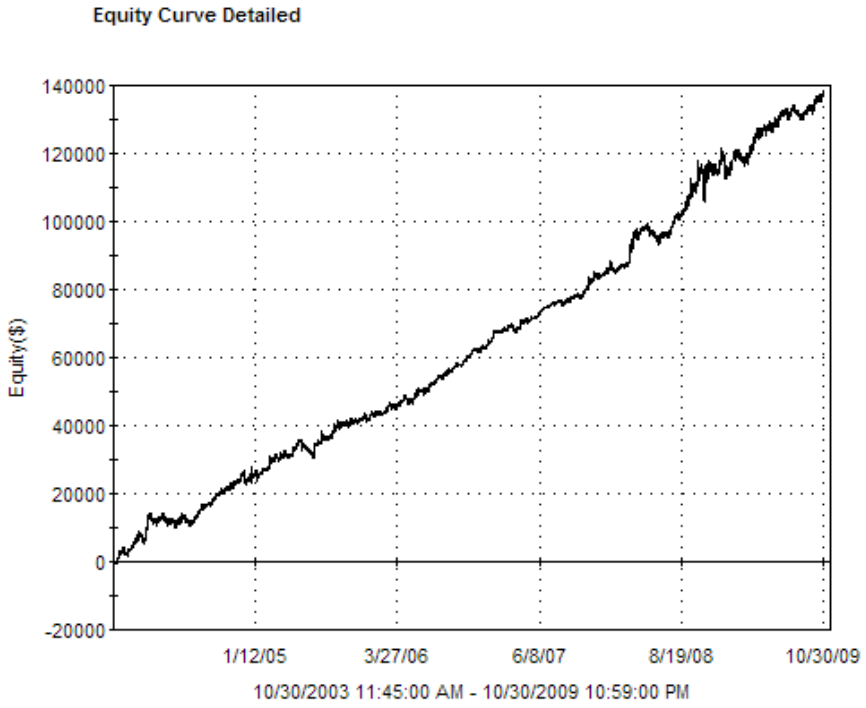


Figura 5.2 Rendimiento Estrategia 1

La pendiente de la curva ha disminuido ligeramente respecto a su diseño original (en un 3,45%), su CALMAR ha aumentado de 2,69 a 3,00 y su maxDrawndown ha disminuido en, aproximadamente, 100$.

Estrategia 2

Subyacente 4: Corto 9:00-10:00 y Largo 18:00-22:00

Total NetProfit: 150,916.00 $

Max Drawndown (Trade Close to Trade Close): 8,112.00 $

Por tanto, el CALMAR es de 3,1

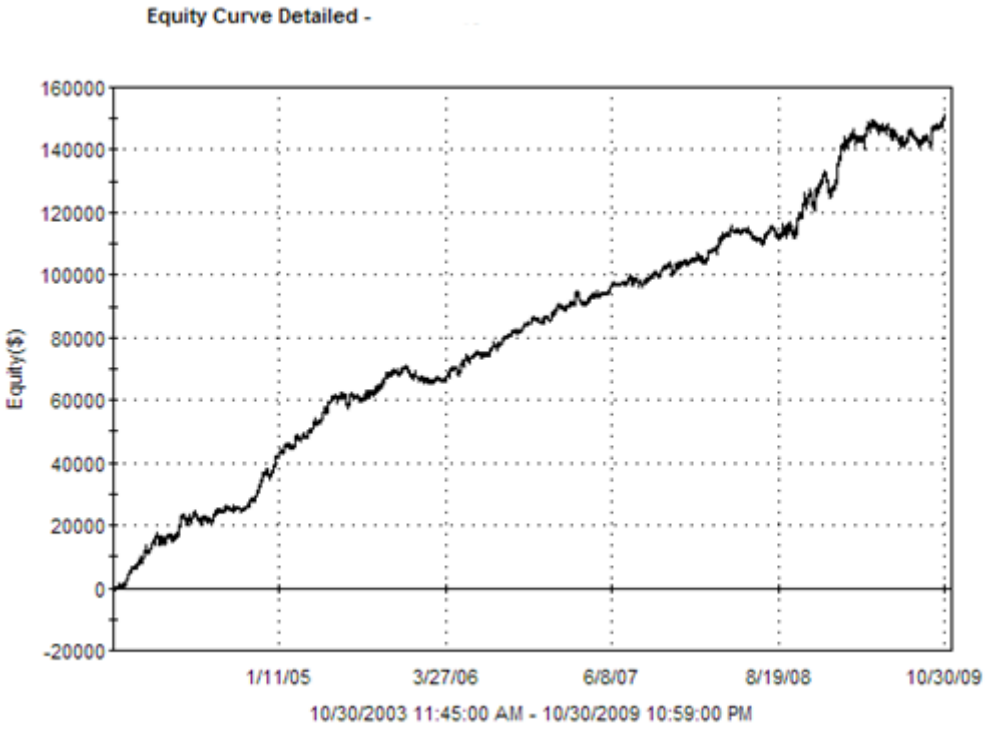


Figura 5.3 Rendimiento Estrategia 2

La pendiente de la curva ha disminuido mucho respecto a su diseño original (en un 40,99%). Sin embargo, su CALMAR ha aumentado de 2,848 a 3,1, ya que su maxDrawndown ha disminuido casi a la mitad de lo que tenía antes (disminución de 6,000$).

5.3 Optimizaciones

Éste es el apartado final de todo lo elaborado hasta ahora. Lo que se hace es optimizar los parámetros del diseño mediante TradeStation. De esta manera, se mejorarán aún más los resultados.

Para ello, se cogen los parámetros que inicialmente estaban fijos, se le dan un rango de valores, con los que se procederá a la optimización, y se sacará un fichero Excel con los resultados de salida.

Los parámetros a optimizar son la Entrada de compra, la Entrada de venta, la Salida de compra, la Salida de venta, el StopProfit y el StopLoss.

5.3.1 Estrategia 1

Lo primero que hay que hacer es ver qué máximo CALMAR, qué máximo ProfitFactor y qué máximo Profitable (porcentaje de trades ganadores) se tienen y ver, para cada uno de esos máximos, qué valores tienen los otros dos parámetros.

De este modo, se han sacado los siguientes parámetros:

CALMAR	Profitable	ProfitFactor	Decisión
13,074	58,096%	1,191	SI
12,835	58,35%	1,189	SI
10,170	39,361%	1,222	NO

Tabla 5.8 Parámetros máximos para optimización 1

Por tanto, se tienen 3 posibles opciones y se deben descartar aquellas opciones en la que alguno de sus parámetros se desvíe, aproximadamente, un 15% con respecto a su valor máximo. Los valores en celeste son los que representan los máximos de cada parámetro y los valores de la misma fila son los valores de los otros dos parámetros. Es decir, en la primera fila el 13,074 es el valor máximo que toma el CALMAR en la estrategia y el 58,096% y 1,191 son los valores que toman los otros dos parámetros cuando el CALMAR es máximo. En este caso, el CALMAR en la opción 3 se desvía en más del 15% con respecto a los 13,074. Por tanto, sólo hay que quedarse con las dos primeras opciones.

A continuación, en función del máximo CALMAR se saca qué rango de valores toman los parámetros a optimizar (Salida de Compra, Salida de Venta, Entrada de Compra, Entrada de Venta, StopProfit y StopLoss). Se hace lo mismo para el máximo

Profitable y se sacan los valores comunes de ambos. Se vuelve a optimizar con el rango de valores que se han obtenido y se sacan los parámetros finales. Estos son los siguientes:

Corto_In:	10:30
Corto_Out:	13:00
Largo_In:	14:30
Largo_Out:	21:50

5.9 Parámetros de re-optimización 1

5.3.2 Estrategia 2

Se procede de la misma manera que se ha comentado para la estrategia 1. De modo que, para los valores del CALMAR, profitable y ProfitFactor han sido los siguientes:

CALMAR	Profitable	ProfitFactor	Decisión
3,724	59,86%	1,119	SI
0,499	89,87%	1,051	NO
2,757	50,63%	1,159	NO

Tabla 5.10 Parámetros máximos para optimización 2

La segunda fila se descarta porque el CALMAR se va más de un 86% con respecto a su máximo. La tercera fila también se descarta porque el Profitable se va en un 39%, aproximadamente, y su CALMAR en un 35%. En la primera fila, el Profitable se va en un 30%. Sin embargo, su Profitfactor sólo en un 3%. Por tanto, se coge como única solución. Se vuelve a optimizar la estrategia con el rango de valores de los parámetros que nos da la opción de la primera fila y el resultado ha sido el siguiente:

Corto_In:	9:00
Corto_Out:	10:00
Largo_In:	15:45
Largo_Out:	21:30

Tabla 5.11 Parámetros re-optimización 2

5.3.3 Conclusiones

Se comprueba, tras las optimizaciones realizadas, que las dos estrategias mejoran, pero la estrategia 1 es en la que, claramente, se obtienen resultados muy buenos. El CALMAR resultante de esta última es muy alta, por lo tanto, es la que se va a elegir como definitiva. No es necesario el estudio de su relación con la evolución del mercado. Evidentemente, dependerá de éste, pero su alto CALMAR la hace suficientemente aceptable como para explotar la estrategia.

A partir de ella, se han observado todos los resultados de salida: gráficas de rendimientos, de pérdidas, los trades realizados, los diferentes ratios de medidas… De este modo, cerciorarse de todo antes de poner el sistema en mercado real.

De forma breve, se presentan a continuación algunos de los resultados que se han obtenido:

- Número de contratos: 2
- Net Profit: 1,104,050 $
- Profitfactor: 1.19
- CALMAR: 13.074
- Profitable: 58.09 %
- Total Trades: 2,995
- Trades ganadores: 1,956
- Trades perdedores: 1,230
- Máxima ganancia en un trade: 29,820
- Máxima pérdida en un trade: 34,600
- Media de un trade ganador: 3,960
- Media de un trade perdedor: 4,705
- Máximos trades ganadores consecutivos: 14
- Máximos trades perdedores consecutivos: 8
- Máximo Intraday Maxdrawdown: 84,440 $
- Tamaño de cuenta requerida: 84,440 $

Se puede observar cómo la media de pérdida de un trade perdedor es un 18,88% mayor que la media de la ganancia de un trade ganador. Sin embargo, se tiene un 58,09% más de trades ganadores que de perdedores. Esto hace que, en global, la estrategia se compense con mayores beneficios. Además, muestra que el tamaño de cuenta requerida es de 84,440 dólares, es decir, es la máxima pérdida que se obtiene en el trascurso de esos 6 años.

Por otro lado, se obtiene un beneficio neto de 1,104,050 dólares. La inversión inicial fue de 100,000 dólares (que supera el mínimo tamaño de cuenta requerido). Por tanto, en esos 6 años se ha multiplicado el dinero por un factor 11. Sin embargo, esa inversión inicial no ha sido tal. Al simular la estrategia con 2 contratos de futuros (un precio aproximado de 15,000 dólares cada uno) hace que la inversión real inicial haya sido de 30,000 dólares (es decir, a lo que se le llama garantía). Esto significa que hay un cierto apalancamiento en la posición que se está tomando (tal y como se explicó en el Estado del Arte de cómo funcionaban los futuros) y, a cambio, se ha conseguido obtener una mayor rentabilidad del dinero invertido, ya que no ha sido necesario poner esos 100,000 dólares.

No obstante, estos datos son ideales y, realmente, a lo que se le llama beneficio neto como tal, luego no será así. Es my importante estudiar cómo va operando el sistema diseñado con el mercado real, ya que nuevas variables que no siempre se conocen alterarán el comportamiento del sistema. Sin embargo, si el sistema inicial de por sí no es muy bueno, nunca lo será cuando interactúe en mercado.

A continuación se explica algunos de los parámetros básicos que suelen influir en el sistema:

- Lo primero de todo, tener en cuenta las comisiones cada vez que se entra y se sale de mercado. Esto varía en función de las condiciones que se tenga con el bróker contratado. En este sistema, esto sí que se ha tenido en cuenta a la hora de simularlo y, por tanto, se ha contado con todo el coste que conllevan esos 2995 trades. No obstante, las condiciones con el bróker contratado puede cambiar a lo largo del tiempo, ya que a medida que se maneja más volumen de dinero, estas comisiones van disminuyendo y, por tanto, se pueden obtener mayores beneficios con los mismos sistemas.

- Otro concepto importante es la volatilidad, ya comentado en capítulos anteriores. Este concepto se puede ver como negativo, a veces, por representar una incertidumbre y riesgo en el precio. Sin embargo, puede ser positiva, ya que para los traders que operan intradía, les permiten obtener beneficios en plazos muy cortos: comprando en zonas bajas y vendiendo en picos en cuestión de horas o, incluso, minutos.

- Uno de los conceptos más importante a la hora de entrar en mercado es ir comprobando con qué precio el sistema da la orden de entrada y salida en mercado y con qué precio es al que realmente entra y sale. Este concepto es a lo que se le llama slippage. Hay que ir controlando si esta variación es más o menos constante y no muy elevada. Esto dependerá directamente de la liquidez del mercado, es decir, cuanto más líquido es un mercado, más se acercará el

precio al que se ha metido una orden con el precio al que realmente entra la orden. Esto también se ha simulado en la estrategia. Sin embargo, esta estimación es muy difícil de hacer, ya que va cambiando constantemente y, por tanto, es una variable que va a influir mucho en el funcionamiento del sistema.

- Otro concepto importante es el spread, que se refiere a la cantidad de órdenes límites abiertas que hay en mercado, es decir, la diferencia entre el precio mínimo al que se está dispuesto a vender y el precio máximo al que se está dispuesto comprar (bid/ask).

Todo ello, conlleva a un cambio en los resultados finales. Sin embargo, puede que esta influencia no sea demasiado negativa en el sistema como para no servir en mercado real. Quizás, puede que se pueda mejorar el sistema observando cómo van afectando estos parámetros introduciendo nuevos filtros.

6. Conclusiones y Trabajo Futuro

6.1 Conclusiones

Tras las pruebas realizadas en todo el proyecto, se puede decir que se llega, al menos, a una estrategia que se puede usar como sistema de trading para operar en principio en mercado real.

Se ha buscado series temporales que se diferencien significativamente del resto y, realizando el test de Wilcoxon y de la T, se han podido seleccionar las primeras series. Esto significa que puede haber unos rangos horarios durante el día que esté aportando una información muy útil en el que se pueda intuir cómo actúa el mercado. Por ello, a partir de los rangos horarios seleccionados, se ha procedido a una primera estrategia básica.

Teniendo en cuenta una serie de criterios, como por ejemplo no operar en horarios de poco volumen, se ha querido diseñar la primera estrategia básica adecuándola al escenario al que, posteriormente, se va a enfrentar. De este modo, se ajustará un poco más a la realidad.

Una vez diseñadas estas primeras pruebas, se han escogidos las mejores opciones de cada subyacente (o se han descartado subyacentes). De este modo, han quedado para posterior estudio sólo 3 diseños. Estos diseños daban unos resultados bastante buenos (todas con un CALMAR mayor a dos), pero es necesario ir más allá y que la estrategia diseñada sobresalga considerablemente.

Se ha querido ver la relación que existía entre las estrategias y el mercado. Se ha sacado una serie de conclusiones, pero no han sido válidas para llegar a estudios de mejoras en el sistema. Sin embargo, se ha realizado otro tipo de mejoras, aplicando diferentes filtros. Tres de estas mejoras no han dado muy buenos resultados, pero una de ellas ha mejorado considerablemente dos de las tres estrategias aún vivas (mejorando el CALMAR a 3).

A partir de esto, se ha hecho un último paso: la optimización de parámetros. Este paso es muy importante porque se puede ser más preciso en los parámetros de entrada y mejorarlos considerablemente. De hecho, sólo se ha modificado ligeramente algunos rangos horarios dando, en una de las estrategias, un CALMAR de hasta 13. Por tanto, finalmente, la estrategia seleccionada ha sido sólo ésa.

No obstante, a pesar de que la variable CALMAR es de las más importantes a la hora de seleccionar una estrategia, es necesario ver otros parámetros que la definen. En las conclusiones se han sacado unos pocos, entre ellos los trades ganadores, los perdedores, la relación entre ellos... Sin embargo, realmente, hay que entrar mucho más en detalle.

6.2 Trabajo futuro

A las conclusiones aportadas en este proyecto se pueden realizar muchos trabajos futuros.
Para empezar, tal y como se ha terminado diciendo en las conclusiones, hay que realizar un estudio más exhaustivo de los resultados finales. Se puede estudiar, por ejemplo, qué trades son los que dan las mayores pérdidas, comparar si se diferencian mucho de la media de trades perdedores, si coinciden entre ellos en el mismo rango horario o cercanos, si esos trades son por posiciones largas o cortas… y, de manera similar, para los trades ganadores. Otro aspecto, por ejemplo, es comprobar que el rendimiento de las posiciones largas es similar al de las cortas. Si existiera una diferencia muy significativa, se podría optar por tener sólo un tipo de posiciones en la estrategia.

Además de esas posibles mejoras, se podría hacer otras mejoras como las aplicadas en el apartado [5.1.3]. En este ámbito sí que hay muchos condicionantes que se pueden probar. Se puede mezclar el concepto principal de la búsqueda de estacionalidad y combinarlo con cruces de diferentes medias móviles, filtros, tendencias… O incluso, buscar sistemas que no den tanta rentabilidad, pero que tengan una muy buena cobertura en riesgo.

Un trabajo que se puede realizar también, es aplicar simulación Montecarlo en las series históricas que ya se tienen y crear otras sendas que simulen nuevas series de datos. De este modo, se podría optimizar con más precisión los parámetros de entrada. Además, podría aportar más información acerca del riesgo de la volatilidad de las posiciones.

Sin embargo, hay un paso que siempre hay que realizar en toda estrategia:
Debido a los parámetros desconocidos del mercado real que son difíciles de estimar, es necesaria una etapa de evaluación. Esta etapa consiste, simplemente, en simular a tiempo real el sistema durante 4 ó 5 meses (o, incluso más, en caso de no dar resultados fiables), como si estuviera operando en mercado real. Esto es importante porque es donde realmente se demuestra la rentabilidad que el sistema está dando y si, esta rentabilidad, se ajusta a lo esperado. Si se ajusta, lo normal es lanzarlo a mercado real. En caso contrario, se pueden realizar mejoras en base a las observaciones realizadas sobre la evolución que ha tenido el sistema en ese tiempo.

7. Referencias

[1] Ranaldo A. (2007), "Segmentation and Time-of-Day Patterns in Foreign Exchange Markets", SSRN Electronic Journal, http://ssrn.com/abstract=960209.

[2] Itô T. and Y. Hashimoto (2005), "Intra-day Seasonality in Activities of the Foreign Exchange Markets: Evidence from the Electronic Broking System", ISER Working Paper.

[3] Dacorogna, M., Gençay, R., Müller, U., Olsen, R., and O. Pictet (2001), An "Introduction to High Frequency Finance", Academic Press.

[4] Brockwell, P. J. and R. A. Davis (2003), "Introduction to Time Series and Forecasting" (Second Edition), Springer.

[5] Mills, T. (2008), The Econometric Modelling of Financial Time Series (Third Edition), Cambridge University Press.

[6] Ernest P. Chan (2009), "Quantitative trading: How to build your own algorithmic trading business", Wiley.

[7] Lo, Andrew W. and A. Craig MacKinlay, (1999), "A Non-Random Walk Down Wall Street", Princeton: Princeton University Press.

[8] Daniel Peña (2005), "Análisis de series temporales", Alianza Editorial.

[9] Gerasimos G. Rompotis (2007), "The Seasonal Patterns in ETFs Performance, Volatility and Trading Activity".

[10] Steven L. Heston and Ronnie Sadka (2007), "Common patterns of Predictabilityin the Cross-Section of International Stock Returns". University of Meryland.

[11] A.J Arriaza Gómez, F. Fernández Palacín, M.A López Sánchez, M. Muñoz Márquez, S. Pérez Plaza, A. Sánchez Navas (2008), "Estadísitca básica con R y R-Commander", UCA (Universidad de Cádiz).

[12] Chris Brooks, Melvin J. Hinich (2004), "A new tool for detecting intraday periodicities to application to high frequency exchanges rates", University of Texas.

[13] John Bollinger (2006), "Las bandas de bollinger", NetBiblio

[14] Van K. Tharp (2007), "Tener éxito en trading: el factor más importante de su éxito: Usted mismo. La conceptualización de su sistema : comprender los elementos clave de un sistema", NetBiblio

[15] Alexander Elder (2004), "Vivir del trading: psicología, tácticas de trading, gestión del dinero", NetBiblio

[16] John J. Murphy (2005), "El Inversor visual: cómo detectar las tendencias del mercado", NetBiblio.

[17] Javier López Ortega, Alejandro Sáez Sanz (2000), "Indicadores para el análisis de los mercados bursátiles", Aula Documental de Investigación.

[18] Robert D. Edwards, John Magee, W. H. C. Bassetti (2007), "Technical analysis of stock trends" 9th edition, CRC Press.

[19] John J. Murphy (1999), "Technical analysis of the financial markets: a comprehensive guide to trading methods and applications, New York Institute of Finance Series", Prentice Hall Press.

[20] Richard L. Scheaffer, William Mendenhall (1975), "Introduction to probability: theory and applications", Duxbury Press.

[21] Edward N. Armitage, G. Berry (1997), "Estadística para la investigación biomédica", Elsevier España.

[22] David C. LeBlanc (2004), "Statistics: concepts and applications for science", Jones & Bartlett Learning.

[23] Naresh K. Malhotra (2004), "Investigación de mercados", Pearson Educación.

[24] "Technical analysis of Stocks&Commodities", (The Traders' Magazine since 1982), November 2009.

[25] Ralph Vince (2007), "The Handbook of Portfolio Mathematics. Formulas for optimal allocation & Leverage", Wiley.

[26] David R. Anderson, Dennis J. Sweeney (2008), "Estadística para administración y economía", Cengage Learning Editores.

8. Anexo –

8.1 Presupuesto

1) **Ejecución Material**

   a. 2 Ordenadores personales con Windows y Office 1600 €

   b. Impresora 100 €

   c. Alquiler terminal Bloomberg (6 meses) 8.554 €

   d. Alquiler oficina en Business Center 5 meses (incluye ADSL) 3000 €

2) **Honorarios mercantiles del proyecto (part time)**

   a. 5 meses a 5 horas al día = 500 horas a 7 euros/hora 3500 €

3) **Material de oficina**

   a. Varios 100 €

   b. Encuadernación 100 €

4) **IVA aplicable (subtotal = 16.954)**

   a. 16% 2.712 €

5) **Total Presupuesto** 19.666 €

8.2 Pliego de condiciones

Este documento contiene las condiciones legales que guiarán la realización del presente proyecto.

Para la adjudicación se parte del precio de partida del presupuesto, que contiene los costes en que se hubieran incurrido en caso de proceder a la ejecución una persona freelance en un despacho alquilado durante 5 meses.

Se supone que el proyecto se encarga por una empresa adjudicataria a una empresa consultora y el concurso para la elección de la consultora se guiará por las siguientes:

1. **Condiciones generales.**

    a. La modalidad de contratación será el concurso. La adjudicación será la proposición más favorable sin atender al valor exclusivamente económico. La empresa que convoca el concurso se reserva el derecho a declararlo desierto.

    b. La empresa licitadora entregará el informe totalmente terminado y testeado.

    c. En la oferta se hará constar el precio total por el que se compromete a realizar todo el trabajo en el período de 5 meses.

    d. Los trabajos será realizado por un Ingeniero Superior de Telecomunicación.

    e. Se abonará el trabajo conforme se vayan entregando los avances producidos mediante reuniones quincenales, donde se entregará todo el material avanzado. Los pagos o abonos serán a mes vencido, previa presentación de factura pagable a los 15 días.

    f. El importe total del proyecto, no podrá ser superior al presupuesto adjunto, aunque el plazo de realización se dilatase por la empresa consultora.

g. La empresa adjudicataria se reserva el derecho del último abono hasta que el trabajo no haya concluido.

h. Los trabajos empezarán 15 días después de la firma del contrato de adjudicación.

2. Condiciones particulares:

La propiedad intelectual del trabajo es propiedad de la empresa adjudicataria y nunca de la empresa consultora. Se firmará un acuerdo de reconocimiento de propiedad intelectual y de confidencialidad.