



**MASTER EN FINANZAS CUANTITATIVAS  
(2013/2014)**

**PAIRS TRADING Y ARBITRAJE ESTADÍSTICO**

**Heber Baldeón Paucar**

**Alberto Pérez Cosmen**

**Kevin Ford Garzon**

**Elvis Novoa Melchor**





**MASTER EN FINANZAS CUANTITATIVAS  
(2013/2014)**

**PAIRS TRADING Y ARBITRAJE ESTADÍSTICO**

**Heber Baldeón Paucar  
(heberjbaldeon@gmail.com)**

**Alberto Pérez Cosmen  
(bertocosmen@gmail.com)**

**Kevin Ford Garzon  
(kevinford003@gmail.com)**

**Elvis Novoa Melchor  
(elvisnovoam@gmail.com)**

El objetivo de este trabajo es aplicar la estrategia de negociación de pares, o *pairs trading*, a activos de renta variable del mercado colombiano y estadounidense, utilizando indicadores técnicos que se sustentan en la propiedad de reversión a la media. Se han elegido estos activos por su similar comportamiento a lo largo de los periodos de estudio. Por otro lado, se han utilizado la técnica econométrica de cointegración sobre los pares seleccionados para, luego de analizados, intentar explotar alguna oportunidad de arbitraje, teniendo como base teórica la ley de precio único.



## Índice:

<b>1</b>	<b><u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b><u>METODOLOGÍA DE LA ESTRATEGIA DE PARES</u></b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>ARBITRAJE DESDE LA TEORÍA DE PORTAFOLIO</b>	<b>7</b>
2.1.1	EL CAPITAL ASSET PRICING MODEL Y EL ARBITRAGE PRICING THEORY	7
2.1.2	LEY DE PRECIO ÚNICO Y LA TEORÍA DE LA PARIDAD DEL PODER ADQUISITIVO	9
2.1.3	ARBITRAJE	10
<b>2.2</b>	<b>TIPOS DE ESTRATEGIA</b>	<b>11</b>
<b>2.3</b>	<b>ANÁLISIS TÉCNICO E INDICADORES</b>	<b>12</b>
2.3.1	PROMEDIOS MÓVILES	14
2.3.2	BANDAS DE BOLLINGER	15
<b>2.4</b>	<b>RATIO DE PRECIO</b>	<b>16</b>
<b>2.5</b>	<b>PROCESO ESTOCÁSTICO DE REVERSIÓN A LA MEDIA</b>	<b>18</b>
<b>2.6</b>	<b>MOVIMIENTO BROWNIANO GEOMÉTRICO - MGB</b>	<b>19</b>
<b>2.7</b>	<b>ALGUNAS LIMITACIONES</b>	<b>21</b>
<b>3</b>	<b><u>ANÁLISIS DE PARES</u></b>	<b>23</b>
<b>3.1</b>	<b>ANÁLISIS EMPÍRICO DE LOS PARES</b>	<b>24</b>
3.1.1	ANÁLISIS DEL PAR 1: CIB- PFBCOLOM	24
3.1.2	ANÁLISIS DEL PAR 2: CNE-CNEC	34
3.1.3	ANÁLISIS DEL PAR 3: FOX- TWC	41
3.1.4	ANÁLISIS DEL PAR 4: COP- BRL	48
<b>3.2</b>	<b>ANÁLISIS DE ESTACIONARIEDAD:</b>	<b>54</b>
3.2.1	PAR1: CIB-PFBCOLOM	54
3.2.2	PAR2: CNE-CNEC	55
3.2.3	PAR3: COP-BRL	56
3.2.4	PAR4: FOX-TWC	57
<b>3.3</b>	<b>ESTIMACIÓN OU DE LA EVOLUCIÓN DEL RATIO DE PRECIO:</b>	<b>59</b>
3.3.1	PAR1: CIB-PFBCOLOM	59

3.3.2	PAR2: CNE-CNEC.....	67
3.3.3	PAR3: FOX-TWC.....	73
3.3.4	PAR4: COP-BRL.....	79
<b>3.4</b>	<b>ANÁLISIS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA ESTIMACIÓN POR MBG. ....</b>	<b>85</b>
3.4.1	PAR1: CIB-PFBCOLOM .....	85
3.4.2	PAR2: CNE-CNEC.....	95
3.4.3	PAR 3: FOX-TWC.....	101
3.4.4	PAR4: COP-BRL.....	107
<b>4</b>	<b><u>ARBITRAJE ESTADÍSTICO .....</u></b>	<b>113</b>
<b>4.1</b>	<b>ARBITRAJE ESTADÍSTICO POR COINTEGRACIÓN.....</b>	<b>113</b>
4.1.1	PRUEBAS DE NO ESTACIONARIEDAD .....	114
4.1.2	CAUSALIDAD A LO GRANGER .....	117
4.1.3	PROCEDIMIENTO DE ENGLE Y GRANGER .....	117
4.1.4	METODOLOGÍA DE JOHANSEN.....	118
<b>4.2</b>	<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA ESTRATEGIA DE PARES .....</b>	<b>119</b>
4.2.1	ANÁLISIS DEL PAR 1: CIB- PFBCOLOM: .....	120
4.2.2	ANÁLISIS DEL PAR 2: CNE-CNEC.....	126
4.2.3	ANÁLISIS DEL PAR 3: FOX- TWC.....	130
4.2.4	ANÁLISIS DEL PAR 4: COP- BRL.....	132
<b>5</b>	<b><u>CÁLCULO DEL VALOR EN RIESGO (VAR).....</u></b>	<b>136</b>
<b>5.1</b>	<b>DEFINICIÓN DEL VAR: .....</b>	<b>137</b>
<b>5.2</b>	<b>METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DEL VAR:.....</b>	<b>137</b>
5.2.1	SIMULACIÓN HISTÓRICA:.....	137
5.2.2	VAR PARAMÉTRICO:.....	140
<b>6</b>	<b><u>CONCLUSIONES.....</u></b>	<b>146</b>



# 1 INTRODUCCIÓN

El denominado “Pairs Trading”, o negociación de pares es una estrategia de especulación de corto plazo, muchas veces utilizada por los grandes fondos de inversión y hedge funds. Esta estrategia tiene más de 20 años de historia en el mercado estadounidense y para algunos académicos hace parte de las estrategias estadísticas de arbitraje.

A mediados de la década los 80's, Gerry Bamberger, David Shawun y Nunzio Tartaglia, todos reconocidos analistas cuantitativos de Wall Street, reunieron a un grupo de físicos, matemáticos e ingenieros de sistemas para descubrir oportunidades de arbitraje en los mercados de renta variable (acciones). Este equipo compuesto por académicos, utilizaban metodologías estadísticas sofisticadas para desarrollar programas de trading ejecutables a través de sistemas de trading automático, que tomaban la intuición y las habilidades de un trader, y las reemplazaba con reglas y filtros disciplinados y consistentes. Entre otras cosas, los programas de Tartaglia y su equipo, identificaban pares cuyos precios tendían a moverse en la misma dirección.

Este equipo logró ejecutar estos sistemas con gran éxito durante 1987, reportando utilidades por 50 millones de dólares para la firma en la que trabajaban. Aunque este grupo de Morgan Stanley se disolvió en 1989 luego de un par de malos años, desde aquella época, las estrategias de negociación de pares se empezaron a hacer bastante populares y se



reconocieron como estrategias “mercado-neutrales” utilizadas tanto por individuos como por participantes institucionales, así como por grandes fondos de cobertura.

Hay que agregar que el éxito de estas estrategias, se apoya en alguna medida, en un factor psicológico, o por lo menos así lo afirmaba el mismo Tartaglia, “... *a los seres humanos no les gusta negociar en contra de la naturaleza humana, la cual quiere comprar una acción luego que esta sube, y no cuando baja*”<sup>1</sup>. Pueden los traders de pares ser inversionistas disciplinados, que toman ventaja de la indisciplina sobre reacción realizada por individuos e inversionista. Este es por lo menos, un posible factor que explique los resultados positivos y que es coherente con Jegadeesh y Titman (1995), quienes encontraron que utilidades basadas en trading de contra tendencia, surgen en parte a la sobre reacción luego de publicada información puntual sobre alguna compañía, antes de reacciones de los precios a factores de mercado.

El concepto de negociación de pares, en primera instancia es bien sencillo. Basta con encontrar dos activos cuyos precios se muevan en la misma dirección históricamente. Cuando el diferencial entre estos dos (también conocido como spread) se amplíe, hay que vender en corto el “ganador” y comprar el “perdedor”, por llamarlos de alguna manera. De esta manera, si la historia continúa repitiéndose, los precios convergerán a su spread histórico, para así tener alguna ganancia. Es una estrategia que en principio parece bastante sencilla y que está basada solamente en las dinámicas de precios históricos, así como principios básicos de negociación en contra de la tendencia (negociación no direccional), operando independientemente de la dirección del mercado, para intentar así hacer dinero.

Lo anterior obliga a pensar, a que si los mercados fueran eficientes, los retornos ajustados por riesgo de estrategias de este tipo no serían posibles. Sin embargo, el fundamento de estas estrategias con herramientas estadísticas, se basa en intentar explotar las ineficiencias de algún mercado en particular (iliquidez de mercados emergentes, información asimétrica entre mercados, entre otros), utilizando el movimiento en un marco de tiempo específico de los precios de los activos.

Intentaremos probar más adelante, que para los pares elegidos, algunos factores como la venta en corto (*short selling*) y los costos de transacción pueden afectar la magnitud

---

<sup>1</sup> Hansell, S., (1989), *Inside Morgan Stanley's Black Box*. Institutional Investor, Mayo, 2004.

de los retornos. Sin embargo, la negociación de pares se mantiene rentable para los periodos de prueba estudiados.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que la ley de precio único afirma que en un mercado eficiente todos aquellos activos que sean homogéneos han de tener el mismo precio, por lo que la existencia de esta ley se debe al arbitraje ya que si el precio de un instrumento (real o financiero) es diferente en distintos mercados, el arbitrajista lo comprará en el más barato y lo venderá en el que le proporcione una mayor ganancia. Esta ganancia por el arbitraje continuará existiendo hasta que los precios lleguen a igualarse y se cumpla así la ley de precio único.

A modo de resumen, el documento, además de esta introducción, en la sección 2 explica la metodología de la Estrategia de Pares y desarrolla un pequeño marco conceptual de cada una de las herramientas a utilizarse en la implementación de la referida estrategia. En la sección 3 se presentan los primeros resultados de la aplicación de la estrategia de pares “empírica” (por llamarlos de un modo) y la rentabilidad de ésta. Asimismo, se exploran las propiedades del principal indicador de la estrategia de pares que es el Ratio de Precios. Alternativamente a la estrategia de pares empírica, se empleó procesos estocásticos para proyectar el Ratio de Precios y en función a ella aplicar estrategias de compra/venta en los pares estudiados y analizar su rentabilidad. En la sección 4, se realiza el análisis del llamado arbitraje estadístico mediante la técnica econométrica de cointegración por la metodología de Johansen, la cual emplea el vector de cointegración para la implementación de las estrategias de compra/venta de los pares estudiados. Finalmente, en la sección 5 se aplican las técnicas de Valor en Riesgo para medir el riesgo de las estrategias de pares y en la sección 6 se presentan las principales conclusiones del trabajo.

## 2 METODOLOGÍA DE LA ESTRATEGIA DE PARES

La estrategia de trading de pares es básicamente una estrategia de arbitraje entre dos activos muy correlacionados, que permite al inversor aprovechar una diferencia de precio entre dos activos altamente correlacionados. Dicho de otra forma, es una estrategia que presupone que los dos activos escogidos se mueven en concordancia el uno con el otro, pero en un determinado momento la relación de precio entre los dos se desvía de su registro histórico causando un desequilibrio que puede ser aprovechado por la estrategia. Al fin y al cabo es una estrategia de spread, en la que se apuesta a que el spread que existe entre dos activos muy correlacionados se incremente o se reduzca. Estas decisiones se deben parametrizar, para ello tenemos que tener en cuenta una serie de cuestiones:

### **¿Cómo identificamos los valores que se mueven juntos?**

La estrategia de pares tiene dos etapas, en la primera etapa se forman los pares teniendo en cuenta 12 meses de información histórica (Etapa de Formación) y se ejecuta la estrategia de pares durante los 6 meses posteriores (Etapa de Inversión). Estas ventanas de tiempo se eligieron en base a los estudios realizados por Gatev et al (2006).

El estudio identifica los pares de valores analizando la correlación lineal que existe entre ellos durante la etapa de formación y haciendo un seguimiento de esta durante los seis meses siguientes en los que se ejecuta la estrategia. Asimismo, se construye un indicador de rentabilidad total acumulada para cada acción durante el periodo de inversión.

Utilizamos este enfoque aplicado en numerosos estudios y porque es el que más se aproxima a lo que se utiliza en el mercado. Los traders de pares tratan de localizar activos que se “mueven juntos”.

Normalmente se suelen elegir pares pertenecientes al mismo sector, empresas que se han fusionado, o pares formados por una empresa y su ADR, entre muchos otros activos.

### **¿Es necesario que ambos valores pertenezcan al mismo sector?**

Los estudios de pares suelen restringir las estrategias a activos que pertenecen al mismo sector utilizando la categorización sectorial de S&P, en este estudio no se aplica tal restricción.

El motivo de que los traders restrinjan la selección de los pares a que pertenezcan al mismo sector, se debe fundamentalmente, al intento de disminuir el impacto de diferentes variables macroeconómicas a cada uno de los activos. Al elegir compañías del mismo sector, en teoría les deben afectar los riesgos sistémicos de una forma similar.

Los sectores generalmente suelen ser: servicios públicos, transporte, financiero e Industriales. De hecho, a menudo es mucho más fácil encontrar pares dentro de la misma industria.

Estos son los pares más comunes y que más correlación presentan: Coca Cola y Pepsi; Walmart y Target Corporation; y, Exxon Mobil y Chevron Corporación.

### **¿Es necesario que sean muy líquidos?**

Dado que es una estrategia que exige precisión en los niveles de entrada y salida; y por ser una estrategia de tipo gestión activa, es necesario que los activos sean líquidos para

facilitar su aplicación y reducir costes. Al no encontrar activos líquidos, la horquilla de precios se puede ampliar y hacer más costosa y difícil su ejecución.

### **¿Cuál es la distancia entre ellos que tenemos que considerar para tomar la posición?**

Se tomará posiciones cuando la divergencia entre los activos que componen el par esté a una distancia de una o dos desviaciones típicas, que no nos garantizará beneficios en todos los casos si tenemos en cuenta los costes de transacción pero es una distancia utilizada en numerosos estudios de estrategias de pares.

### **¿Cuándo debemos cerrar la posición?**

Más adelante se explica cómo se emplean los filtros como la desviación estándar al indicador de Ratio de Precio, y que servirán como “disparadores” para dar los niveles de entrada y salida en la estrategia. En general, una posición se cierra cuando el spread histórico entre dos valores, se ajusta a sus niveles medios o históricos de largo plazo, previo a que se hayan tomado posiciones de compra y/o venta en ambos activos determinado por un indicador, que para el presente trabajo, dependen de factores como la correlación y la relación histórica entre los precios, y factores estadísticos que se estudiarán a través de la cointegración.

## **2.1 Arbitraje desde la Teoría de Portafolio**

### **2.1.1 El *Capital Asset Pricing Model* y el *Arbitrage Pricing Theory***

De acuerdo con los supuestos del modelo del *Capital Asset Pricing Model* (o CAPM por sus siglas en inglés) desarrollado separadamente por Sharpe (1963), Lintner (1965) y Mossin (1966), al agregar la función de utilidad de todo un mercado se obtiene una función de utilidad total. Si todos los inversionistas tienen la misma información y tienen expectativas de riesgo homogéneas, existirá un consenso respecto del retorno de cada inversión expresado como el retorno requerido dado un nivel de riesgo conocido.

El CAPM contesta a la pregunta: ¿En un mundo con mercados eficientes, perfecta información y sin costos de transacción, cual es el precio del riesgo expresado en términos

de retorno? Así que de acuerdo a esta aproximación, el modelo no tiene en cuenta factores como, costos de transacción, información imperfecta, mercados ineficientes, ilíquidos, no mesurables y/o comportamientos irracionales de los inversionistas.

De esta manera, cuando se seleccionan portafolios de acuerdo a la relación media varianza del CAPM, los portafolios resultantes son combinaciones entre el portafolio y el activo libre de riesgo. Los portafolios diferirán del consenso de mercado si y solo si, la predicción de exceso de retorno difiere de la media estimada por CAPM. En suma el portafolio de mercado es óptimo. Según CAPM, los inversionistas son recompensados por tomar el riesgo necesario (de mercado o no diversificable), no el innecesario (residual o diversificable). Por tanto un individuo cuyo portafolio difiera del consenso está inmerso en un juego de suma cero en el que asumir riesgo adicional no tiene recompensa. Esta lógica conduce a la gestión pasiva de portafolios.

Por otro lado, el *Arbitrage Pricing Theory* (APT), desarrollado por Ross (1976) como alternativa al CAPM, no parte de caracterizar al inversionista a partir de curvas de indiferencia, sino intenta simplemente explotar oportunidades de arbitraje. Es un modelo factorial de equilibrio para los retornos de los activos y los retornos de los activos están relacionados con un número incierto de factores.

No obstante, en un mercado profundo las oportunidades de arbitraje son escasas y de corta duración y los inversionistas estarán dispuestos a tomar posiciones infinitas en portafolios que generen arbitraje. Los activos inadecuadamente valorados tenderán a ajustarse rápidamente a los precios justos. Además, el portafolio de arbitraje no requiere desembolso de dinero, dado que es auto-fondeado, no tiene sensibilidad a los factores y tiene retorno positivo.

Conceptualmente, el arbitraje involucra la compra-venta simultánea de dos o más activos riesgosos en un instante en el tiempo (auto-fondeado y completo) para obtener una utilidad sin riesgo ni sensibilidad a ninguno de los estados del mundo. Si es posible comprar cualquier cantidad de un activo con riesgo a un precio en un mercado y venderlo en otro a un precio superior, existirá posibilidad de arbitraje. Las primeras aproximaciones al concepto de arbitraje los dibuja la economía financiera al demostrar la existencia del equilibrio financiero y del mercado de bienes en una economía con estados posibles y activos contingentes.

Entre los supuesto que asume el APT, se encuentran que el mercado es completamente competitivo, los inversionistas siempre prefieren mayor retorno a menor riesgo, el proceso de generación de precios es un proceso de  $n$  factores, los errores y los factores no están correlacionados, y los errores de estimación de dos o más activos tampoco están correlacionados.

$$r_i = a_i + b_{i1}F_1 + b_{i2}F_2 + \dots + b_{ik}F_k + e_i$$

Donde,  $r$  = retorno del activo  $i$ ,  $b$  = coeficiente del factor,  $F$  = factor determinante y  $e$  = término de error. Los factores que usualmente son relevantes son el cambio del PIB, tasas de tesoro a corto plazo, spreads corporativos, inflación, precios del petróleo, entre otros. No obstante, no se resalta cuáles de estos son los factores determinantes.

Por otro lado, al tener en cuenta estos factores en un modelo de este tipo, la diversificación conduce a que se promedie el riesgo frente al factor, pudiendo reducir sistemáticamente el riesgo idiosincrático, lo que implica que en un portafolio diversificado, este riesgo es insignificante.

Se puede decir entonces, que el APT en contraste con el CAPM, deriva retornos de equilibrio sin hacer supuestos sobre cuales portafolios escogen los inversionistas, lo que implica que casi todos los inversionistas deben satisfacer dicha relación de equilibrio. Asimismo, existen pocos inversionistas que encuentran grandes oportunidades de arbitraje y movilizarán grandes recursos que lleven al equilibrio. Del mismo modo, la teoría APT indica que es posible pronosticar en alguna medida los retornos, pero no dice cómo hacerlo, por lo que puede ofrecer cierta flexibilidad dado que permite modelar expectativas individuales y permite definir los factores en multitud de formas (fundamentales, técnicos, factores microeconómicos, entre otros).

### **2.1.2 Ley de Precio Único y la teoría de la Paridad del Poder Adquisitivo**

La ley del precio único nos indica que un bien homogéneo debería tener el mismo precio en cualquier parte, cuando ésta se expresa en una misma moneda - suponiendo que no hay barreras naturales (costos de transporte) ni artificiales (aranceles) a la movilidad

internacional de bienes y bajo la existencia de arbitraje de bienes entre países. En términos de mercados financieros, si los costos de transacción son bajos (como en el mercado de renta variable, en el cual los costos de transacción son mucho más bajos que en los mercados de commodities), si dos activos financieros son homogéneos, tenderán a tener el mismo precio de mercado (expresado en la misma moneda) independientemente del mercado en el que se desenvuelva. En caso, los precios observados en los mercados parecieran violar esta ley, de tal forma que dos activos aparentemente idénticos se estuvieran vendiendo a precios diferentes, por el proceso de *arbitraje* los precios se acomodarían para que la ley de único precio se llegara a cumplir. A modo de ejemplo, es de esperar que una acción de un mercado cualquiera y su ADR negociado en el mercado estadounidense tengan el mismo precio si los expresamos en una misma moneda.

La teoría de la Paridad del Poder de Adquisitivo está basada en la Ley de Único Precio, y establece que existe una relación entre la variación relativa del tipo de cambio de dos monedas y las tasa de variación de los precios en sus correspondientes países estable en el tiempo.

La teoría de PPA, en logaritmos, nos dice que  $e_t = p_t^* - p_t$ , donde  $e$  es el tipo de cambio nominal,  $p_t^*$  es el precio en el mercado extranjero y  $p_t$  es el precio en el mercado doméstico.

### 2.1.3 Arbitraje

Según Mirás Calvo (2003) el arbitraje es la operación de cambio de valores mercantiles, en la que se busca la ganancia sin riesgo aprovechando o bien que los precios son incorrectos o bien la diferencia de precios entre unas plazas y otras.

El proceso de arbitraje consiste en comprar un activo en un mercado y venderlo en otro para beneficiarse de las diferencias de precios injustificados. El arbitraje es a la vez libre de riesgo y autofinanciamiento, lo que significa que el inversor utiliza el dinero de otra persona. Aunque se trata de la definición tradicional de arbitraje, el uso del término se ha ampliado para incluir algunas variaciones, como los siguientes:



- *Arbitraje de Riesgo*, es el comúnmente utilizado, donde se compra simultáneamente una acción objetivo y se vende otro activo.
- *Arbitraje fiscal*, que desplaza los ingresos de una categoría fiscal a otra inversión para aprovechar las diferentes tasas de impuestos a través de las categorías de ingresos.
- *Arbitraje Regulatorio*, lo que refleja la tendencia de las empresas a moverse hacia las regulaciones menos restrictivas. Un ejemplo es la tendencia histórica de los bancos comerciales de Estados Unidos para avanzar hacia el estado regulador menos restrictiva, los bancos buscaron diferencias normativas para arbitrar.
- *Pairs trading*, que identifica dos acciones cuyos precios se han movido cerca en el pasado. Cuando el diferencial de precios relativos se ensancha anormalmente, la acción con el precio más bajo se compra, y la acción con el precio más alto se vende a corto
- *Arbitraje de Índice*, que establece la compensación de las posiciones largas y cortas en un contrato de futuros sobre índices bursátiles y una cartera de mercado al contado de replicación cuando el precio de los futuros difiere significativamente de su valor teórico.

En lo que respecta al arbitraje, en el caso de los activos financieros (para las acciones), estos presentan valores cotizando en los mercados con mayor liquidez (como el mercado norteamericano), así como también en los mercados locales de origen de sus capitales (en el caso del mercado Colombiano) posicionándose cortos y largos según sus pronósticos y beneficios deseados.

## 2.2 Tipos de Estrategia

Existen multitud de estrategias de pares, como los ya mencionados anteriormente, pero hay dos muy utilizadas, el arbitraje de pares estadístico y el arbitraje de pares en función del riesgo.

El arbitraje de pares estadístico es aquel en el que se basa en la idea de precios relativos. Los activos con similares características deben tener el mismo precio, por lo tanto se apuesta a que existe un diferencial por errores en la valoración de ambos activos y se realiza un arbitraje. Cuanta más diferencia creamos que existe entre ambos, mayor potencial de ganancia en nuestra estrategia de pares. La estrategia consiste en tomar posiciones cuando

creamos que el Ratio de Precio está muy separado de su media (en este caso, una o dos desviaciones típicas).

El arbitraje de pares en función del riesgo se produce cuando dos compañías se fusionan. Los términos de la fusión producen que exista una estricta relación de paridad entre los valores de las acciones de las dos empresas involucradas.

Si la fusión entre las dos empresas se considera una certeza, entonces los precios de las acciones de las dos empresas deben satisfacer la relación de paridad, y el diferencial entre ellos será cero. Sin embargo, por lo general hay un cierto nivel de incertidumbre en la finalización con éxito de una fusión después del anuncio, debido a varias razones como por ejemplo problemas con el regulador que vela por la defensa de la competencia. Esta incertidumbre se refleja en un diferencial distinto de cero. El arbitraje de riesgos implica asumir esta incertidumbre de riesgo y capturar el valor diferencial como beneficios. Por lo tanto, a diferencia del caso de los pares de arbitraje estadístico, que se basa en consideraciones de valoración, el arbitraje de riesgos se basa estrictamente en una relación de paridad entre los precios.

### **2.3 Análisis Técnico e Indicadores**

El análisis técnico fundamenta las decisiones de trading examinando precios anteriores y datos sobre volumen para determinar pasadas tendencias de mercado de las cuales se intenta predecir el futuro comportamiento de la totalidad del mercado y de activos individuales.

Los *Technicians* esperan que la velocidad de ajuste de precios no sea tan abrupta como los fundamentalistas y los defensores del mercado eficiente afirman. Al contrario, esperan un ajuste gradual de los precios que refleje el flujo gradual de información. Los analistas técnicos miran el inicio de un movimiento desde un valor de equilibrio a un nuevo valor de equilibrio, pero no intentan predecir el nuevo valor de equilibrio. Ellos miran el inicio del cambio para poder subirse al vagón rápidamente y sacar beneficios del movimiento hasta el nuevo precio de equilibrio, comprando si la tendencia es alcista, vendiendo si es bajista.

Analistas técnicos admiten que un analista fundamental con buena información, buena habilidad analítica y un sentido agudo del impacto de la información en el mercado, deberían alcanzar retornos por encima de la media, si a su vez, la información se procesa correcta y rápidamente.

El análisis técnico se basa en tres premisas: 1) la acción del mercado (el movimiento de los precios) descuenta todo. Los *technicians* creen que cualquier cosa que pueda afectar el precio de un activo (fundamental, política, psicológica, etc.) se refleja en éste. Por lo tanto lo único que se necesita es una gráfica de precio. Las gráficas no causan en sí mismas que el mercado suba o baje. 2) los precios se mueven en tendencias. Siempre se afirma que “la tendencia es tu amiga”, lo más importante es identificar las tendencias en la parte más incipiente de su formación para hacer *trading* en su dirección y la tendencia continuará hasta que se muestren signos de reversión. 3) la historia se repite. Los patrones que siguen los precios han sido identificados y estudiados a lo largo de la historia. Estos patrones reflejan la psicología del mercado y se supone que como han funcionado anteriormente, deberían funcionar en el futuro.

Entre las ventajas más importantes del análisis técnico es su flexibilidad, es decir que sirve para cualquier mercado, porque sus principios son generales. Además, permite seguir varios mercados a la vez, así como flexibilidad respecto al horizonte de tiempo, pues las herramientas pueden ser utilizadas para datos de alta frecuencia (60 minutos) y de baja frecuencia (semanas).

Las críticas más relevantes al análisis técnico vienen desde la academia, con la llamada “profecía de autocumplimiento” y la teoría de la caminata aleatoria. Un reto obvio del análisis técnico es que los patrones de precios pasados o relaciones específicas entre variables y precios de mercado puedan no repetirse. Como resultado, una técnica que funcionó previamente puede perder sucesivos cambios en el mercado. Esta posibilidad lleva a seguir varias reglas de trading y encontrar consenso entre ellas para predecir un futuro patrón de mercado. Como la mayoría actúa de la misma manera, el mercado termina haciendo lo que se esperaba. El éxito de una regla particular de trading animará a muchos inversionistas a adoptarla y la popularidad y la competencia resultante puede resultar en neutralizar eventualmente la técnica. Por otro lado se afirma también que existe un alto grado de subjetividad, ya que diferentes aproximaciones dan resultados diferentes.

Además, el mayor reto para el análisis técnico está basado en los resultados empíricos de la Hipótesis de los Mercados Eficientes (HME) de Fama (1970). Para que las técnicas de trading técnico generen retornos superiores luego de tener en cuenta los costos de transacción, el mercado debe moverse con lentitud para ajustar los precios y la llegada de nueva información. Que los actuales precios de los activos reflejen completamente la información de los mercados, como precios y retornos pasados se refiere a la forma débil de la HME.

### 2.3.1 Promedios Móviles

El promedio móvil (PM) es el más utilizado de los indicadores técnicos, uno de los menos subjetivo y fácil de programar. Es la base de la mayoría de los sistemas de seguimiento de tendencia (*trend-following*). Su principal objetivo es identificar o señalar que una nueva tendencia ha empezado o que una tendencia ha terminado. Son de extrema utilidad para suavizar series históricas, pues diluye el peso de los valores extremos. La determinación del número de observaciones a considerar es una decisión del horizonte de análisis. Un número alto de observaciones tomadas como denominador permite identificar la tendencia de largo plazo.

El PM es un seguidor de tendencia, es un *lagged indicator* y no un *leading indicator*, no anticipa. Una de sus ventajas es que suavizan, dejan ver la tendencia más claramente. Entre más “largo” sea el promedio móvil más suavizado es, entre más “corto” es más sensible. Generalmente se promedia el precio de cierre, aunque hay *technicians* que utilizan otro precio como el precio medio del día o un promedio entre el HLC (*high-low-close*).

El más utilizado es el promedio simple. Algunos critican que este sencillo indicador sólo cubre el periodo del promedio y le da igual importancia a cada día tomado en su marco de tiempo. Así que algunos prefieren utilizar promedios ponderados. Uno de éstos es el promedio ponderado lineal, ya que le da más importancia a los precios recientes, sin embargo no resuelve el primer problema mencionado.

Una solución alternativa a los dos problemas la provee el PM exponencial, puesto que le da más importancia al precio actual (es decir es un PM ponderado) e incluye todos los precios.

Cuál utilizar, esto dependerá en gran parte del analista y del método de trading. Los denominados black-box funds<sup>2</sup> tienden a utilizar el más sofisticado.

Los PMs tienen tres usos fundamentales: 1) Ayudar a determinar la dirección de un mercado, 2) Dar señales de trading y 3) Determinar niveles de soporte o resistencia. Esto se explica porque hay traders que utilizan los PMs como indicadores para trading. Dado que los PMs ayudan a determinar tendencia, se pueden utilizar para generar señales de trading. La señal más simple se da para comprar cuando el precio cruza hacia arriba un determinado PM y vender cuando lo cruza hacia abajo. La posición se cierra y/o reversa cuando el precio atraviesa el PM en la otra dirección. Para periodos sideways, o sin tendencia, es mejor utilizar PMs de corto plazo. Para periodos con tendencia es mejor utilizar PMs de largo plazo porque los de corto pueden señalar el cierre innecesario de la posición.

En ocasiones los PMs pueden dar señales falsas, por lo que se pueden utilizar filtros, por ejemplo: 1) que el rango de precios no incluya al PM, es decir rompimiento total del PM, 2) que el precio atraviese el PM por una cierta cantidad o porcentaje, 3) que haya otro rompimiento (de un nivel de soporte o resistencia, línea de tendencia), 4) o un filtro de tiempo, en donde se espera que la señal se confirme si el rompimiento del PM dura 2 a 3 días por ejemplo, 5) también se utilizan bandas envolventes, por ejemplo: +/- 1.5% sobre el PM, y se toman decisiones por fuera de las bandas, 6) o bandas high-low que son PMs del high y del low. Y se compra si rompe el PMhigh, se cierra si rompe PMLow.

### 2.3.2 Bandas de Bollinger

Este indicador fue desarrollado por John Bollinger al inicio de los 80's. Estas bandas permiten identificar la volatilidad del precio en relación con su nivel actual y su dinámica. Consiste en tomar un promedio móvil simple y aplicar la desviación estándar equivalente a la longitud del promedio. El promedio móvil más 2 desviaciones estándar determina la banda superior. El promedio móvil menos 2 desviaciones estándar determina la banda inferior.

---

<sup>2</sup> Tipo de fondo donde el *manager* confía más en sistemas de trading y algoritmos para tomar decisiones de inversión.

En escasos momentos los precios rompen las bandas. En general cuando lo hacen se anuncian cambios en la tendencia. Estos indicadores, sin embargo tienen su mayor utilidad en anunciar la volatilidad del activo en un período de tiempo. Además permiten identificar períodos en los que los precios se mantienen en niveles insostenibles. Algunos inversionistas ven su utilidad para el mercado de opciones.

## 2.4 Ratio de Precio

El indicador más importante en este documento, es el Ratio de Precios, la elección del par de activos que formarán el ratio es muy importante, habitualmente los traders suelen hacer un análisis exhaustivo de empresas que tienen características comunes, ya sea mediante un análisis visual de los gráficos o bien guiándose por análisis fundamental, buscando que pertenezcan a un mismo sector o subsector, o que tengan características similares en cuanto a su actividad ya sea en relación a su presencia geográfica, proyectos en común o simplemente que tengan una correlación lineal alto.

Se podría elegir los pares de manera aleatoria y mirar solamente su correlación lineal, pero como se ha explicado anteriormente, se suele buscar que pertenezcan a un sector o que tengan una serie de características comunes, que le hagan tener unas reacciones similares a las variaciones macroeconómicas o ante los riesgos sistémicos.

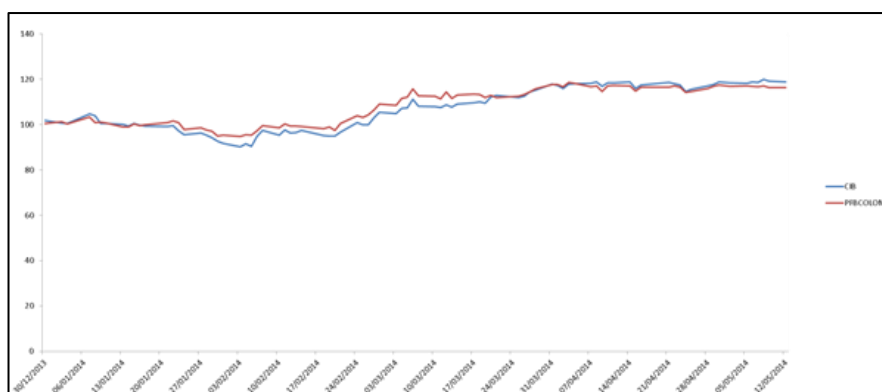
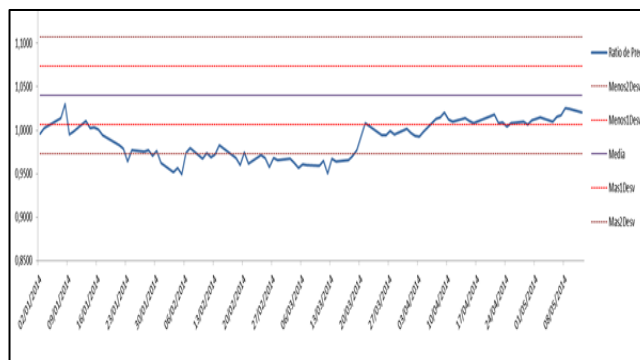


Gráfico 1. CIB vs PFBCOLOM (precios base 100)

En segundo lugar, tenemos que determinar el nivel de correlación entre los componentes del par, este paso actúa como un filtro, o un medio por el cual podemos reducir el número de pares potenciales. Una forma es utilizar un coeficiente de correlación para

determinar cómo de cerca se relacionan dos instrumentos. En nuestro estudio hemos considerado que un coeficiente de correlación lineal entorno al 0,8 es ideal para realizar esta estrategia, rechazando aquellos pares que estén por debajo del 0,5.



**Gráfico 2. Evolución Ratio de Precio CIB vs PFBCOLOM**

Una vez elegidos los pares, debemos calcular el ratio de precio (Precio del activo Y/Precio del activo X), y ver su evolución comparándolo con la media del ratio de precio durante los 12 meses anteriores, así como con sus desviaciones típicas.

En nuestro caso, cuando el ratio de precio se desplaza 2 desviaciones típicas de su media, nos muestra una señal de separación entre los activos, por lo que cuando se produce, debemos tomar una posición larga en el activo que está teniendo un rendimiento peor, y tomar una posición corta en el activo que está teniendo un comportamiento mejor.

Como podemos comprobar, al estar trabajando sobre una media, estamos trabajando con el pasado y presente de ambos activos, por lo que estamos asumiendo un riesgo elevado ya que no estamos estimando el comportamiento de ambos activos.

El trading de pares a pesar de ser una estrategia neutral al mercado le sigue afectando las fluctuaciones en el precio de los activos por lo tanto será muy importante trabajar con stop loss para minimizar los efectos de movimientos adversos.

Por otro lado, si queremos trabajar dando mayor certidumbre a la estrategia, podemos intentar estimar el ratio de precio mediante un proceso estocástico de reversión a la Media, ya que como hemos podido comprobar gráficamente, el ratio de precio tiende siempre a su media histórica. De esta manera en los momentos en los que el proceso se desvíe más de

cierta distancia de su media pueden tomarse las posiciones adecuadas en las acciones involucradas en el ratio a fin de esperar que el mismo vuelva a sus valores normales y obtener ganancias, tal y como explicábamos anteriormente.

## 2.5 Proceso estocástico de reversión a la Media

Existen diversos procesos estocásticos<sup>3</sup> adaptados para modelar comportamientos naturales, tales como biológicos, sociales, financieros, económicos. En adelante se centrará la atención en presentar una descripción de un proceso en particular, el de los procesos estocásticos con reversión a la media, los cuales han sido utilizados, por ejemplo, para representar el comportamiento de algunos mercados.

El principal objetivo cuando se modela el comportamiento de alguna variable como un proceso estocástico con reversión a la media, consiste en determinar los parámetros presentes en el modelo, los cuales pueden o no tener algún significado “realista” o pueden representar simplemente algunos valores particulares.

Existen diferentes maneras de definir a un proceso con reversión a la media, unas basadas en ideas más cualitativas que cuantitativas y otras, en sentido contrario, dando mucho peso a conceptos matemáticos introduciendo algo de rigurosidad en la clasificación de los procesos con reversión a la media.

Una primera definición está de acuerdo con la idea de que un proceso con reversión a la media tiende a cambiar su comportamiento de crecimiento o decrecimiento en el momento en que se alcanzan extremos (históricos). Esta definición es una de las más ampliamente aceptadas. Adicional a la definición anterior se ha planteado la idea de un proceso con reversión a la media como aquel en el cual los retornos tienen una autocorrelación negativa. Esta definición permitiría inducir un procedimiento para contrastar la hipótesis de si un proceso revierte a la media o no lo hace.

El proceso estocástico de reversión a la media más utilizado es el de Ornstein-Uhlenbeck (OU) que tiene la siguiente forma:

---

<sup>3</sup> Se denomina proceso estocástico a toda variable que evoluciona a lo largo del tiempo de forma total o parcialmente aleatoria.



$$\partial S = \alpha(\mu - S)\delta t + \sigma dz$$

En este tipo de modelos es habitual considerar que S es el logaritmo del precio, con el objetivo de “suavizar” la serie, en nuestro caso S será el Ratio de Precio. En este proceso  $\mu$  es la media a largo plazo y  $\alpha$  es la llamada “velocidad de reversión”.

Si discretizamos el modelo obtenemos:

$$\Delta S = \alpha(\mu - S)\Delta t + \sigma\varepsilon\sqrt{\Delta t}$$

Este proceso se puede reescribir como:

$$\Delta S = \beta_0 + \beta_1 S + u$$

Dónde:

$$\beta_0 = \alpha \mu \Delta t$$

$$\beta_1 = -\alpha \Delta t$$

El parámetro  $\sigma$  se obtiene como la desviación típica de los residuos que se obtienen de la estimación del Ratio de precio por medio de la ecuación:

$$\text{Ratio de Precio}_t - \text{Ratio de Precio}_{t-1} = \beta_0 + \beta_1 \text{Ratio de precio } t + u$$

Siendo:

$$u = \sigma\varepsilon\sqrt{\Delta t}$$

Obteniendo  $\varepsilon$  con la función aleatorio de Excel.

## 2.6 Movimiento Browniano Geométrico - MGB

Uno de los primeros modelos utilizados para describir la evolución de una serie temporal como un proceso estocástico es el movimiento browniano, el cual recibe este nombre por R. Brown, quien en 1828 observó este movimiento en pequeñas partículas suspendidas en un fluido, y está caracterizado fundamentalmente por dos de las propiedades de sus incrementos, la independencia y la normalidad de su distribución.

Este modelo aparece por primera vez asociado a los precios de una acción en 1900 en la tesis de Louis Bachelier “Theory of speculation” y, aunque fue sistematizado por N. Wiener en 1923, de aquí que también reciba el nombre de proceso de Wiener, no cobra importancia hasta que en 1965 el premio nobel en Economía Paul A. Samuelson se basa en la idea de trabajar con los logaritmos de los precios y se propone el movimiento browniano geométrico en el cual los logaritmos de los precios son los que siguen un movimiento browniano con tendencia (Osborne, 1959).

El modelo MBG se puede expresar como:

$$\frac{dS}{S} = \mu dt + \sigma dz$$

Según este modelo el rendimiento de un activo puede descomponerse en dos partes:

1. Un rendimiento determinista:  $\mu dt$ , donde  $\mu$  es una medida de la tasa media de crecimiento del precio del activo. Si ignoramos el segundo término, por ejemplo considerando  $\sigma = 0$ , entonces la rentabilidad del precio del activo seguiría el proceso:

$$\frac{dS}{S} = \mu dt$$

Que tiene solución exacta de la forma:  $S = S_0 e^{\mu(t-t_0)}$  donde  $S_0$  es el precio del activo en el momento  $t = t_0$

2. Un componente de incertidumbre:  $\sigma dz$  que modeliza el cambio aleatorio en el precio del activo en respuesta a efectos externos, como por ejemplo noticias inesperadas.

El parámetro  $\sigma$  recibe el nombre de volatilidad y mide la desviación típica de los rendimientos por unidad de tiempo. Es decir, la desviación típica de la rentabilidad del precio de un activo se asume constante e independiente del precio del activo, ya que es razonable suponer que un inversor tiene tanta incertidumbre sobre el rendimiento futuro de un activo cuando el precio del mismo es 1€ que cuando es 20€

$$dZ \rightarrow N(0, dt)$$

Donde  $\text{var}(dZ) = dt$ , es por lo tanto inmediato comprobar que:

$$\frac{dS}{S} \rightarrow N(\mu dt, \sigma dt)$$

Donde

$$\text{var}\left(\frac{dS}{S}\right) = \sigma dt$$

La razón de que el movimiento browniano geométrico haya sido el proceso más ampliamente utilizado para modelizar la rentabilidad del precio de un activo es, aparte de la justificación económica que acabamos de dar, que se ajusta razonablemente bien al comportamiento de las series de precios y rentabilidades observadas en la práctica, sobre todo para acciones e índices bursátiles.

Para nuestras simulaciones del precio del día siguiente procederemos de la siguiente forma:

1. Discretizamos el MBG y obtenemos una expresión para el precio del activo:

$$\Delta S = S(\mu\Delta t + \sigma\varepsilon\sqrt{\Delta t}) \rightarrow S_{t+1} = S_t(1 + \mu\Delta t + \sigma\varepsilon\sqrt{\Delta t})$$

2. Generamos número aleatorios de una normal estándar:  $\varepsilon_t$
3. Partiremos siempre del precio real del activo del día anterior, estimando solamente el del día siguiente.

## 2.7 Algunas Limitaciones

A parte de los riesgos asociados a las estrategias de pares, hay una serie de desventajas asociadas a esta técnica de inversión que los traders tienen en cuenta. La primera desventaja proviene del lado de los costes de transferencia (Comisiones, honorarios). No olvidemos que las estrategias de pares requieren el doble de comisiones y honorarios que una estrategia de trading tradicional, ya que debemos ponernos largos de un activo y cortos de otro. Por lo tanto se tiene que tener en cuenta a la hora de definir el spread rentable de entrada.

Otro riesgo proviene de la horquilla de precios que puede reducir significativamente las ganancias a la hora de operar con esta estrategia. El spread Bid-ask es la diferencia entre el precio de oferta y el de demanda. El volumen de negociación afecta significativamente a

esta horquilla es por esto por lo que para las estrategias de trading es de vital importancia que el mercado sea muy líquido.

Estas dos desventajas dejan claro, que la manera de beneficiarte de las estrategias de trading es invirtiendo grandes sumas de dinero, ya que tienes que realizar inversiones cuyos diferenciales garanticen el beneficio una vez eliminados los costes de transferencia y horquillas muy separadas.

### 3 ANÁLISIS DE PARES

En nuestro estudio vamos a trabajar con los siguientes pares de activos:

CIB y PFBCOLOM, CNE.TO y CNEC, FOX y TWC, COP y BRL, GLD y ABX.

PAR	Símbolo	Nombre	Sector	Bolsa	Divisa	Correlación	Opinión
PAR 1	CIB	Bancolombia S.A. (CIB)	Financiero	NYSE	USD	0,768	
	PFBCOLOM	Bancolombia S.A.	Financiero	COLCAP	COP		
PAR 2	CNE.TO	Canacol Energy LTD	Energía	NYSE	USD	0,804	
	CNEC	Canacol Energy	Energía	COLCAP	COP		
PAR 3	FOX	Twenty-First Century Fox	Servicios	Nasdaq	USD	0,517	Analizar
	TWC	Time Warner Cable	Servicios	NYSE	USD		
PAR 4	COP	Peso Colombiano	Divisa			0,335	Analizar
	BRL	Real Brasileño	Divisa				

Tabla 1. Análisis de Pares

Como podemos observar los pares de activos 1 y 2 tienen una correlación lineal histórica ideal para la estrategia de pares, el par 3 tiene una correlación lineal próxima al rechazo al estar entorno al 0,5, y el par 4 es descartado para esta estrategia debido a su débil correlación.

### 3.1 Análisis Empírico de los Pares

#### 3.1.1 Análisis del PAR 1: CIB- PFBCOLOM

El coeficiente de correlación histórica de este par es 0,769, ideal para la ejecución de esta estrategia ya que se sitúa entorno al 0,8 que es el recomendado para realizar este tipo de estrategias.

La distribución de rentabilidades de CIB tiene una curtosis de 1,94, y un coeficiente de asimetría de -0,94. La distribución de rentabilidades de PFBCOLOM presenta una curtosis de 1,30 y un coeficiente de asimetría de 0,0423.

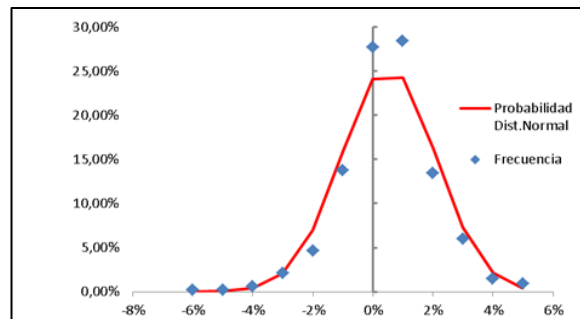


Gráfico 3. Distribución de Rentabilidades CIB

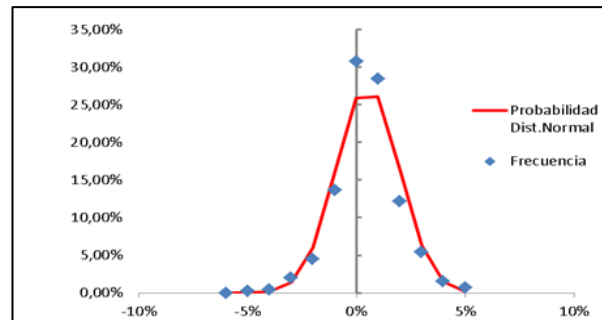


Gráfico 4. Distribución de Rentabilidades PFBCOLOM

**Prueba 1**

Como podemos observar en la evolución del **Ratio de Precio**, la mayor parte del tiempo permanece dentro de las 2 desviaciones típicas de distancia a la media histórica de precio, y todo esto a pesar de que la desviación típica histórica es muy baja. Vamos a trabajar con distancia 1 y 2 desviaciones para ver si la rentabilidad es suficientemente alta como para hacer frente a los costes por operación.

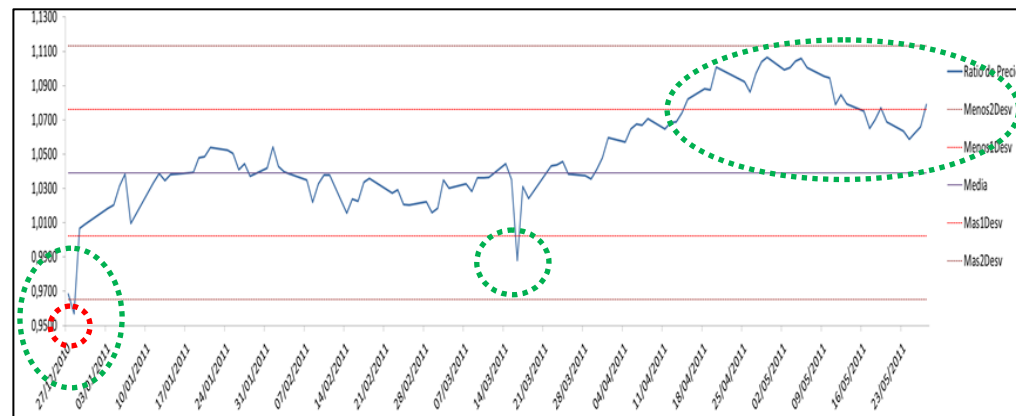


Gráfico 5. Evolución del Ratio de Precio CIB vs PFBCOLOM

2 Desviaciones	CIB	PFBCOLOM	Cartera	1 Desviación	CIB	PFBCOLOM	Cartera
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	51.436,22 €	51.098,95 €	102.535,16 €	Resultado Sin Comisiones	51.354,63 €	53.452,59 €	104.807,22 €
Rentabilidad	2,87%	2,20%	2,54%	Rentabilidad	2,71%	6,91%	4,10%
Número de Operaciones				Número de Operaciones			
4				18			
Comisiones				Comisiones			
303,8				1.395,77			
Resultado Con comisiones				Resultado Con comisiones			
102.231,36 €				103.411,45 €			
Rentabilidad				Rentabilidad			
2,23%				3,41%			

Tabla 2. Resultados Prueba 1 CIB-PFBCOLOM

**Análisis de resultados:**

- Analizando los resultados, hemos obtenido una rentabilidad de un 2,23% si tenemos en cuenta las comisiones de 15 pb por operación aplicando un filtro de distancia de 2 Desviaciones Típicas.
- Con un filtro de distancia de una desviación típica respecto de su media histórica, obtenemos un 3,41%.
- A pesar de realizar más operaciones con el filtro de distancia de una desviación típica y por lo tanto tener que hacer frente a más comisiones que con el de dos Desviaciones, la rentabilidad obtenida compensa los costes.

**Análisis de los filtros óptimos de distancia**

En la teoría de trading de pares se establece que se debe hacer en función de 1 o 2 desviaciones típicas de distancia respecto de la media, pero según nuestros análisis de la información histórica del ratio de precio las bandas óptimas del ratio de precio durante este periodo estarían en 0,9750 y 1,0870.



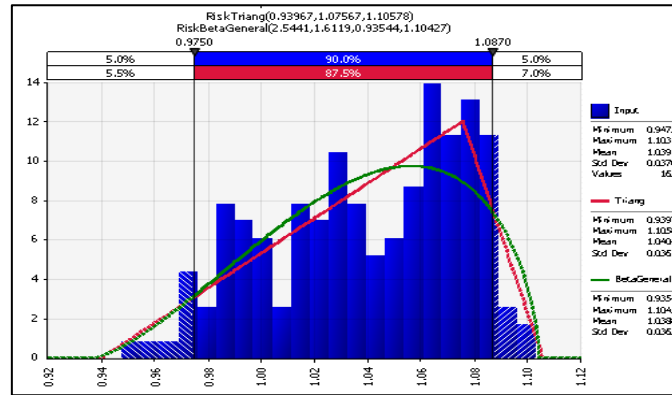


Gráfico 6. Análisis de Filtrros 1 CIB-PFBCOLOM

Bandas Ótimas	CIB	PFBCOLOM	Cartera
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	49.788,45 €	53.099,45 €	102.887,90 €
Rentabilidad	-0,423%	6,199%	2,888%
Número de Operaciones	12		
Comisiones	916,37 €		
Resultado Con comisiones	101.971,53 €		
Rentabilidad	1,972%		

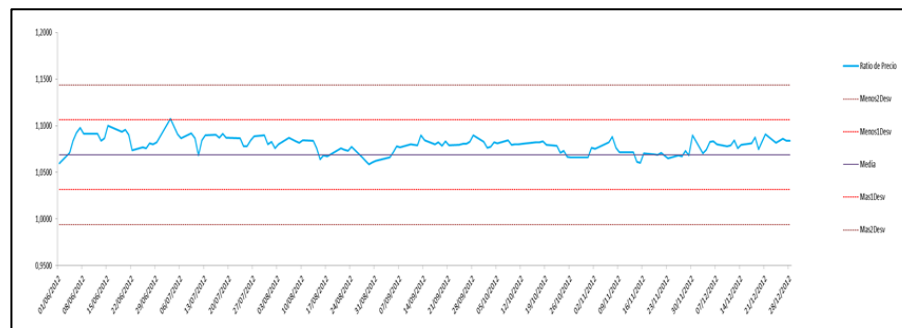
Tabla 3. Prueba 1 CIB-PFBCOLOM

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el segundo periodo, se han generado doce operaciones, produciendo unos costes de 916,37€ €, obteniéndose una rentabilidad del 1,972%

## Prueba 2

Como podemos observar en la evolución del **Ratio de Precio**, durante este periodo se mantiene dentro de las 2 desviaciones típicas respecto de su media, por lo que la estrategia de pares con esta amplitud no se puede realizar. Realizaremos la estrategia con una distancia de una desviación típica a pesar de que como podremos comprobar el ratio de precio se ha mantenido muy próximo a su media histórica.



**Gráfico 7. Evolución del Ratio de Precio CIB vs PFBCOLOM**

<b>2 Desviaciones</b>	<b>CIB</b>	<b>PFBCOLOM</b>	<b>Cartera</b>	<b>1 Desviación</b>	<b>CIB</b>	<b>PFBCOLOM</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	Sin operar	Sin operar	Sin operar	Resultado Sin Comisiones	50.638,24 €	50.140,65 €	100.778,89 €
Rentabilidad	Sin operar	Sin operar	Sin operar	Rentabilidad	1,28%	0,28%	0,78%
Número de Operaciones	0			Número de Operaciones	4		
Comisiones	Sin operar			Comisiones	301,17 €		
Resultado Con comisiones	Sin operar			Resultado Con comisiones	100.477,72 €		
Rentabilidad	Sin operar			Rentabilidad	0,48%		

**Tabla 4. Resultados Prueba 2 CIB-PFBCOLOM**

**Análisis de resultados:**

- Analizando los resultados, comprobamos que no hemos podido operar con un filtro de distancia de 2 desviaciones típicas.
- Por otro lado, con un filtro de distancia de una Desviación típica respecto de su media histórica, obtenemos un 0,478%.
- Cabe mencionar que sólo hemos realizado 4 operaciones, por lo que tendríamos que buscar un filtro que estuviera más cercano a su media histórica.

**Análisis de los filtros óptimos de distancia**

En la teoría de trading de pares se establece que se debe hacer en función de 1 o 2 desviaciones típicas de distancia respecto de la media, pero según nuestros análisis de la información histórica del ratio de precio las bandas óptimas del ratio de precio durante este periodo estarían en 1,022 y 1,1073.

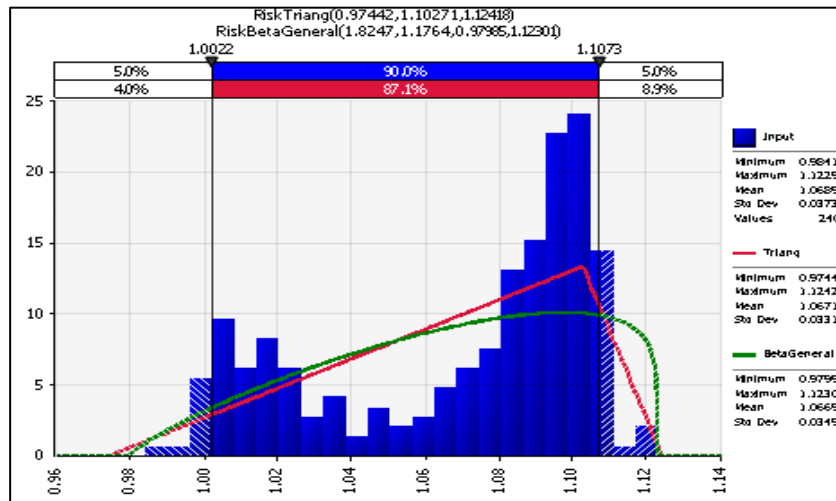


Gráfico 8. Análisis de Filtros 2 CIB-PFBCOLOM

<b>Bandas Óptimas</b>	<b>CIB</b>	<b>PFBCOLOM</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	50.638,24 €	50.140,65 €	100.778,89 €
Rentabilidad	1,276%	0,281%	0,779%
<hr/>			
Número de Operaciones	4		
Comisiones	301,17 €		
Resultado Con comisiones	100.477,72 €		
Rentabilidad	0,478%		

**Tabla 5. Prueba 2 CIB-PFBCOLOM**

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el segundo periodo, se han generado cuatro operaciones, produciendo unos costes de 301,17€, obteniéndose una rentabilidad del 0,478%

### Prueba 3

La evolución del **Ratio de Precio** durante este periodo no se mantiene dentro de las 2 desviaciones típicas respecto de su media, por lo que la estrategia de pares con esta amplitud se puede realizar. Analizaremos también la estrategia con un filtro de distancia de una desviación típica respecto a su media.

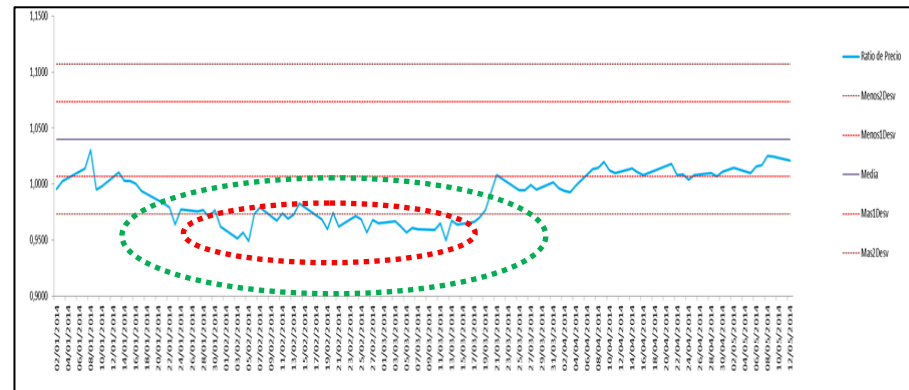


Gráfico 9. Evolución del Ratio de Precio CIB vs PFBCOLOM

2 Desviaciones	CIB	PFBCOLOM	Cartera	1 Desviación	CIB	PFBCOLOM	Cartera
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	58.125,33 €	45.595,72 €	103.721,04 €	Resultado Sin Comisiones	62.569,76 €	41.842,45 €	104.412,22 €
Rentabilidad	16,30%	-8,80%	3,72%	Rentabilidad	25,10%	-16,30%	4,41%
Número de Operaciones	28			Número de Operaciones	24		
Comisiones	2.137,03 €			Comisiones	1.843,87 €		
Resultado Con comisiones	101.584,01 €			Resultado Con comisiones	102.568,34 €		
Rentabilidad	1,58%			Rentabilidad	2,57%		

Tabla 6. Resultados Prueba 3 CIB-PFBCOLOM

**Análisis de resultados**

- Analizando los resultados, hemos obtenido una rentabilidad de un 1,584% si tenemos en cuenta las comisiones de 15 pb por operación aplicando un filtro de distancia de dos desviaciones típicas.
- Con un filtro de distancia de una desviación típica respecto de su media histórica, obtenemos un 2,568%.
- La volatilidad de los activos produce un mayor número de roturas a una mayor distancia respecto de su media, es por lo que el número de operaciones es mayor con el filtro de dos que del de una desviación típica.
- En este caso, es **más rentable utilizar el filtro de 1 desviación típica**.

**Análisis de los filtros óptimos de distancia**

En la teoría de trading de pares se establece que se debe hacer en función de 1 o 2 desviaciones típicas de distancia respecto de la media, pero según nuestros análisis de la información histórica del ratio de precio las bandas óptimas del ratio de precio durante este periodo estarían en 0,9984 y 1,0986

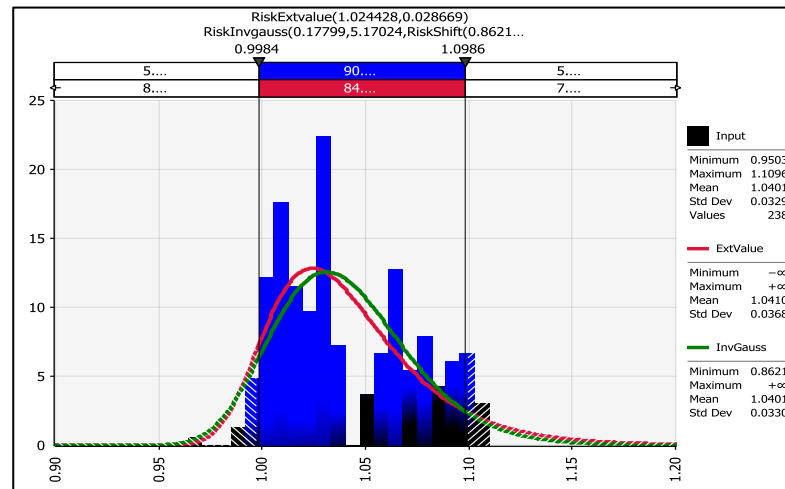


Gráfico 10. Análisis de Filtros 3 CIB-PFBCOLOM

<b>Bandas Óptimas</b>	<b>CIB</b>	<b>PFBCOLOM</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	58.971,88 €	43.875,07 €	102.846,95 €
Rentabilidad	17,9%	-12,2%	2,8%
Número de Operaciones	24		
Comisiones	1.827,76€		
Resultado Con comisiones	101.019,19 €		
Rentabilidad	1,019%		

**Tabla 7. Prueba 3 CIB-PFBCOLOM**

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el tercer periodo, se han generado veinticuatro operaciones, produciendo unos costes de 1.827,76 €, obteniéndose una rentabilidad del 1,019%

### 3.1.2 Análisis del PAR 2: CNE-CNEC

El coeficiente de correlación histórico de este par es de 0,804, por lo que se situaría en un nivel de correlación ideal.

La distribución de rentabilidades de **CNE** tiene una curtosis de 4,32, y un coeficiente de asimetría de 0,39.

La distribución de rentabilidades de **CNEC** presenta una curtosis de 5,09 y un coeficiente de asimetría de -0,016.

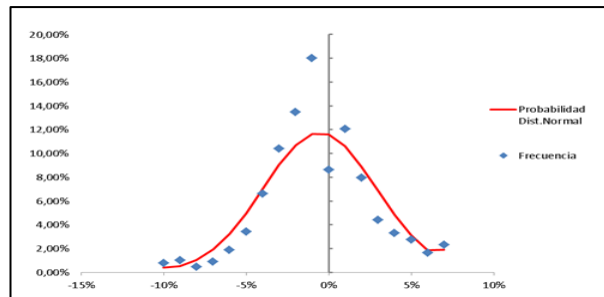


Gráfico 11. Distribución de Rentabilidades CNE

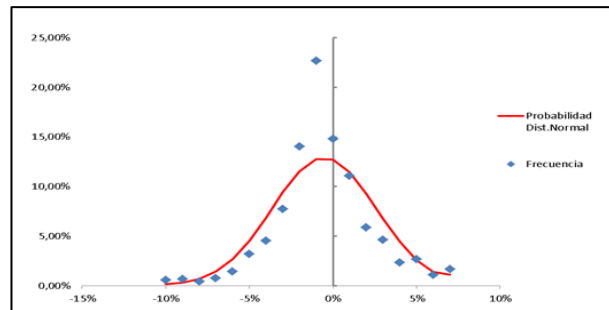
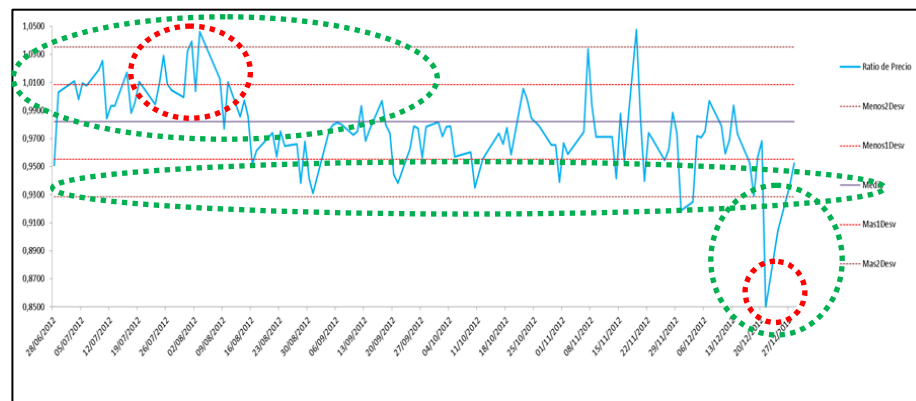


Gráfico 12. Distribución de Rentabilidades CNEC



**Prueba 1**

Analizando la evolución del **Ratio de Precio**, la mayor parte del tiempo permanece dentro de las 2 desviaciones típicas de distancia a la media histórica de precio. Este par presenta una ratio de precio con una gran oscilación, lo que producirá muchas operaciones y elevados costes.



**Gráfico 13. Evolución del Ratio de Precio CNE vs CNEC**

2 Desviaciones	CIB	PFBCOLOM	Cartera	1 Desviación	CIB	PFBCOLOM	Cartera
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	64.643,73 €	50.644,55 €	115.288,29 €	Resultado Sin Comisiones	74.519,51 €	62.711,20 €	137.230,71 €
Rentabilidad	29,29%	1,29%	15,29%	Rentabilidad	49,04%	25,42%	37,23%
Número de Operaciones				Número de Operaciones			
Comisiones				Comisiones			
Resultado Con comisiones				Resultado Con comisiones			
Rentabilidad				Rentabilidad			

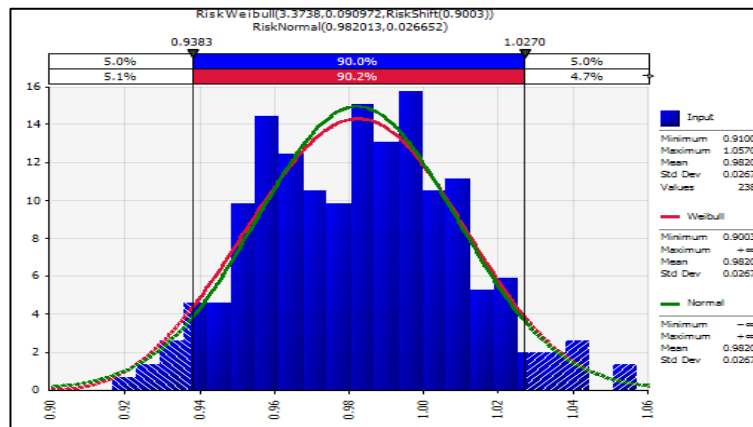
**Tabla 8. Resultados Prueba 1 CNE-CNEC**

**Análisis de resultados:**

- Tal y como habíamos previsto, analizando los resultados, hemos obtenido una rentabilidad del 13,701% con un filtro de distancia de dos desviaciones típicas, con 20 operaciones en total.
- Por otro lado hemos obtenido una rentabilidad del 28,954% con un filtro de distancia de una desviación típica, realizando un total de 94 operaciones.
- A pesar de que con el filtro de distancia de una desviación típica se incrementa demasiado el número de operaciones, los márgenes permiten con creces hacer frente a los costes tal y como hemos comprobado.

**Análisis de los filtros óptimos de distancia**

En la teoría de trading de pares se establece que se debe hacer en función de 1 o 2 desviaciones típicas de distancia respecto de la media, pero según nuestros análisis de la información histórica del ratio de precio las bandas óptimas del ratio de precio durante este periodo estarían en 0,9383 y 1,0270.



**Gráfico 14. Análisis de Filtros 1 CNE-CNEC**

<b>Bandas Óptimas</b>	<b>CNE</b>	<b>CNEC</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	66.136,30 €	56.996,55 €	123.132,85 €
Rentabilidad	32,27%	13,99%	23,13%
Número de Operaciones	46		
Comisiones	3.754,05 €		
Resultado Con comisiones	119.378,80 €		
Rentabilidad	19,38%		

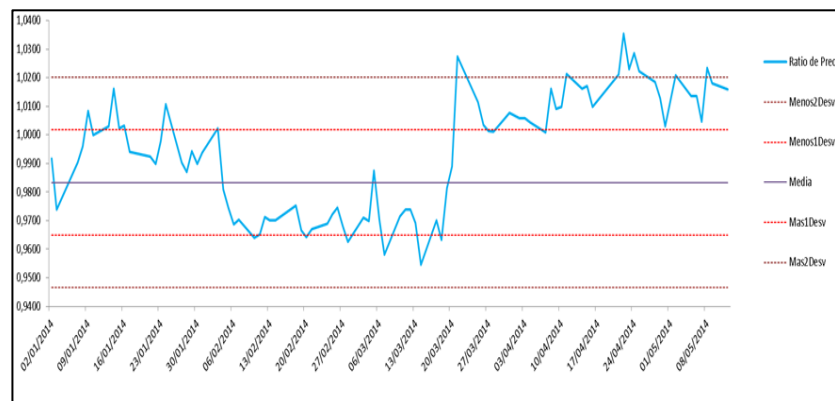
**Tabla 9. Prueba 1 CNE-CNEC**

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el primer periodo, ha generado 46 operaciones, con unos costes totales de 3.754,05 €, obteniendo una rentabilidad del 19,38%.

**Prueba 2**

La evolución del **Ratio de Precio**, durante este periodo se mantiene gran parte del periodo dentro de las 2 desviaciones típicas de distancia respecto de su media histórica. Vamos a realizar un análisis de aplicar la estrategia de pares utilizando tanto el filtro de una como el de dos desviaciones típicas.



**Gráfico 15. Evolución del Ratio de Precio CNE vs CNEC**

<b>2 Desviaciones</b>	<b>CNE</b>	<b>CNEC</b>	<b>Cartera</b>	<b>1 Desviación</b>	<b>CNE</b>	<b>CNEC</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	48.871,77 €	52.902,70 €	101.774,47 €	Resultado Sin Comisiones	49.448,33 €	58.658,94 €	108.107,26 €
Rentabilidad	-2,26%	5,81%	1,77%	Rentabilidad	-1,10%	17,32%	8,11%
Número de Operaciones	20		Número de Operaciones	50			
Comisiones	1.516,45 €		Comisiones	3.892,84 €			
Resultado Con comisiones	100.258,02 €		Resultado Con comisiones	104.214,42 €			
Rentabilidad	0,26%		Rentabilidad	4,21%			

**Tabla 7. Resultados Prueba 2 CNE-CNEC**

**Análisis de resultados:**

- Tal y como habíamos previsto, analizando los resultados, hemos obtenido una rentabilidad del 0,258% con un filtro de distancia de dos desviaciones típicas, con 20 operaciones en total.
- Por otro lado hemos obtenido una rentabilidad del 4,214% con un filtro de distancia de una desviación típica, realizando un total de 50 operaciones.
- A pesar de que con el filtro de distancia de una desviación típica se incrementa demasiado el número de operaciones, los márgenes permiten con creces hacer frente a los costes tal y como hemos comprobado.

**Análisis de los filtros óptimos de distancia**

En la teoría de trading de pares se establece que se debe hacer en función de 1 o 2 desviaciones típicas de distancia respecto de la media, pero según nuestros análisis de la información histórica del ratio de precio las bandas óptimas del ratio de precio durante este periodo estarían en 0,9551 y 1,0142.

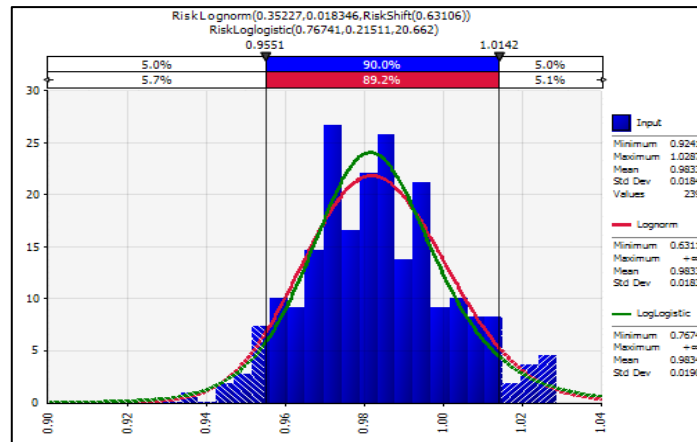


Gráfico 16. Análisis de Filtros 2 CNE-CNEC

<b>Bandas Óptimas</b>	<b>CNE</b>	<b>CNEC</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	49.569,96 €	54.451,63 €	104.021,58 €
Rentabilidad	-0,86%	8,90%	4,02%
Número de Operaciones	30		
Comisiones	2.304,44€		
Resultado Con comisiones	101.717,14 €		
Rentabilidad	1,72%		

**Tabla 8. Prueba 2 CNE-CNEC**

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

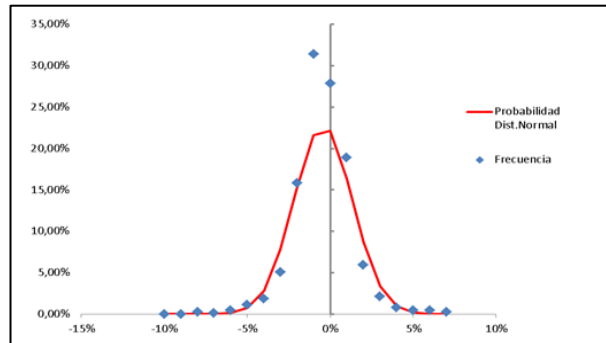
- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el segundo periodo, ha generado 30 operaciones, con unos costes totales de 2.304,44€ €, obteniendo una rentabilidad del 1,72%.

### 3.1.3 Análisis del PAR 3: FOX- TWC

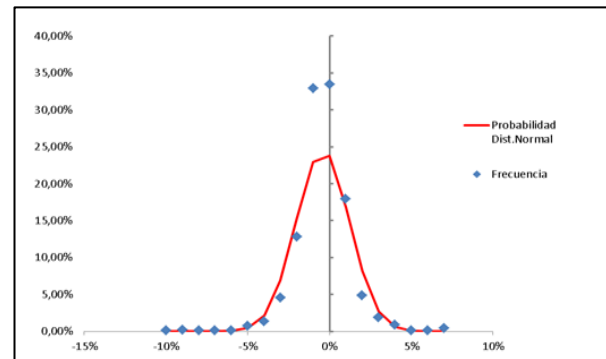
El coeficiente de correlación nos indicaba un 0,517, en teoría este PAR de activos podría ser descartable por tener una correlación lineal débil pero vamos a trabajar con él para obtener unas conclusiones sobre el nivel óptimo de correlación lineal.

La distribución de rentabilidades de **FOX** tiene una curtosis de 8,065, y un coeficiente de asimetría de 0,64.

La distribución de rentabilidades de **TWC** presenta una curtosis de 7,826 y un coeficiente de asimetría de -0,312.



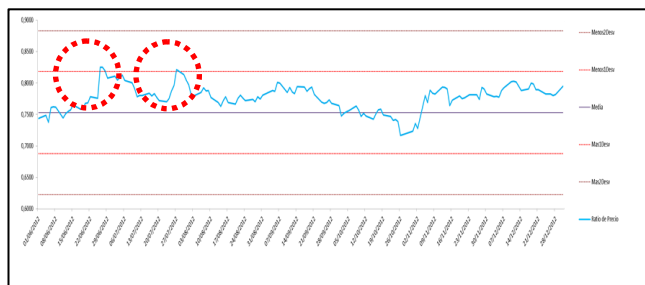
**Gráfico 17. Distribución de Rentabilidades FOX**



**Gráfico 18. Distribución de Rentabilidades TWC**

**Prueba 1**

Como podemos observar en la evolución del **Ratio de Precio**, durante este periodo se mantiene dentro de las 2 desviaciones típicas respecto de su media, por lo que la estrategia de pares con esta amplitud no se puede realizar, por lo que realizaremos la estrategia con una distancia de una desviación típica.



**Gráfico 19. Evolución del Ratio de Precio FOX vs TWC**

<b>2 Desviaciones</b>	<b>FOX</b>	<b>TWC</b>	<b>Cartera</b>	<b>1 Desviación</b>	<b>FOX</b>	<b>TWC</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	Sin operar	Sin operar	Sin operar	Resultado Sin Comisiones	48.906,65 €	52.645,70 €	101.552,35 €
Rentabilidad	0,00%	0,00%	0,00%	Rentabilidad	-2,19%	5,29%	1,55%
Número de Operaciones	0		Número de Operaciones	8			
Comisiones	0		Comisiones	605,51			
Resultado Con comisiones	Sin operar		Resultado Con comisiones	100.946,84 €			
Rentabilidad	Sin operar		Rentabilidad	0,95%			

**Tabla 9. Resultados Prueba 1 FOX-TWC**

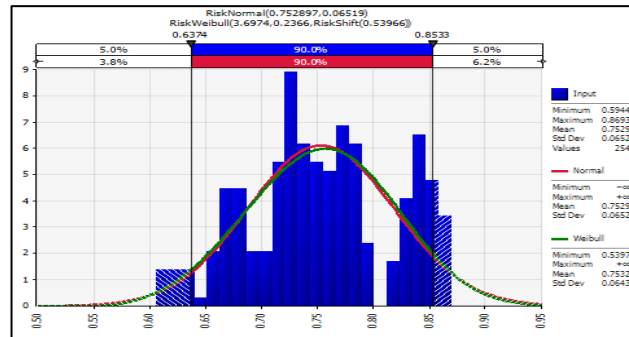


**Análisis de resultados:**

- El filtro de dos desviaciones típicas no se rompió durante el periodo analizado, por lo que no se realizaron operaciones.
- Utilizando un filtro de distancia de una desviación típica respecto de su media histórica, hemos obtenido una rentabilidad teniendo en cuenta las comisiones del 0,947%.
- Habrá que analizar si sería más rentable utilizar filtros más cercanos a la media histórica.

**Análisis de los filtros óptimos de distancia**

En la teoría de trading de pares se establece que se debe hacer en función de 1 o 2 desviaciones típicas de distancia respecto de la media, pero según nuestros análisis de la información histórica del ratio de precio las bandas óptimas del ratio de precio durante este periodo estarían en 0,6374 y 0,8533.



**Gráfico 20. Análisis de Filtros 1 FOX-TWC**

<b>Bandas Óptimas</b>	<b>FOX</b>	<b>TWC</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Rentabilidad	0,00%	0,00%	0,00%
Número de Operaciones	0		
Comisiones	0		
Resultado Con comisiones	100.000,00 €		
Rentabilidad	0,00%		

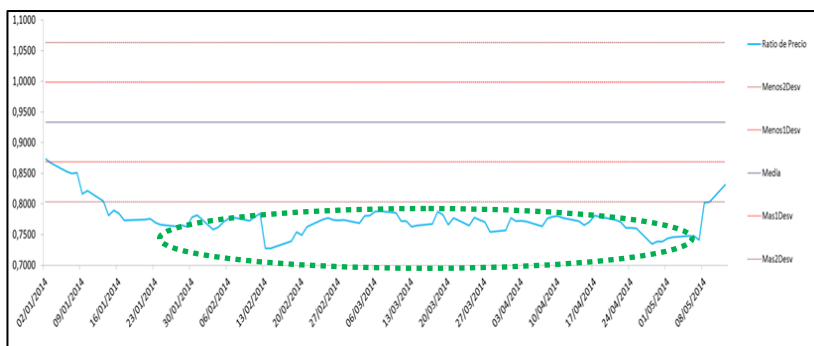
**Tabla 10. Prueba 1 FOX-TWC**

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el primer periodo, no se han generado operaciones.

**Prueba 2**

La evolución del **Ratio de Precio**, durante este periodo se mantiene gran parte del tiempo alejado de la media, más de dos desviaciones típicas. No obtendremos por lo tanto resultados de la utilización del filtro de una desviación típica ya que no se cierran las posiciones.



**Gráfico 21. Evolución del Ratio de Precio FOX vs TWC**

<b>2 Desviaciones</b>	<b>FOX</b>	<b>TWC</b>	<b>Cartera</b>	<b>1 Desviación</b>	<b>FOX</b>	<b>TWC</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	52.482,13 €	48.952,23 €	101.434,36 €	Resultado Sin Comisiones	Sin cerrar	Sin cerrar	Sin cerrar
Rentabilidad	4,96%	-2,10%	1,43%	Rentabilidad	0,00%	0,00%	0,00%
Número de Operaciones	4		Número de Operaciones	2			
Comisiones	302,15 €		Comisiones	150,00 €			
Resultado Con comisiones	101.132,21 €		Resultado Con comisiones	Sin cerrar			
Rentabilidad	1,13%		Rentabilidad	Sin cerrar			

**Tabla 11. Resultados Prueba 2 FOX-TWC**

**Análisis de resultados:**

- Tal y como indicamos, no se obtuvieron resultados del uso del filtro de distancia de una desviación típica, ya que durante el periodo no se produjo el cierre de las 2 posiciones tomadas.
- En relación a los resultados obtenidos de la utilización del filtro de distancia de dos desviaciones típicas, hemos obtenido una rentabilidad del 1,132% realizando 4 operaciones que nos han producido un coste de 302,15€

**Análisis de los filtros óptimos de distancia**

En la teoría de trading de pares se establece que se debe hacer en función de 1 o 2 desviaciones típicas de distancia respecto de la media, pero según nuestros análisis de la información histórica del ratio de precio las bandas óptimas del ratio de precio durante este periodo estarían en 0,8121 y 1,0088.



**Gráfico 22. Análisis de Filtros 2 FOX-TWC**

Bandas Óptimas	FOX	TWC	Cartera
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	53.725,53 €	47.912,40 €	101.637,92 €
Rentabilidad	7,45%	-4,18%	1,64%
Número de Operaciones	4		
Comisiones	302,46 €		
Resultado Con comisiones	101.335,47 €		
Rentabilidad	1,34%		

Tabla 12. Prueba 2 FOX-TWC

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el segundo periodo, se han generado cuatro operaciones con un total de 302,46 € obteniéndose una rentabilidad del 1,34%.

### 3.1.4 Análisis del PAR 4: COP- BRL

El coeficiente de correlación nos indicaba un 0,335, que en teoría podría ser descartable por ser un para con correlación débil pero vamos a trabajar con él para obtener unas conclusiones sobre el nivel óptimo de correlación lineal.

La distribución de rentabilidades de **COP** tiene una curtosis de 4,851, y un coeficiente de asimetría de -0,067.

La distribución de rentabilidades de **BRL** presenta una curtosis de 3,282 y un coeficiente de asimetría de 0,0347.

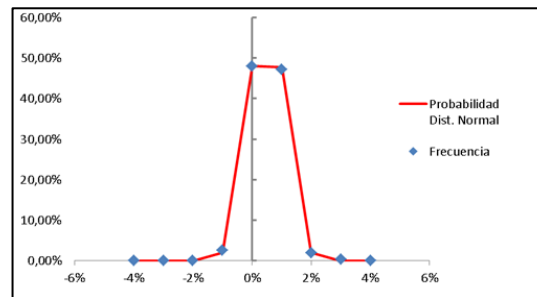


Gráfico 23. Distribución de Rentabilidades COP

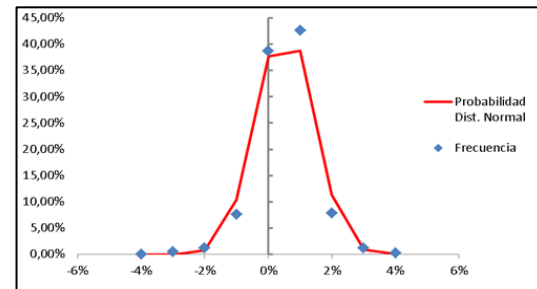
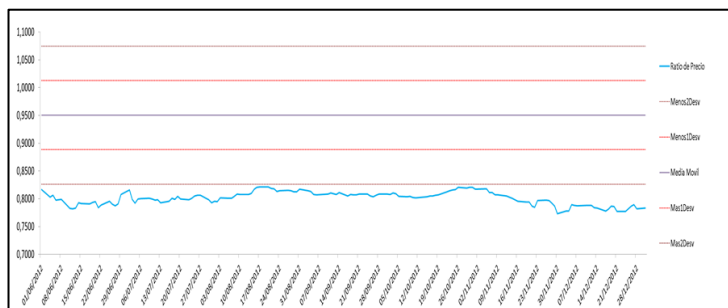


Gráfico 24. Distribución de Rentabilidades BRL

**Prueba 1**

Como podemos observar en la evolución del **Ratio de Precio**, durante este periodo está a una distancia superior a las 2 desviaciones típicas respecto de su media histórica por lo que no se presentaron operaciones.



**Gráfico 25. Evolución del Ratio de Precio COP vs BRL**

<b>2 Desviaciones</b>	<b>COP</b>	<b>BRL</b>	<b>Cartera</b>	<b>1 Desviación</b>	<b>COP</b>	<b>BRL</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	Sin operar	Sin operar	Sin operar	Resultado Sin Comisiones	Sin operar	Sin operar	Sin operar
Rentabilidad	0,00%	0,00%	0,00%	Rentabilidad	0,00%	0,00%	0,00%
Número de Operaciones	0		Número de Operaciones	2			
Comisiones	0		Comisiones	150,00 €			
Resultado Con comisiones	Sin operar		Resultado Con comisiones	Sin cerrar			
Rentabilidad	Sin operar		Rentabilidad	Sin cerrar			

**Tabla 13. Resultados Prueba 1 COP-BRL**

**Análisis de resultados**

- No se presentan operaciones durante el periodo analizado.

**Análisis de los filtros óptimos de distancia**

En la teoría de trading de pares se establece que se debe hacer en función de 1 o 2 desviaciones típicas de distancia respecto de la media, pero según nuestros análisis de la información histórica del ratio de precio las bandas óptimas del ratio de precio durante este periodo estarían en 0,8254 y 1,0303.

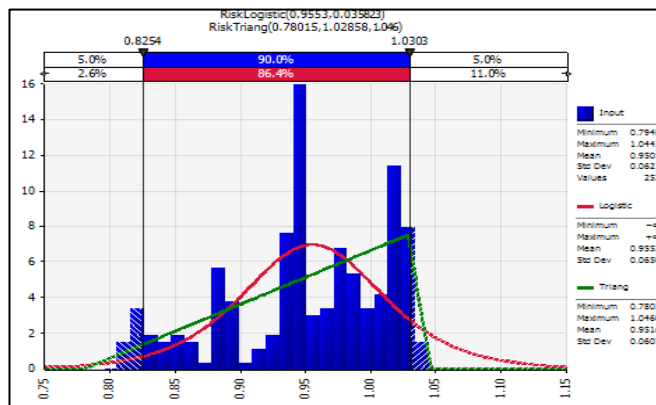


Gráfico 26. Análisis de Filtros 1 COP-BRL

Bandas óptimas	COP	BRL	Cartera
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Rentabilidad	0,00%	0,00%	0,00%
Número de Operaciones	2		
Comisiones	150		
Resultado Con comisiones	Sin cerrar posición		
Rentabilidad	Sin cerrar Posición		

Tabla 14. Prueba 1 COP-BRL

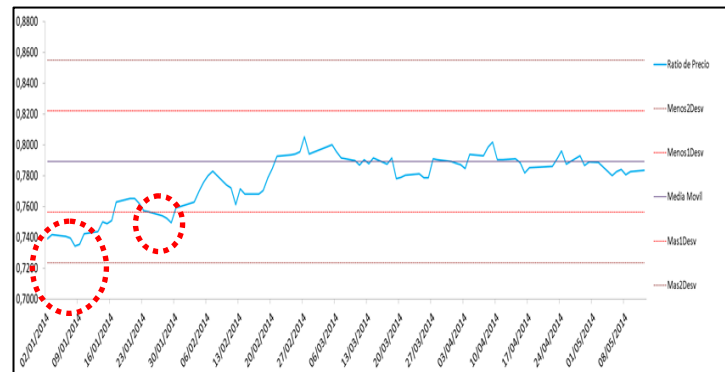


**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el primer periodo, no se han generado operaciones de cierre de posición por lo que no podemos obtener la rentabilidad del periodo.

**Prueba 2**

Como podemos observar en la evolución del **Ratio de Precio**, durante este periodo se mantiene dentro de las 2 desviaciones típicas respecto de su media, por lo que la estrategia de pares con esta amplitud no se puede realizar, por lo que realizaremos la estrategia con una distancia de una desviación típica.



**Gráfico 27. Evolución del Ratio de precio COP vs BRL**

2 Desviaciones	COP	BRL	Cartera	1 Desviación	COP	BRL	Cartera
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Resultado Sin Comisiones	50.686,58 €	51.238,20 €	101.924,78 €
Rentabilidad	0,00%	0,00%	0,00%	Rentabilidad	1,37%	2,48%	1,93%
Número de Operaciones				Número de Operaciones			
Comisiones				Comisiones			
Resultado Con comisiones				Resultado Con comisiones			
Rentabilidad				Rentabilidad			

Tabla 15. Resultados Prueba 2 COP-BRL

**Análisis de resultados:**

- No se realizan operaciones con el filtro de dos desviaciones típicas.
- Analizando los resultados obtenidos del filtro de una desviación típica respecto de su media, se ha obtenido una rentabilidad del 1,317% teniendo en cuenta unas comisiones de 607,60€, realizando un total de 8 operaciones.

**Análisis de los filtros óptimos de distancia**

En la teoría de trading de pares se establece que se debe hacer en función de 1 o 2 desviaciones típicas de distancia respecto de la media, pero según nuestros análisis de la información histórica del ratio de precio las bandas óptimas del ratio de precio durante este periodo estarían en 0,7406 y 0,8344.

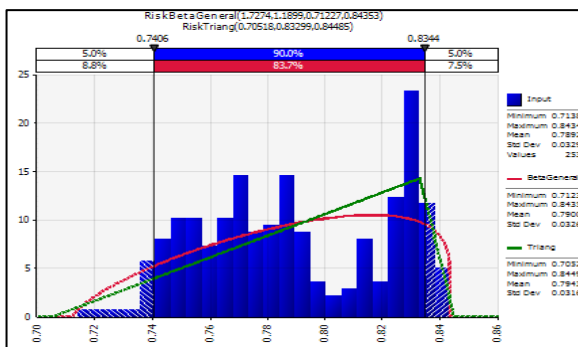


Gráfico 28. Análisis de Filtros 2 COP-BRL

Bandas óptimas	COP	BRL	Cartera
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	49.828,56 €	50.534,52 €	100.363,08 €
Rentabilidad	-0,34%	1,07%	0,36%
Número de Operaciones	8		
Comisiones	601,04€		
Resultado Con comisiones	99.762,04 €		
Rentabilidad	-0,24%		

Tabla 16. Prueba 2 COP-BRL

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el segundo periodo, se han generado ocho operaciones, generando unos costes de 601,04 € que han consumido el margen de beneficio hasta generar una pérdida del 0,24%.

## 3.2 Análisis de Estacionariedad:

Una vez analizados los pares y la estrategia empírica, se analiza una propiedad importante de toda serie: la estacionariedad de los ratios de precio, con el objetivo de determinar si es necesario aplicar la reversión a la media al Ratio de Precios de cada par analizado, o si por el contrario, será mejor utilizar Movimiento Browniano Geométrico.

El concepto de estacionariedad, tiene un sentido débil y un sentido estricto. En este documento se emplea el concepto de estacionariedad en sentido débil, o de segundo orden. Considerando una serie temporal como la realización de un proceso estocástico, se dirá que éste es estacionario, en sentido débil, si el primer y segundo momento de orden finitos y que no varían en función del tiempo.

Para determinar la estacionariedad se puede utilizar el análisis gráfico y de correlogramas y los procedimientos basados en contrastes. El análisis gráfico y de correlogramas consisten en el revisar gráficamente las series y sus correlogramas (funciones de autocorrelación simple y parcial de la serie en cuestión). En el caso de series estacionarias, las funciones de autocorrelación simple y parcial declinan rápidamente, al contrario de lo que sucede en presencia de una raíz unitaria que lo hace de forma irregular y lentamente. No obstante, los métodos más utilizados para evaluar la estacionariedad son los test de raíz unitaria como el test de Dickey-Fuller y el test de Phillips-Perron.

### 3.2.1 PAR1: CIB-PFBCOLOM

Para el primer periodo de formación del ratio de precios se realizó el Test de Dickey-Fuller aumentado (ADF), en donde se comprueba la presencia de raíz unitaria en el ratio de precios CIB-PFBCOLOM, dado que el estadístico está en la zona de no rechazo de la hipótesis nula. Así mismo, los residuos del modelo alternativo son ruido blanco, por lo que el test es válido. Por otro lado, el test Philip-Perron no rechaza la hipótesis de presencia de raíz unitaria porque el valor del estadístico del test es menor a los valores críticos, considerando un nivel de significancia de 1%, 5% y 10%.

ADF Test Statistic	-12,158420	1% Critical Value*		-34,581		PP Test Statistic	-18,22537	1% Critical Value*		-34,580
		5% Critical Value		-28,732				5% Critical Value		-28,731
		10% Critical Value		-25,729				10% Critical Value		-25,729
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.		Residual variance with no correction				8,17E-05
D(C_B_1(-1))	-11,67407	0,096016	-12,15842	0		Residual variance with correction				8,14E-05
D(C_B_1(-1),2)	0,023089	0,063492	0,36365	0,7164		Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0,000965	0,000581	-16,60767	0,098		D(C_B_1(-1))	-11,40693	0,062604	-18,22068	0
						C	-0,000941	0,000575	-16,37212	0,1028
R-squared	0,570737	Mean dependent var		-3,20E-06		R-squared	0,571424	Mean dependent var		-4,38E-05
Adjusted R-squared	0,567261	S.D. dependent var		0,013849		Adjusted R-squared	0,569702	S.D. dependent var		0,013836
S.E. of regression	0,009110	Akaike info criterion		-65,469230		S.E. of regression	0,009076	Akaike info criterion		-65,5841
Sum squared resid	0,020500	Schwarz criterion		-65,046650		Sum squared resid	0,020511	Schwarz criterion		-65,3032
Log likelihood	82,136530	F-statistic		16,420230		Log likelihood	82,50809	F-statistic		33,19933
Durbin-Watson stat	19,978100	Prob(F-statistic)		0,000000		Durbin-Watson stat	20,07047	Prob(F-statistic)		0,000000

**Tabla 17. Tests Augmented Dickey-Fuller y Phillips-Perron. CIB-PFBCOLOM P1F1**

Para el caso del segundo periodo de formación de precios, luego de realizar el test ADF, dicho test nos sigue indicando que persiste el problema de raíz unitaria, dado que el estadístico está en la zona de no rechazo de la hipótesis nula. Por otro lado, el test de Phillip-Perron corrobora la no estacionariedad (no se puede rechazar la hipótesis nula porque el estadístico, en términos absolutos, es menor que los valores críticos).

ADF Test Statistic	-12,9350	1% Critical Value*		-34,581		PP Test Statistic	-18,89728	1% Critical Value*		-34,580
		5% Critical Value		-28,732				5% Critical Value		-28,731
		10% Critical Value		-25,729				10% Critical Value		-25,729
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.		Residual variance with no correction				3,82E-05
D(C_B_2(-1))	-12,56788	0,097162	-13	0		Residual variance with correction				3,78E-05
D(C_B_2(-1),2)	0,067661	0,063399	11	0,2869		Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0,000238	0,000392	-0,60735	0,5442		D(C_B_2(-1))	-11,77354	0,062368	-19	0
						C	-0,000191	0,000392	-0,488112	0,6259
R-squared	0,592491	Mean dependent var		-3,48E-05		R-squared	0,588677	Mean dependent var		1,99E-06
Adjusted R-squared	0,589191	S.D. dependent var		0,009659		Adjusted R-squared	0,587025	S.D. dependent var		0,009657
S.E. of regression	0,006191	Akaike info criterion		-73,1963		S.E. of regression	0,006206	Akaike info criterion		-73,187180
Sum squared resid	0,009466	Schwarz criterion		-72,7737		Sum squared resid	0,009590	Schwarz criterion		-72,906270
Log likelihood	91,795	F-statistic		17,9561		Log likelihood	92,049910	F-statistic		35,636310
Durbin-Watson stat	19,918	Prob(F-statistic)		0		Durbin-Watson stat	20,150300	Prob(F-statistic)		0,000000

**Tabla 18. Tests Augmented Dickey-Fuller y Phillips-Perron. CIB-PFBCOLOM P1F2**

### 3.2.2 PAR2: CNE-CNEC

Al igual que el par anterior, se analizó la estacionariedad para el primer periodo de formación del ratio de precios mediante el test ADF, el cual sugiere que persiste el problema de raíz unitaria, dado que el estadístico está en la zona de no rechazo de la hipótesis nula. Por su parte, los test de Phillip-Perron (PP) sugiere la presencia de raíz unitaria al ser el estadístico de PP menor a los valores críticos.

ADF Test Statistic	-17,35377	1% Critical Value*		-34,597		PP Test Statistic	-23,102980	1% Critical Value*		-34,595
		5% Critical Value		-28,739				5% Critical Value		-28,739
		10% Critical Value		-25,733				10% Critical Value		-25,733
						Residual variance with no correction				0,000322
						Residual variance with correction				0,000285
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.		Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(C_C_1(-1))	-17,98994	0,103666	-17	0		D(C_C_1(-1))	-13,6833	0,060683	-23	0
D(C_C_1(-1),2)	0,312368	0,062559	50	0		C	0,000146	0,001173	0,124165	0,9013
C	0,000252	0,001121	0,22493	0,8222						
R-squared	0,715146	Mean dependent var		-5,53E-05		R-squared	0,684823	Mean dependent var		2,97E-05
Adjusted R-squared	0,71269	S.D. dependent var		0,032066		Adjusted R-squared	0,683476	S.D. dependent var		0,032024
S.E. of regression	0,01719	Akaike info criterion		-52,76581		S.E. of regression	0,018017	Akaike info criterion		-51,865890
Sum squared resid	0,06854	Schwarz criterion		-52,32416		Sum squared resid	0,075957	Schwarz criterion		-51,572340
Log likelihood	62,29983	F-statistic		29,12260		Log likelihood	61,401740	F-statistic		50,843900
Durbin-Watson stat	20,87644	Prob(F-statistic)		0,00000		Durbin-Watson stat	22,256060	Prob(F-statistic)		0,00000

**Tabla 19. Tests Augmented Dickey-Fuller y Phillips-Perron. CNE-CNEC P1F1**

Para el segundo periodo de formación de precios del par CNE-CNEC, se realizó el mismo test ADF, dicho test nos siguiere la presencia del problema de raíz unitaria, dado que el estadístico está en la zona de no rechazo de la hipótesis nula. Asimismo, el test de Philip-Perron no rechaza la hipótesis nula de no estacionariedad.

ADF Test Statistic	-17,06737	1% Critical Value*		-34,595		PP Test Statistic	-2,456,048	1% Critical Value*		-34,594
		5% Critical Value		-28,739				5% Critical Value		-28,738
		10% Critical Value		-25,733				10% Critical Value		-25,732
						Residual variance with no correction				0,000192
						Residual variance with correction				0,000178
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.		Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(C_C_2(-1))	-17,42930	0,102121	-17	0		D(C_C_2(-1))	-14,1485	0,058524	-24,17555	0
D(C_C_2(-1),2)	0,258072	0,060135	43	0		C	0,000158	0,000903	0,174988	0,8612
C	-4,96E-05	0,000842	-0,058913	0,9531						
R-squared	0,732501	Mean dependent var		-0,000374		R-squared	0,713225	Mean dependent var		0,000101
Adjusted R-squared	0,730205	S.D. dependent var		0,024905		Adjusted R-squared	0,712004	S.D. dependent var		0,025906
S.E. of regression	0,01294	Akaike info criterion		-58,44925		S.E. of regression	0,013903	Akaike info criterion		-57,050780
Sum squared resid	0,03899	Schwarz criterion		-58,00893		Sum squared resid	0,045421	Schwarz criterion		-56,758120
Log likelihood	69,27011	F-statistic		31,90164		Log likelihood	67,805180	F-statistic		58,445720
Durbin-Watson stat	21,37706	Prob(F-statistic)		0,00000		Durbin-Watson stat	20,587530	Prob(F-statistic)		0,00000

**Tabla 20. Tests Augmented Dickey-Fuller y Phillips-Perron. CNE-CNEC P1F2**

### 3.2.3 PAR3: COP-BRL

De acuerdo al test ADF, el ratio de precios del par COP-BRL, en el primer periodo de formación, presenta raíz unitaria, dado que el estadístico está en la zona de no rechazo de la hipótesis nula. Lo mismo con el test de Philip-Perron, donde se comprueba la no estacionariedad, debido a que el estadístico es menor a los valores críticos.

ADF Test Statistic	-13,39745	1% Critical Value*		-34,594	PP Test Statistic	-21,70726	1% Critical Value*		-34,593
		5% Critical Value		-28,738			5% Critical Value		-28,738
		10% Critical Value		-25,732			10% Critical Value		-25,732
Residual variance with no correction									8,91E-05
Residual variance with correction									8,67E-05
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(C_P_1(-1))	-14	0,107699	-13	0	D(C_P_1(-1))	-13	0,061745	-22	0
D(C_P_1(-1),2)	0,08089	0,065816	12	0,2203	C	-0,000178	0,000614	-0,289137	0,7727
C	-0,000188	0,000616	-0,304621	0,7609					
R-squared	0,666461	Mean dependent var		-7,14E-05	R-squared	0,664315	Mean dependent var		-8,07E-05
Adjusted R-squared	0,66361	S.D. dependent var		0,016358	Adjusted R-squared	0,662893	S.D. dependent var		0,016324
S.E. of regression	0,00949	Akaike info criterion		-64,65092	S.E. of regression	0,00948	Akaike info criterion		-64,71322
Sum squared resid	0,02106	Schwarz criterion		-64,21193	Sum squared resid	0,02120	Schwarz criterion		-64,42143
Log likelihood	76,91134	F-statistic		23,37832	Log likelihood	77,20873	F-statistic		46,70407
Durbin-Watson stat	19,77962	Prob(F-statistic)		0,00000	Durbin-Watson stat	20,35730	Prob(F-statistic)		0,00000

**Tabla 21. Tests Augmented Dickey-Fuller y Phillips-Perron. COP-BRL P1F1**

Para el segundo periodo de formación, el ratio de precios del par COP-BRL también es no estacionario ya que el test ADF, no puede rechazar la hipótesis nula de presencia de raíz unitaria, dado que el estadístico está en la zona de no rechazo de la hipótesis nula. Por su parte, el test de Phillip-Perron, comprueba la no estacionariedad. Cabe señalar que el valor del estadístico PP está muy cerca del valor crítico a nivel de significancia de 10%

ADF Test Statistic	-13,1415	1% Critical Value*		-34,597	PP Test Statistic	-25,0638	1% Critical Value*		-34,595
		5% Critical Value		-28,739			5% Critical Value		-28,739
		10% Critical Value		-25,733			10% Critical Value		-25,733
Residual variance with no correction									7,49E-05
Residual variance with correction									7,46E-05
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(C_P_2(-1))	-14,76121	0,112325	-13,1415	0	D(C_P_2(-1))	-14,5886	0,058266	-25,0379	0
D(C_P_2(-1),2)	0,012713	0,065775	0,1933	0,8469	C	-0,000611	0,000566	-10,7854	0
C	-0,000598	0,000571	-10,4685	0,2963					
R-squared	0,727835	Mean dependent var		8,31E-05	R-squared	1	Mean dependent var		2,62E-05
Adjusted R-squared	0,725489	S.D. dependent var		0,016649	Adjusted R-squared	0,727028	S.D. dependent var		0,016637
S.E. of regression	0,008723	Akaike info criterion		-66,3296	S.E. of regression	0,00869	Akaike info criterion		-66,44321
Sum squared resid	0,017654	Schwarz criterion		-65,8879	Sum squared resid	0,01768	Schwarz criterion		-66,14967
Log likelihood	78,2373	F-statistic		31,0213	Log likelihood	78,60299	F-statistic		62,68953
Durbin-Watson stat	19,9416	Prob(F-statistic)		0	Durbin-Watson stat	20,01680	Prob(F-statistic)		0,00000

**Tabla 22. Tests Augmented Dickey-Fuller y Phillips-Perron. COP-BRL P1F2**

### 3.2.4 PAR4: FOX-TWC

Luego de realizar el test ADF y el test de Phillips-Perron, no podemos rechazar la hipótesis de presencia de raíz unitaria en el par FOX-TWC en el primer periodo de formación, dado que el estadístico está en la zona de no rechazo de la hipótesis nula.

ADF Test Statistic	-11,79994	1% Critical Value*		-34,580	PP Test Statistic	-15,0067	1% Critical Value*		-34,579
		5% Critical Value		-28,731			5% Critical Value		-28,731
		10% Critical Value		-25,729			10% Critical Value		-25,729
Residual variance with no correction					Residual variance with no correction				0,000197
Residual variance with correction					Residual variance with correction				0,000197
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(F_T_1(-1))	-10	0,08683	-12	0	D(F_T_1(-1))	-0,944826	0,062964	-15	0
D(F_T_1(-1),2)	0,081638	0,063071	13	0,1967	C	0,000212	0,000887	0,238761	0,8115
C	0,000256	0,000889	0,287795	0,7737					
R-squared	0,477571	Mean dependent var		2,06E-05	R-squared	0,47388	Mean dependent var		5,61E-05
Adjusted R-squared	0,473358	S.D. dependent var		0,019408	Adjusted R-squared	0,47178	S.D. dependent var		0,01938
S.E. of regression	0,01409	Akaike info criterion		-56,75575	S.E. of regression	0,01408	Akaike info criterion		-56,79697
Sum squared resid	0,04920	Schwarz criterion		-56,33438	Sum squared resid	0,04959	Schwarz criterion		-56,51685
Log likelihood	71,52847	F-statistic		11,33528	Log likelihood	71,76418	F-statistic		22,51767
Durbin-Watson stat	20,15139	Prob(F-statistic)		0,00000	Durbin-Watson stat	19,94880	Prob(F-statistic)		0,00000

**Tabla 23. Tests Augmented Dickey-Fuller y Phillips-Perron. FOX-TWC P1F1**

Para el segundo periodo de formación, luego de realizar los test ADF y PP no podemos rechazar la hipótesis nula de presencia de raíz unitaria, dado que el estadístico está en la zona de no rechazo de la hipótesis nula.

ADF Test Statistic	-11,2968	1% Critical Value*		-34,582	PP Test Statistic	-16,8037	1% Critical Value*		-34,581
		5% Critical Value		-28,732			5% Critical Value		-28,732
		10% Critical Value		-25,729			10% Critical Value		-25,729
Residual variance with no correction					Residual variance with no correction				0,000242
Residual variance with correction					Residual variance with correction				0,000242
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(F_T_2(-1))	-11	0,093011	-11	0	D(F_T_2(-1))	-11	0,063366	-17	0
D(F_T_2(-1),2)	-0,013304	0,063736	-0,208737	0,8348	C	0,000184	0,000987	0,186236	0,8524
C	0,000159	0,000993	0,160103	0,8729					
R-squared	0,532655	Mean dependent var		-2,11E-05	R-squared	0,532409	Mean dependent var		-2,59E-06
Adjusted R-squared	0,5289	S.D. dependent var		0,0228	Adjusted R-squared	0,530523	S.D. dependent var		0,022776
S.E. of regression	0,0157	Akaike info criterion		-54,6302	S.E. of regression	0,0156	Akaike info criterion		-54,7443
Sum squared resid	0,0604	Schwarz criterion		-54,2064	Sum squared resid	0,0604	Schwarz criterion		-54,4626
Log likelihood	68,3146	F-statistic		14,0189	Log likelihood	68,6304	F-statistic		28,2378
Durbin-Watson stat	20,0112	Prob(F-statistic)		0,0000	Durbin-Watson stat	19,9793	Prob(F-statistic)		0,0000

**Tabla 24. Tests Augmented Dickey-Fuller y Phillips-Perron. FOX-TWC P1F2**



### 3.3 Estimación OU de la evolución del Ratio de Precio:

#### 3.3.1 PAR1: CIB-PFBCOLOM

**Prueba 1:**

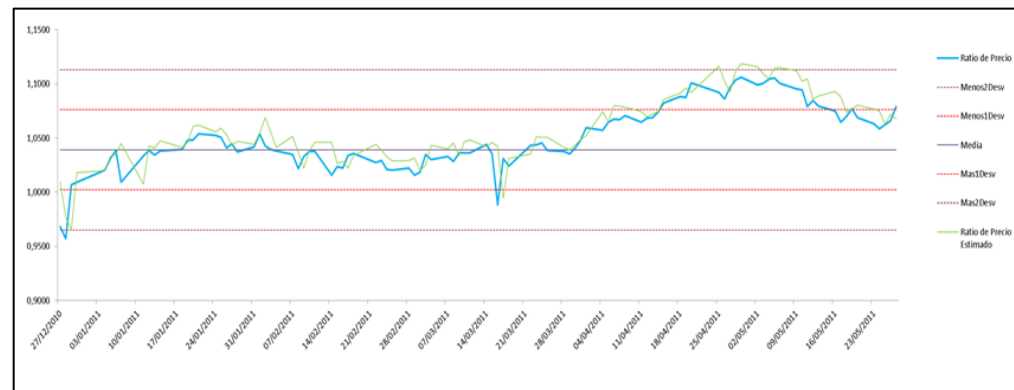
**Periodo de formación: (23/04/2010 - 23/12/2010)**

**Periodo de Inversión: (27/12/2010 - 27/05/2011)**

Obtenemos la ecuación con la que vamos a estimar el Ratio de Precio

$$\Delta S = -16,34 \cdot (1,04 - S) \cdot 0,004 + 0,22 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{0,004}$$

Como podemos observar con el proceso de reversión a la media alargamos el periodo en el que mantenemos nuestras posiciones a lo largo del periodo de inversión.



**Gráfico 29. Evolución del Ratio de Precio vs Ratio de Precio Estimado (O-U) CIB vs PFBCOLOM**

2 Desviaciones	CIB	PFBCOLOM	Cartera	1 Desviación	CIB	PFBCOLOM	Cartera
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	49.931,57 €	50.925,69 €	100.857,26 €	Resultado Sin Comisiones	52.359,46 €	50.284,49 €	102.643,95 €
Rentabilidad	-0,14%	1,85%	0,86%	Rentabilidad	4,72%	0,57%	2,64%
Número de Operaciones				Número de Operaciones			
12				20			
Comisiones				Comisiones			
903,33				1533,7			
Resultado Con comisiones				Resultado Con comisiones			
99.953,92 €				101.110,26 €			
Rentabilidad				Rentabilidad			
-0,05%				1,11%			

**Tabla 25. Resultados Prueba 1 (O-U) CIB-PFBCOLOM**

**Análisis de resultados:**

- Analizando los resultados, hemos obtenido una rentabilidad de un -0,046% si tenemos en cuenta las comisiones de 15 pb por operación aplicando un filtro de distancia de 2 Desviaciones Típicas.
- Con un filtro de distancia de una Desviación típica respecto de su media histórica, obtenemos un 1,11%.
- A pesar de realizar más operaciones con el filtro de distancia de una desviación típica y por lo tanto tener que hacer frente a más comisiones que con el de dos Desviaciones, hemos obtenido beneficios, y no pérdidas como en el caso de utilizar el filtro de dos.

<b>Resultados Prueba 1 (O-U): CIB –PFBCOLOM</b>			
<b>Bandas óptimas</b>	<b>CIB</b>	<b>PFBCOLOM</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	48.764,37 €	51.961,80 €	100.726,17 €
Rentabilidad	-2,471%	3,924%	0,726%
<hr/>			
Número de Operaciones	12		
Comisiones	902,25		
Resultado Con comisiones	99.823,92 €		
Rentabilidad	-0,176%		

**Tabla 26. Prueba 1: (O-U) CIB-PFBCOLOM**

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el primer periodo de formación, se han generado unas pérdidas de 0,176%, realizándose 12 operaciones que han producido costes por valor de 902,25 €.

**Prueba 2:**

**Periodo de formación: (31/05/2011 - 31/05/2012)**

**Periodo de Inversión: (01/06/2012 - 28/12/2012)**

Obtenemos la ecuación con la que vamos a estimar el Ratio de Precio

$$\Delta S = -9,16 \cdot (1,07 - S) \cdot 0,004 + 0,16 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{0,004}$$

Como podemos observar con el proceso de reversión a la media alargamos el periodo en el que mantenemos nuestras posiciones a lo largo del periodo de inversión.

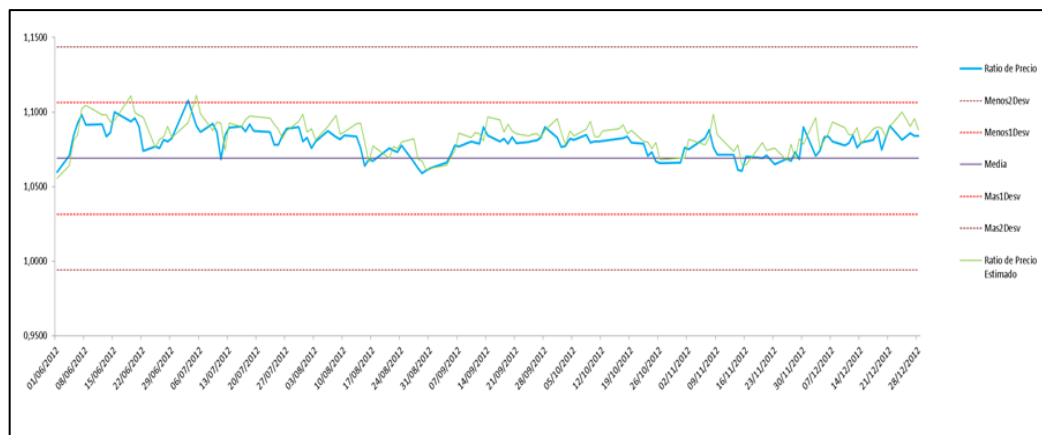


Gráfico 30. Evolución del Ratio de Precio vs Ratio de Precio Estimado (O-U) CIB vs PFBCOLOM

2 Desviaciones	CIB	PFBCOLOM	Cartera	1 Desviación	CIB	PFBCOLOM	Cartera
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	Sin operar	Sin operar	Sin operar	Resultado Sin Comisiones	50.227,68 €	49.964,88 €	100.192,56 €
Rentabilidad	Sin operar	Sin operar	Sin operar	Rentabilidad	0,46%	-0,07%	0,19%
Número de Operaciones	0			Número de Operaciones	4		
Comisiones	Sin operar			Comisiones	300,29		
Resultado Con comisiones	Sin operar			Resultado Con comisiones	99.892,27 €		
Rentabilidad	Sin operar			Rentabilidad	-0,11%		

Tabla 27. Resultados Prueba 2 (O-U) CIB-PFBCOLOM

**Análisis de resultados**

- Analizando los resultados, comprobamos que no hemos podido operar con un filtro de distancia de 2 desviaciones típicas. Por otro lado, con un filtro de distancia de una Desviación típica respecto de su media histórica, obtenemos un -0108%.

- Cabe mencionar que sólo hemos realizado 4 operaciones, por lo que tendríamos que buscar un filtro que estuviera más cercano a su media histórica.

<b>Resultados Prueba 2 (O-U): CIB -PFBCOLOM</b>			
Bandas Óptimas	<b>CIB</b>	<b>PFBCOLOM</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	50.227,68 €	49.964,88 €	100.192,56 €
Rentabilidad	0,455%	-0,070%	0,193%

Número de Operaciones	4
Comisiones	300,29
Resultado Con comisiones	99.892,27 €
Rentabilidad	-0,108%

**Tabla 28. Prueba 2 (O-U) CIB-PFBCOLOM**

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el segundo periodo de formación, nos ha generado una pérdida del 0,108%, realizando cuatro operaciones que han supuesto unos costes de 300,29 €.

- El volumen de operaciones han consumido el margen de la estrategia, un factor muy importante a tener en cuenta tal y como hemos mencionado al principio sobre los inconvenientes de las estrategias de pares.

**Prueba 3:**

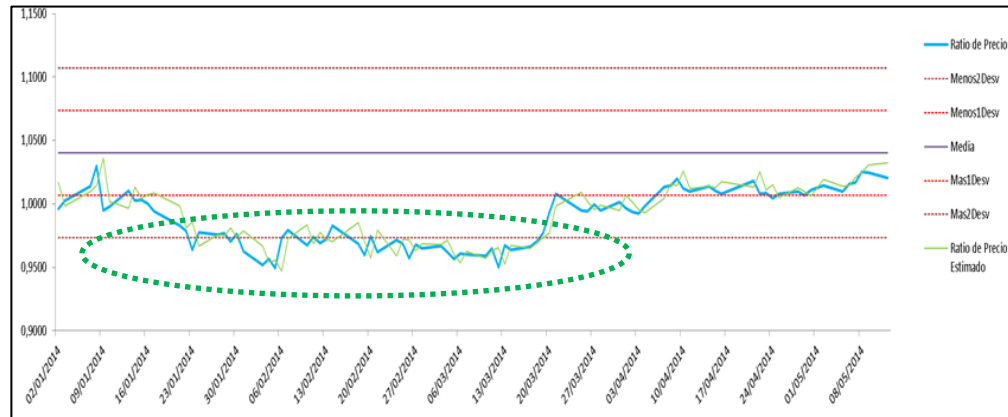
**Periodo de formación: (02/01/2013 - 30/12/2013)**

**Periodo de Inversión: (02/01/2014 - 12/05/2014)**

Obtenemos la ecuación con la que vamos a estimar el Ratio de Precio

$$\Delta S = -10,63 \cdot (1,05 - S) \cdot 0,004 + 0,16 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{0,004}$$

Como podemos observar con el proceso de reversión a la media alargamos el periodo en el que mantenemos nuestras posiciones a lo largo del periodo dependiendo de nuestro grado de aversión al riesgo.



**Gráfico 31. Evolución del Ratio de Precio vs Ratio de Precio Estimado (O-U) CIB vs PFBCOLOM**

2 Desviaciones	CIB	PFBCOLOM	Cartera	1 Desviación	CIB	PFBCOLOM	Cartera
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	58.329,72 €	43.572,89 €	101.902,62 €	Resultado Sin Comisiones	59.989,89 €	42.518,92 €	102.508,81 €
Rentabilidad	16,70%	-12,90%	1,90%	Rentabilidad	20,00%	-15,00%	2,50%
Número de Operaciones				Número de Operaciones			
36				24			
Comisiones				Comisiones			
2.698,87				1.831,01			
Resultado Con comisiones				Resultado Con comisiones			
99.203,75 €				100.677,80 €			
Rentabilidad				Rentabilidad			
-0,80%				0,68%			

Tabla 29. Resultados Prueba 3 (O-U) CIB-PFBCOLOM

**Análisis de resultados**

- Analizando los resultados, hemos obtenido una rentabilidad de un -0,796% si tenemos en cuenta las comisiones de 15 pb por operación aplicando un filtro de distancia de dos desviaciones típicas.
- Con un filtro de distancia de una desviación típica respecto de su media histórica, obtenemos un 0,678%.
- La volatilidad de los activos produce un mayor número de roturas a una mayor distancia respecto de su media, es por lo que el número de operaciones es mayor con el filtro de dos que del de una desviación típica.
- En este caso, **es más rentable utilizar el filtro de 1 desviación típica.**

<b>Resultados Prueba 3 (O-U): CIB -PFBCOLOM</b>			
Bandas Óptimas	<b>CIB</b>	<b>PFBCOLOM</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	56.282,36 €	45.604,30 €	101.886,663 €
Rentabilidad	12,6%	-8,8%	1,9%

Número de Operaciones	16
Comisiones	1.210,70€
Resultado Con comisiones	100.675,96 €
Rentabilidad	0,676%

**Tabla 30.. Prueba 3 (O-U) CIB-PFBCOLOM**

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el tercer periodo de formación, nos ha generado una rentabilidad del 0,676%, realizando dieciséis operaciones que han supuesto unos costes de 1.210,70 €.
- El volumen de operaciones han consumido el margen de la estrategia, un factor muy importante a tener en cuenta tal y como hemos mencionado al principio sobre los inconvenientes de las estrategias de pares.



### 3.3.2 PAR2: CNE-CNEC

#### Prueba 1:

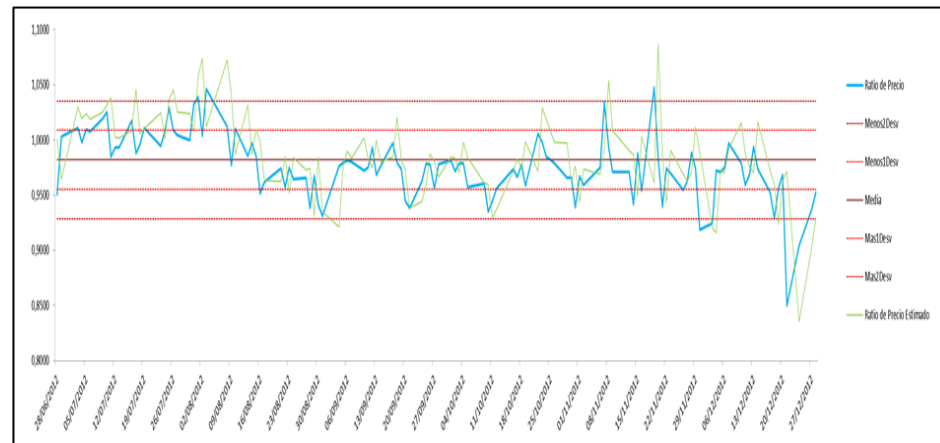
**Periodo de formación: (28/06/2011 - 26/06/2012)**

**Periodo de Inversión: (28/06/2012 - 28/12/2012)**

Obtenemos la ecuación con la que vamos a estimar el Ratio de Precio

$$\Delta S = -65,95 \cdot (0,98 - S) \cdot 0,004 + 0,36 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{0,004}$$

Como podemos observar con el proceso de reversion a la media alargamos el periodo en el que mantenemos nuestras posiciones a lo largo del periodo dependiendo de nuestro grado de aversión al riesgo.



**Gráfico 32. Evolución del Ratio de Precio vs Ratio de Precio Estimado (O-U) CNE vs CNEC**

<b>2 Desviaciones</b>	<b>CNE</b>	<b>CNEC</b>	<b>Cartera</b>	<b>1 Desviación</b>	<b>CNE</b>	<b>CNEC</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	67.759,14 €	43.747,41 €	111.506,55 €	Resultado Sin Comisiones	61.308,18 €	51.836,90 €	113.145,08 €
Rentabilidad	35,52%	-12,51%	11,51%	Rentabilidad	22,62%	3,67%	13,15%
Número de Operaciones				Número de Operaciones			
36				82			
Comisiones				Comisiones			
2.799,25 €				6.407,15 €			
Resultado Con comisiones				Resultado Con comisiones			
108.707,31 €				106.737,93 €			
Rentabilidad				Rentabilidad			
8,71%				6,74%			

**Tabla 31. Resultados Prueba 1 (O-U) CNE-CNEC**

**Análisis de resultados:**

- Tal y como habíamos previsto, analizando los resultados, hemos obtenido una rentabilidad del 8,707% con un filtro de distancia de dos desviaciones típicas, con 36 operaciones en total.
- Por otro lado hemos obtenido una rentabilidad del 6,738% con un filtro de distancia de una desviación típica, realizando un total de 82 operaciones.
- A pesar de que con el filtro de distancia de una desviación típica se incrementa demasiado el número de operaciones, los márgenes permiten con creces hacer frente a los costes tal y como hemos comprobado.

<b>Resultados Prueba 1(OU): CNE -CNEC</b>			
Bandas óptimas	<b>CNE</b>	<b>CNEC</b>	<b>Cartera</b>
<b>Inversión inicial</b>	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
<b>Resultado Sin Comisiones</b>	60.071,32 €	45.271,67 €	105.342,99 €
<b>Rentabilidad</b>	20,14%	-9,46%	5,34%

<b>Número de Operaciones</b>	54
<b>Comisiones</b>	4.081,36 €
<b>Resultado Con comisiones</b>	101.261,63 €
<b>Rentabilidad</b>	1,262%

Tabla 32. Prueba 1 (O-U) CNE-CNEC

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el primer periodo de formación, nos ha generado una rentabilidad del 1,262%, realizando cincuenta y cuatro operaciones que han supuesto unos costes de 4.081,36 €.
- El volumen de operaciones han consumido gran parte del margen de la estrategia, un factor muy importante a tener en cuenta tal y como hemos mencionado al principio sobre los inconvenientes de las estrategias de pares; en este caso, la rentabilidad obtenida ha sido más que suficiente como para hacer frente a los costes.

**Prueba 2:**

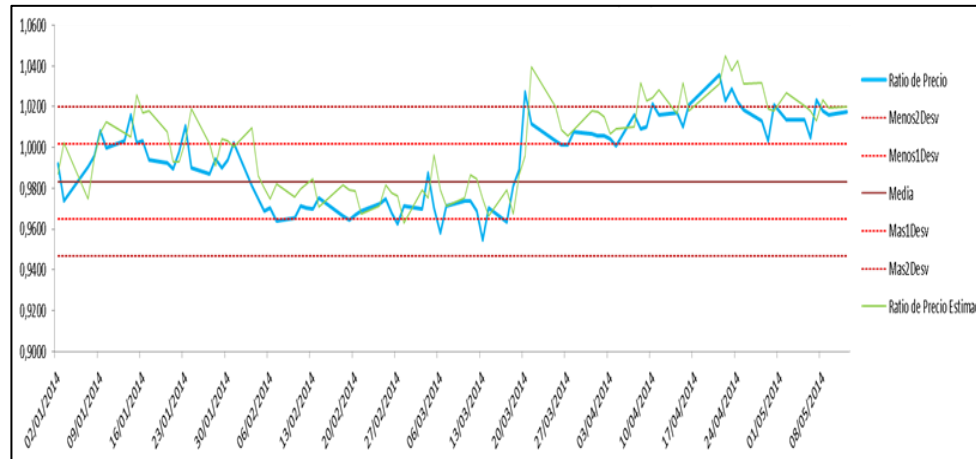
**Periodo de formación: (02/01/2013 - 30/12/2013)**

**Periodo de Inversión: (02/01/2014 - 12/05/2014)**

Obtenemos la ecuación con la que vamos a estimar el Ratio de Precio

$$\Delta S = -88,92 \cdot (0,98 - S) \cdot 0,004 + 0,25 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{0,004}$$

Como podemos observar con el proceso de reversión a la media alargamos el periodo en el que mantenemos nuestras posiciones a lo largo del periodo dependiendo de nuestro grado de aversión al riesgo.



**Gráfico 33. Evolución del Ratio de Precio vs Ratio de Precio Estimado (O-U) CNE vs CNEC**

<b>2 Desviaciones</b>	<b>CNE</b>	<b>CNEC</b>	<b>Cartera</b>	<b>1 Desviación</b>	<b>CNE</b>	<b>CNEC</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	42.319,33 €	58.102,47 €	100.421,79 €	Resultado Sin Comisiones	46.877,74 €	52.964,09 €	99.841,83 €
Rentabilidad	-15,36%	16,20%	0,42%	Rentabilidad	-6,24%	5,93%	-0,16%
<hr/>							
Número de Operaciones	34		Número de Operaciones	22			
Comisiones	2.561,19		Comisiones	1.643,42			
Resultado Con comisiones	97.860,61 €		Resultado Con comisiones	98.198,41 €			
Rentabilidad	-2,14%		Rentabilidad	-1,80%			

**Tabla 33. Resultados Prueba 2 (O-U) CNE-CNEC**

**Análisis de resultados:**

- Tal y como habíamos previsto, analizando los resultados, hemos obtenido una rentabilidad del -2,139% con un filtro de distancia de dos desviaciones típicas, con 34 operaciones en total.
- Por otro lado hemos obtenido una rentabilidad del -1,802% con un filtro de distancia de una desviación típica, realizando un total de 22 operaciones.

<b>Resultados Prueba 2 (OU): CNE -CNEC</b>			
Bandas óptimas	CNE	CNEC	Cartera
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	41.233,56 €	58.432,11 €	99.665,67 €
Rentabilidad	-17,53%	16,86%	-0,33%

Número de Operaciones	18
Comisiones	1.351,03 €
Resultado Con comisiones	98.314,64 €
Rentabilidad	-1,685%

**Tabla 34. Prueba 2 (O-U) CNE-CNEC**

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el segundo periodo de formación, nos ha generado una pérdida del 1,685%, realizando dieciocho operaciones que han supuesto unos costes de 1.351,03 €.
- El volumen de operaciones han consumido gran parte del margen de la estrategia, un factor muy importante a tener en cuenta tal y como hemos mencionado al principio sobre los inconvenientes de las estrategias de pares; en este caso, la rentabilidad obtenida ha sido más que suficiente como para hacer frente a los costes.

### 3.3.3 PAR3: FOX-TWC

#### Prueba 1:

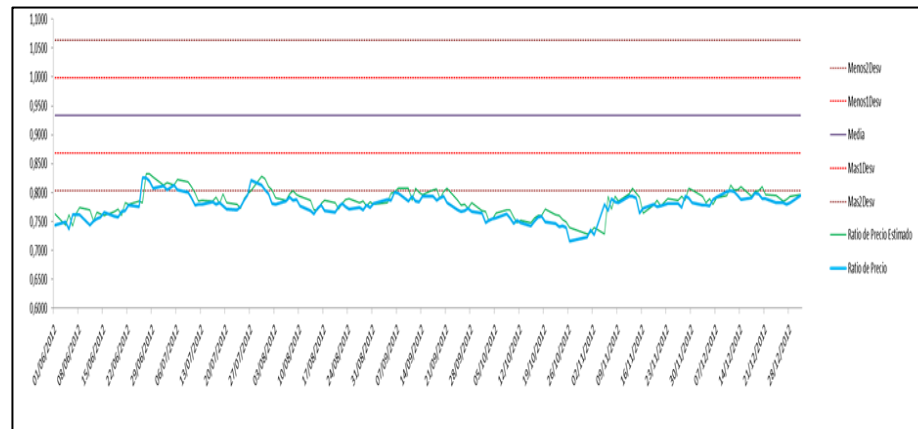
**Periodo de formación: (31/05/2011 - 31/05/2012)**

**Periodo de Inversión: (01/06/2012 - 31/12/2012)**

Obtenemos la ecuación con la que vamos a estimar el Ratio de Precio

$$\Delta S = -5,66 \cdot (0,74 - S) \cdot 0,004 + 0,23 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{0,004}$$

Como podemos observar con el proceso de reversión a la media, adelantamos la decisión de tomar posiciones en la estrategia de pares, y dependiendo de nuestro grado de aversión al riesgo podemos, tal y como observamos, salir, tomando la decisión por el corte de la línea de Ratio de Precio o por el corte de la línea de Ratio de Precio Estimado con la línea de 2Desv.



**Gráfico 34. Evolución del Ratio de Precio vs Ratio de Precio Estimado (O-U) FOX vs TWC**

2 Desviaciones	FOX	TWC	Cartera	1 Desviación	FOX	TWC	Cartera
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	50.779,61 €	51.194,75 €	101.974,36 €	Resultado Sin Comisiones	Sin operar	Sin operar	Sin operar
Rentabilidad	1,56%	2,39%	1,97%	Rentabilidad	Sin operar	Sin operar	Sin operar
Número de Operaciones	12		Número de Operaciones	0			
Comisiones	908,08		Comisiones	Sin operar			
Resultado Con comisiones	101.066,28 €		Resultado Con comisiones	Sin operar			
Rentabilidad	1,07%		Rentabilidad	Sin operar			

Tabla 35. Resultados Prueba 1 (O-U) FOX-TWC

**Análisis de resultados:**

- Analizando los resultados vemos que no se han producido operaciones utilizando un filtro de distancia de una desviación típica.
- Hemos obtenido una rentabilidad de 1,066% teniendo en cuenta las comisiones, realizando un total de 12 operaciones con un filtro de distancia de dos desviaciones típicas respecto de su media histórica.



<b>Resultados Prueba 1(OU): FOX -TWC</b>			
Bandas óptimas	<b>FOX</b>	<b>TWC</b>	<b>Cartera</b>
<b>Inversión inicial</b>	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
<b>Resultado Sin Comisiones</b>	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
<b>Rentabilidad</b>	0,00%	0,00%	0,00%

<b>Número de Operaciones</b>	0
<b>Comisiones</b>	0,00
<b>Resultado Con comisiones</b>	100.000,00 €
<b>Rentabilidad</b>	0,000%

**Tabla 36. Prueba 1 (OU) FOX-TWC**

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el primer periodo de formación, no hemos podido realizar operaciones ya que no se ha producido ninguna rotura de banda significativa.

**Prueba 2:**

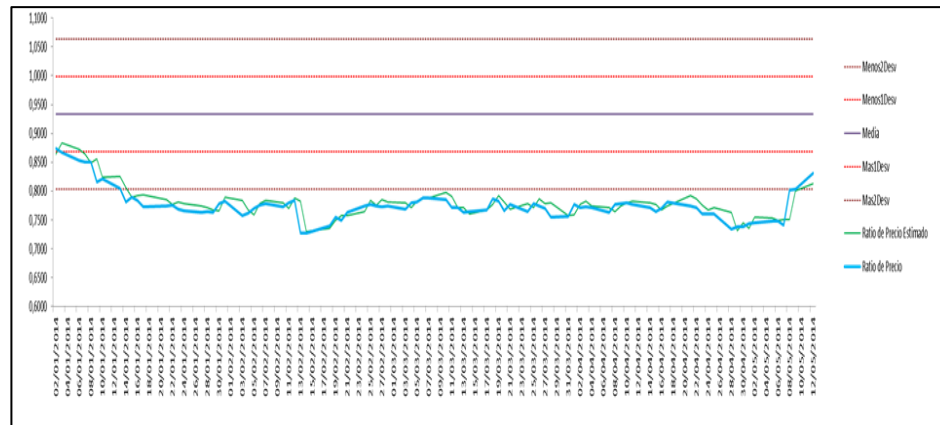
**Periodo de formación: (02/01/2013 - 30/12/2013)**

**Periodo de Inversión: (02/01/2014 - 12/05/2014)**

Obtenemos la ecuación con la que vamos a estimar el Ratio de Precio

$$\Delta S = -5,72 \cdot (0,92 - S) \cdot 0,004 + 0,25 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{0,004}$$

Como podemos observar con el proceso de reversión a la media, adelantamos la decisión de tomar posiciones en la estrategia de pares, y dependiendo de nuestro grado de aversión al riesgo podemos, tal y como observamos, salir, tomando la decisión por el corte de la línea de Ratio de Precio o por el corte de la línea de Ratio de Precio Estimado con la línea de 2Desv.



**Gráfico 35. Evolución del Ratio de Precio vs Ratio de Precio Estimado (O-U) FOX vs TWC**

<b>2 Desviaciones</b>	<b>FOX</b>	<b>TWC</b>	<b>Cartera</b>	<b>1 Desviación</b>	<b>FOX</b>	<b>TWC</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	53.288,17 €	48.761,22 €	102.049,39 €	Resultado Sin Comisiones	Sin cerrar	Sin cerrar	Sin cerrar
Rentabilidad	6,58%	-2,48%	2,05%	Rentabilidad	0,00%	0,00%	0,00%
Número de Operaciones	8			Número de Operaciones	0		
Comisiones	600,67 €			Comisiones	Sin cerrar		
Resultado Con comisiones	101.448,72 €			Resultado Con comisiones	Sin cerrar		
Rentabilidad	1,45%			Rentabilidad	Sin cerrar		

**Tabla 37. Resultados Prueba 2 (O-U) FOX-TWC**

**Análisis de resultados:**

- Tal y como indicamos, no se obtuvieron resultados del uso del filtro de distancia de una desviación típica, ya que durante el periodo no se produjo el cierre de las 2 posiciones tomadas.
- En relación a los resultados obtenidos de la utilización del filtro de distancia de dos desviaciones típicas, hemos obtenido una rentabilidad del 1,449% realizando 8 operaciones que nos han producido un coste de 600,67€.

<b>Resultados Prueba 2 (OU): FOX-TWC</b>			
Bandas óptimas	<b>FOX</b>	<b>TWC</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	53.040,22 €	48.702,33 €	101.742,55 €
Rentabilidad	6,08%	-2,60%	1,74%
Número de Operaciones	8		
Comisiones	600,21€		
Resultado Con comisiones	101.142,34 €		
Rentabilidad	1,142%		

**Tabla 38. Prueba 2 (OU) FOX-TWC**

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el segundo periodo de formación, nos ha generado un beneficio del 1,142%, realizando ocho operaciones que han supuesto unos costes de 600,21 €.
- El volumen de operaciones han consumido el margen de la estrategia, un factor muy importante a tener en cuenta tal y como hemos mencionado al principio sobre los inconvenientes de las estrategias de pares.

### 3.3.4 PAR4: COP-BRL

#### Prueba 1:

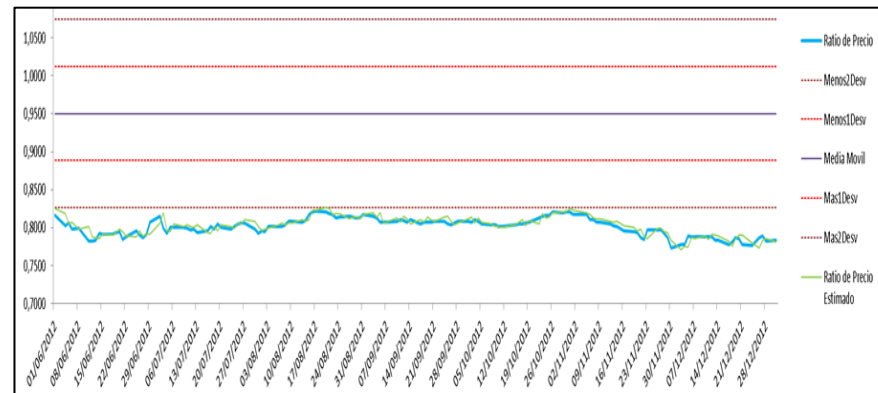
**Periodo de formación: (01/06/2011 - 31/05/2012)**

**Periodo de Inversión: (01/06/2012 - 31/12/2012)**

Obtenemos la ecuación con la que vamos a estimar el Ratio de Precio

$$\Delta S = -4,07 \cdot (1 - S) \cdot 0,004 + 0,15 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{0,004}$$

Como podemos observar con el proceso de reversión a la media, adelantamos la decisión de tomar posiciones en la estrategia de pares, y dependiendo de nuestro grado de aversión al riesgo podemos, tal y como observamos, salir, tomando la decisión por el corte de la línea de Ratio de Precio o por el corte de la línea de Ratio de Precio Estimado con la línea de 2Desv.



**Gráfico 36. Evolución del Ratio de Precio vs Ratio de Precio Estimado (O-U) COP vs BRL**

2 Desviaciones	COP	BRL	Cartera	1 Desviación	COP	BRL	Cartera
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	Sin cerrar	Sin cerrar	Sin cerrar	Resultado Sin Comisiones	Sin cerrar	Sin cerrar	Sin cerrar
Rentabilidad	Sin cerrar	Sin cerrar	Sin cerrar	Rentabilidad	Sin cerrar	Sin cerrar	Sin cerrar
Número de Operaciones				Número de Operaciones			
2				2			
Comisiones				Comisiones			
150				150			
Resultado Con comisiones				Resultado Con comisiones			
Sin cerrar posición				Sin cerrar posición			
Rentabilidad				Rentabilidad			
Sin cerrar posición				Sin cerrar posición			

Tabla 39. Resultados Prueba 1 (O-U) COP-BRL

**Análisis de resultados:**

- Durante el periodo analizado, el ratio de precio no dio ninguna señal de cierre, por lo que no hemos obtenido resultados, utilizando ambos filtros de distancia.

<b>Resultados Prueba 1(OU): COP -BRL</b>			
<b>Bandas óptimas</b>	<b>COP</b>	<b>BRL</b>	<b>Cartera</b>
<b>Inversión inicial</b>	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
<b>Resultado Sin Comisiones</b>	49.849,55 €	50.213,68 €	100.063,23 €
<b>Rentabilidad</b>	-0,30%	0,43%	0,06%

<b>Número de Operaciones</b>	6
<b>Comisiones</b>	300,64€
<b>Resultado Con comisiones</b>	99.762,59 €
<b>Rentabilidad</b>	-0,237%

**Tabla 40. Prueba 1 (OU) COP-BRL**

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Usando los filtros de distancia óptimos, se han generado seis operaciones, produciendo un total de 300,64€. El rendimiento obtenido durante este primer periodo ha sido de una pérdida de 0,237%.

**Prueba 2:**

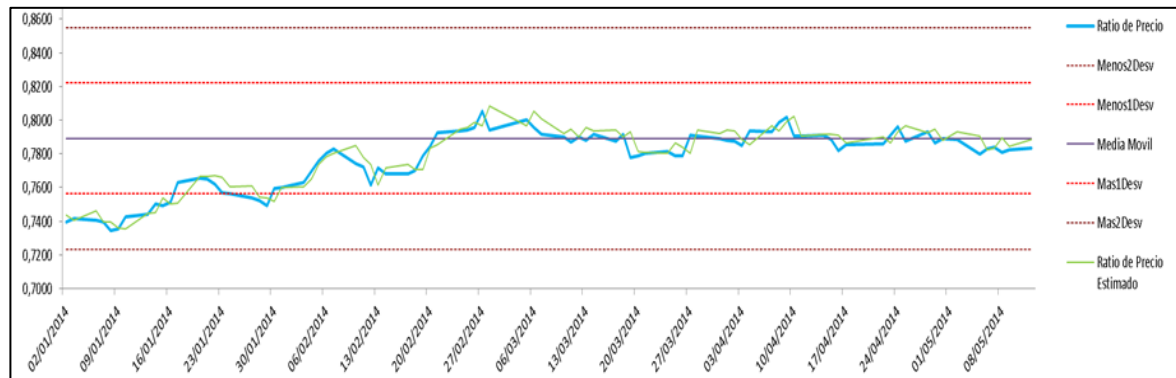
**Periodo de formación: (02/01/2013 - 30/12/2013)**

**Periodo de Inversión: (02/01/2014 - 12/05/2014)**

Obtenemos la ecuación con la que vamos a estimar el Ratio de Precio

$$\Delta S = -5,55 \cdot (0,80 - S) \cdot 0,004 + 0,10 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{0,004}$$

Como podemos observar con el proceso de reversión a la media, adelantamos la decisión de tomar posiciones en la estrategia de pares, y dependiendo de nuestro grado de aversión al riesgo podemos, tal y como observamos, salir, tomando la decisión por el corte de la línea de Ratio de Precio o por el corte de la línea de Ratio de Precio Estimado con la línea de 2Desv.



**Gráfico 37. Evolución del Ratio de Precio vs Ratio de Precio Estimado (O-U) COP vs BRL**



2 Desviaciones	COP	BRL	Cartera	1 Desviación	COP	BRL	Cartera
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	Sin cerrar	Sin cerrar	Sin cerrar	Resultado Sin Comisiones	50.989,78 €	51.455,26 €	102.445,05 €
Rentabilidad	Sin cerrar	Sin cerrar	Sin cerrar	Rentabilidad	1,98%	2,91%	2,45%
Número de Operaciones	2			Número de Operaciones	8		
Comisiones	150,00 €			Comisiones	608,86 €		
Resultado Con comisiones	Sin cerrar posición			Resultado Con comisiones	101.836,19 €		
Rentabilidad	Sin cerrar posición			Rentabilidad	1,84%		

Tabla 41. Resultados Prueba 2 (O-U) COP-BRL

**Análisis de resultados:**

- Analizando la evolución del ratio de precio, y los resultados que hemos obtenido, podemos ver como la utilización de un filtro de dos desviaciones típicas respecto de la media histórica, no genera operaciones suficientes como para cerrar la posición y obtener unos resultados.
- En cambio, la utilización de un filtro de una desviación típica respecto de la media, ha generado una rentabilidad del 1,836%, realizando 8 operaciones que nos han generado un coste de 608,86€.

<b>Resultados Prueba 2(OU): COP -BRL</b>			
<b>Bandas óptimas</b>	<b>COP</b>	<b>BRL</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	49.874,88 €	50.699,25 €	100.574,14 €
Rentabilidad	-0,25%	1,40%	0,574%

Número de Operaciones	4
Comisiones	300,86€
Resultado Con comisiones	100.273,27 €
Rentabilidad	0,273%

**Tabla 42. Prueba 2 (OU) COP-BRL**

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el segundo periodo de formación, nos ha generado un beneficio del 0,273%, realizando cuatro operaciones que han supuesto unos costes de 300,86 €.
- El volumen de operaciones han consumido el margen de la estrategia, un factor muy importante a tener en cuenta tal y como hemos mencionado al principio sobre los inconvenientes de las estrategias de pares.

### 3.4 Análisis resultados obtenidos de la estimación por MBG.

#### 3.4.1 PAR1: CIB-PFBCOLOM

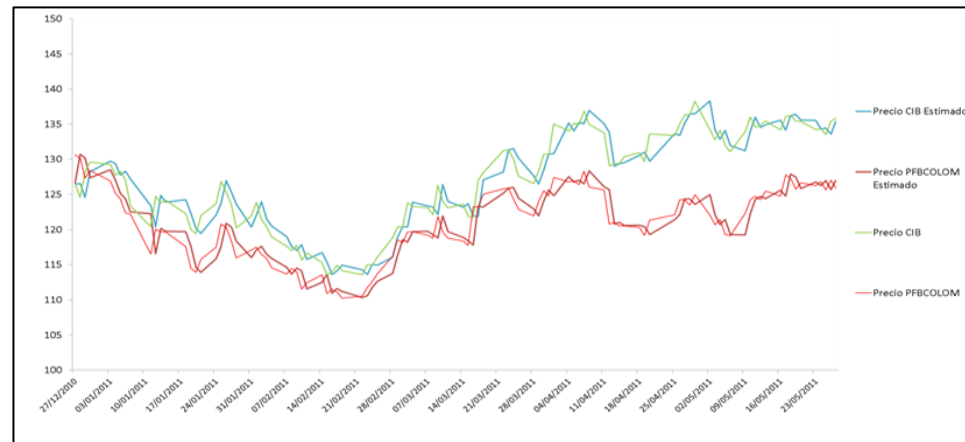
**Prueba 1:**

**Periodo de formación:** (23/04/2010 - 23/12/2010)

**Periodo de Inversión:** (27/12/2010 - 27/05/2011)

Para la acción CIB vamos a utilizar la función MBG:  $\Delta S = S(0,00145\Delta t + 0,0175\varepsilon\sqrt{0,004})$

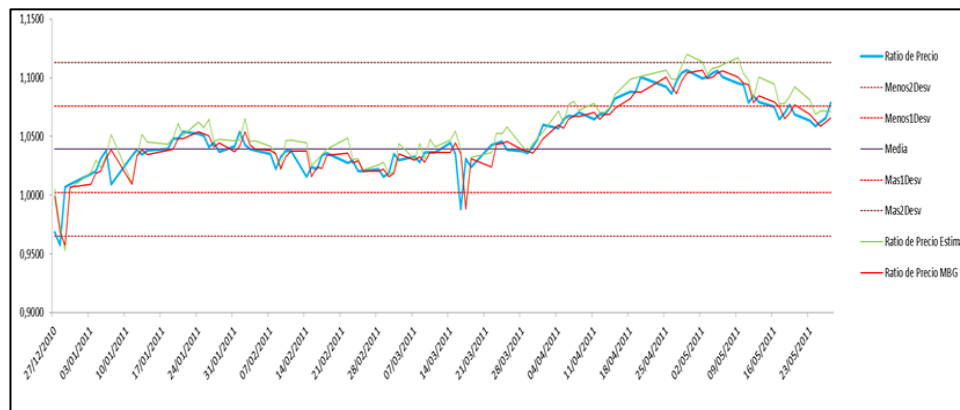
Para la acción PFBCOLOM utilizamos la función MBG:  $\Delta S = S(0,00146\Delta t + 0,0162\varepsilon\sqrt{0,004})$



**Gráfico 38. CIB vs PFBCOLOM (Precios Estimados MBG)**

**Análisis de la evolución del Ratio de Precio**

Como podemos observar, el ratio de precio por MBG tiene menos volatilidad que el Precio Estimado y se aproxima más al ratio de Precio Empírico. Podemos ver que no se producen movimientos notables por encima de las dos desviaciones típicas respecto de la media, y si dentro de ambas bandas de una desviación típica respecto de la media histórica.



**Gráfico 39. Evolución del Ratio de Precio vs Ratio de Precio Estimado (O-U) vs Ratio de Precio (MBG) CIB vs PFBCOLOM**

<b>2 Desviaciones</b>	<b>CIB</b>	<b>PFBCOLOM</b>	<b>Cartera</b>	<b>1 Desviación</b>	<b>CIB</b>	<b>PFBCOLOM</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	50.526,11 €	49.597,58 €	100.123,69 €	Resultado Sin Comisiones	50.054,11 €	52.958,43 €	103.012,54 €
Rentabilidad	1,05%	-0,81%	0,12%	Rentabilidad	0,11%	5,92%	3,01%
Número de Operaciones	4			Número de Operaciones	16		
Comisiones	300,19			Comisiones	1224,27		
Resultado Con comisiones	99.823,51 €			Resultado Con comisiones	101.788,27 €		
Rentabilidad	-0,18%			Rentabilidad	1,79%		

**Tabla 43. Resultados Prueba 1 (MBG) CIB-PFBCOLOM**

**Análisis de resultados:**

- Analizando los resultados, hemos obtenido una rentabilidad de un -0,176% si tenemos en cuenta las comisiones de 15 pb por operación aplicando un filtro de distancia de 2 Desviaciones Típicas.
- Con un filtro de distancia de una Desviación típica respecto de su media histórica, obtenemos un 1,788%.
- A pesar de realizar más operaciones con el filtro de distancia de una desviación típica y por lo tanto tener que hacer frente a más comisiones que con el de dos Desviaciones, la rentabilidad obtenida lo compensa.

<b>Resultados Prueba 1 (MBG): CIB -PFBCOLOM</b>			
<b>Bandas Óptimas</b>	<b>CIB</b>	<b>PFBCOLOM</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	49.922,42 €	53.132,98 €	103.055,40 €
Rentabilidad	-0,155%	6,266%	3,055%
Número de Operaciones	12		
Comisiones	919,03 €		
Resultado Con comisiones	102.136,37 €		
Rentabilidad	2,136%		

**Tabla 44. Prueba 1 (MBG) CIB-PFBCOLOM**

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el primer periodo de formación, nos ha generado un beneficio del 2,136%, realizando doce operaciones que han supuesto unos costes de 919,03 €.
- El volumen de operaciones han consumido el margen de la estrategia, un factor muy importante a tener en cuenta tal y como hemos mencionado al principio sobre los inconvenientes de las estrategias de pares.

**Prueba 2:**

**Periodo de formación: (31/05/2011 - 31/05/2012)**

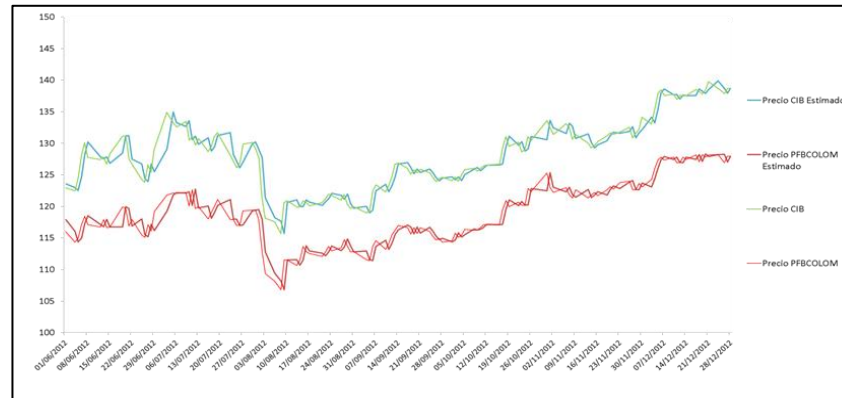
**Periodo de Inversión: (01/06/2012 - 28/12/2012)**

Para la acción CIB vamos a utilizar la función MBG:

$$\Delta S = S(-0,0004\Delta t + 0,018\varepsilon\sqrt{0,004})$$

Para la acción PFBCOLOM utilizamos la función MBG:

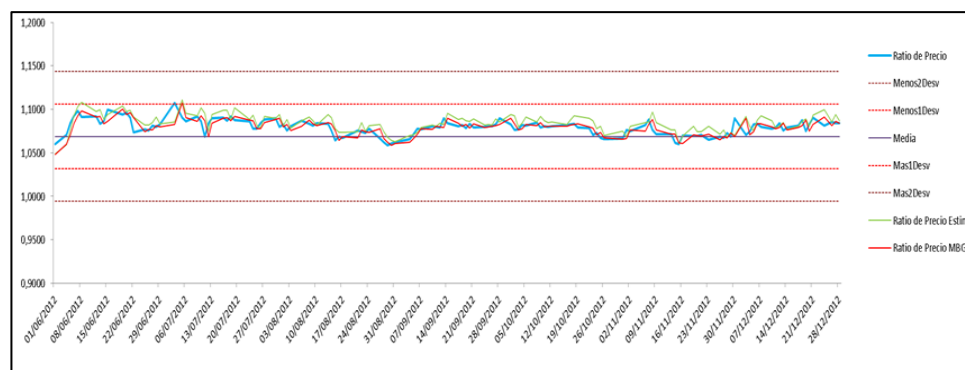
$$\Delta S = S(-0,00036\Delta t + 0,0146\varepsilon\sqrt{0,004})$$



**Gráfico 40. CIB vs PFBCOLOM (Precios Estimados MBG)**

Como podemos observar, el ratio de precio por MBG tiene menos volatilidad que el Precio Estimado y se aproxima más al ratio de Precio Empírico

Los resultados obtenidos por el uso de esta estrategia son



**Gráfico 41. Evolución del Ratio de Precio vs Ratio de Precio Estimado (O-U) vs Ratio de Precio (MBG) CIB vs PFBCOLOM**

<b>2 Desviaciones</b>	<b>CIB</b>	<b>PFBCOLOM</b>	<b>Cartera</b>	<b>1 Desviación</b>	<b>CIB</b>	<b>PFBCOLOM</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	Sin cerrar	Sin cerrar	Sin cerrar	Resultado Sin Comisiones	50.227,68 €	49.964,88 €	100.192,56 €
Rentabilidad	Sin cerrar	Sin cerrar	Sin cerrar	Rentabilidad	0,46%	-0,07%	0,19%
Número de Operaciones				Número de Operaciones			
Comisiones				Comisiones			
Resultado Con comisiones				Resultado Con comisiones			
Rentabilidad				Rentabilidad			

**Tabla 45. Resultados Prueba 2 (MBG) CIB-PFBCOLOM**

**Análisis de resultados:**

- Analizando los resultados, comprobamos que no hemos podido operar con un filtro de distancia de 2 desviaciones típicas.
- Por otro lado, con un filtro de distancia de una Desviación típica respecto de su media histórica, obtenemos un -0,108%.
- Cabe mencionar que sólo hemos realizado 4 operaciones, por lo que tendríamos que buscar un filtro que estuviera más cercano a su media histórica.

<b>Resultados Prueba 2 (MBG): CIB -PFBCOLOM</b>			
Bandas óptimas	<b>CIB</b>	<b>PFBCOLOM</b>	<b>Cartera</b>
<b>Inversión inicial</b>	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
<b>Resultado Sin Comisiones</b>	50.227,68 €	49.964,88 €	100.192,56 €
<b>Rentabilidad</b>	0,455%	-0,070%	0,193%
<b>Número de Operaciones</b>	4		
<b>Comisiones</b>	300,29		
<b>Resultado Con comisiones</b>	99.892,27 €		
<b>Rentabilidad</b>	-0,108%		

Tabla 46. Prueba 2 (MBG) CIB-PFBCOLOM

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el segundo periodo de formación, nos ha generado una pérdida del 0,108%, realizando cuatro operaciones que han supuesto unos costes de 300,29 €.
- El volumen de operaciones han consumido el margen de la estrategia, un factor muy importante a tener en cuenta tal y como hemos mencionado al principio sobre los inconvenientes de las estrategias de pares.



**Prueba 3:**

**Periodo de formación: (02/01/2013 - 30/12/2013)**

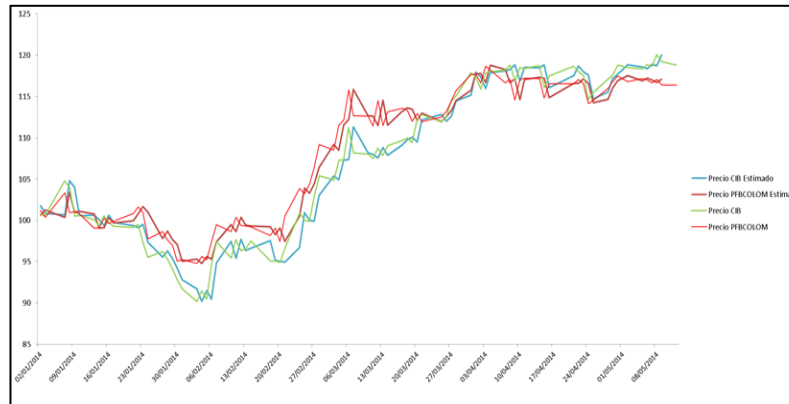
**Periodo de Inversión: (02/01/2014 - 12/05/2014)**

Para la acción CIB vamos a utilizar la función MBG:

$$\Delta S = S(-0,0013\Delta t + 0,012\varepsilon\sqrt{0,004})$$

Para la acción PFBCOLOM utilizamos la función MBG:

$$\Delta S = S(-0,0003\Delta t + 0,0128\varepsilon\sqrt{0,004})$$

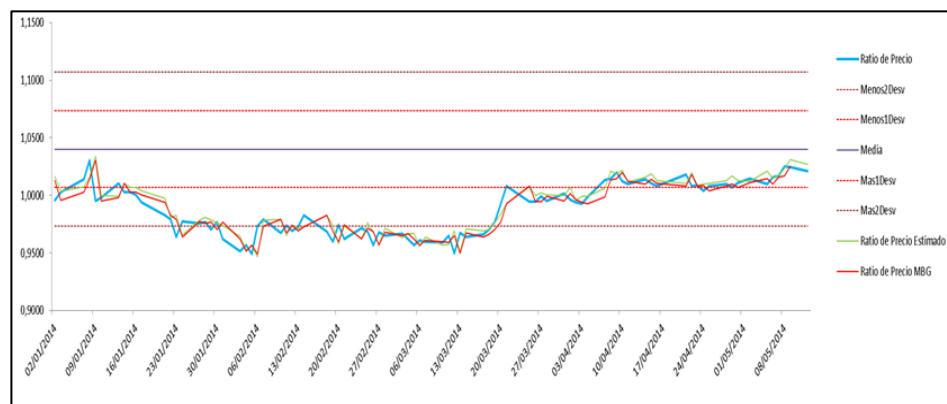


**Gráfico 42. CIB vs PFBCOLOM (Precios Estimados MBG)**

**Análisis Evolución del Ratio de Precio:**

El ratio de precio por MBG tiene menos volatilidad que el ratio de Precio Estimado y se aproxima más al ratio de Precio Empírico.

La evolución del ratio de precio presenta actividad tanto en el filtro de dos desviaciones típicas como en el de una. Hay numerosos cortes de banda por lo que se generarán múltiples operaciones de trading de pares.



**Gráfico 43. Evolución del Ratio de Precio vs Ratio de Precio Estimado (O-U) vs Ratio de Precio (MBG) CIB vs PFBCOLOM**

2 Desviaciones	CIB	PFBCOLOM	Cartera	1 Desviación	CIB	PFBCOLOM	Cartera
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	58.494,56 €	43.337,48 €	101.832,04 €	Resultado Sin Comisiones	60.181,84 €	42.957,17 €	103.139,01 €
Rentabilidad	17,00%	-13,30%	1,80%	Rentabilidad	20,40%	-14,10%	3,10%
Número de Operaciones	28			Número de Operaciones	24		
Comisiones	2.103,59			Comisiones	1.834,42		
Resultado Con comisiones	99.728,45 €			Resultado Con comisiones	101.304,58 €		
Rentabilidad	-0,27%			Rentabilidad	1,31%		

**Tabla 47. Resultados Prueba 3 (MBG) CIB-PFBCOLOM**

**Análisis de resultados:**

- Analizando los resultados, hemos obtenido una rentabilidad de un -0,272% si tenemos en cuenta las comisiones de 15 pb por operación aplicando un filtro de distancia de dos desviaciones típicas.
- Con un filtro de distancia de una desviación típica respecto de su media histórica, obtenemos un 1,305%.
- La volatilidad de los activos produce un mayor número de roturas a una mayor distancia respecto de su media, por lo que el número de operaciones es mayor con el filtro de dos que del de una desviación. En este caso, **es más rentable utilizar el filtro de 1 desviación típica.**

<b>Resultados Prueba 3 (MBG): CIB -PFBCOLOM</b>			
<b>Bandas óptimas</b>	<b>CIB</b>	<b>PFBCOLOM</b>	<b>Cartera</b>
<b>Inversión inicial</b>	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
<b>Resultado Sin Comisiones</b>	59.784,25 €	42.971,11 €	102.755,357 €
<b>Rentabilidad</b>	19,6%	-14,1%	2,8%
<b>Número de Operaciones</b>	24		
<b>Comisiones</b>	1.823,32€		
<b>Resultado Con comisiones</b>	100.932,03 €		
<b>Rentabilidad</b>	0,932%		

**Tabla 48. Prueba 3 (MBG) CIB-PFBCOLOM**

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el tercer periodo de formación, nos ha generado una rentabilidad del 0,932%, realizando veinticuatro operaciones que han supuesto unos costes de 1.823,32 €.
- El volumen de operaciones han consumido el margen de la estrategia, un factor muy importante a tener en cuenta tal y como hemos mencionado al principio sobre los inconvenientes de las estrategias de pares.

### 3.4.2 PAR2: CNE-CNEC

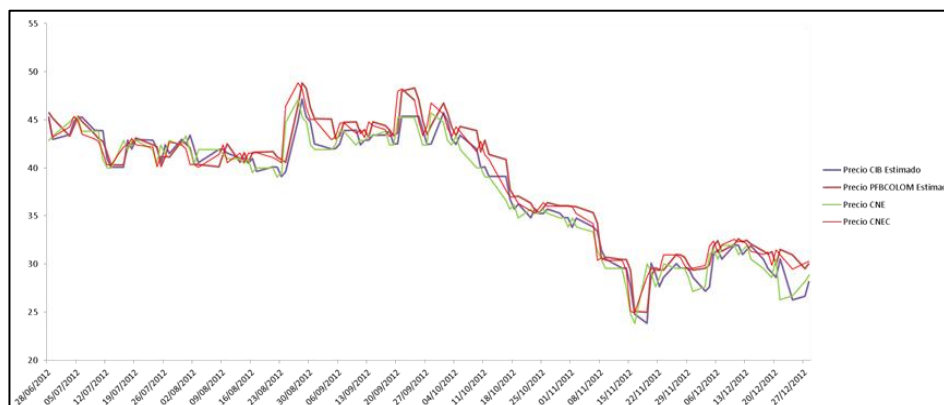
#### Prueba 1:

**Periodo de formación: (28/06/2011 - 27/06/2012)**

**Periodo de Inversión: (28/06/2012 - 28/12/2012)**

Para la acción CNE vamos a utilizar la función MBG:  $\Delta S = S(-0,00345\Delta t + 0,0386\varepsilon\sqrt{0,004})$

Para la acción CNEC utilizamos la función MBG:  $\Delta S = S(-0,00355\Delta t + 0,0343\varepsilon\sqrt{0,004})$



**Gráfico 44. CNE vs CNEC (Precios Estimados MBG)**

#### Análisis de la evolución del ratio de Precio

El ratio de precio por MBG tiene menos volatilidad que el ratio de Precio Estimado y se aproxima más al ratio de Precio Empírico.

La mayor parte del periodo la actividad se concentra dentro de las dos bandas de dos desviaciones típicas de distancia respecto de la media histórica, por lo que existirá un mayor interés en el análisis de los resultados obtenidos por el filtro de distancia de una desviación típica.

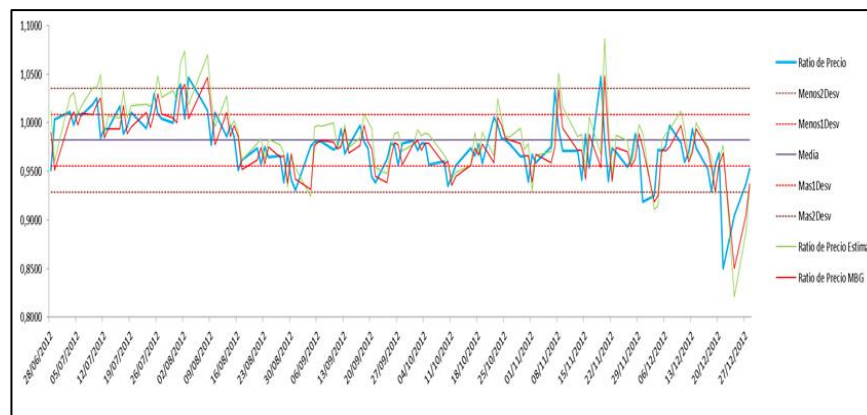


Gráfico 45. Evolución del Ratio de Precio vs Ratio de Precio Estimado (O-U) vs Ratio de Precio (MBG) CNE vs CNEC

2 Desviaciones	CNE	CNEC	Cartera	1 Desviación	CNE	CNEC	Cartera
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	59.476,86 €	45.518,25 €	104.995,12 €	Resultado Sin Comisiones	61.216,32 €	48.380,09 €	109.596,41 €
Rentabilidad	18,95%	-8,96%	5,00%	Rentabilidad	22,43%	-3,24%	9,60%
Número de Operaciones	20			Número de Operaciones	94		
Comisiones	1.505,10			Comisiones	7.235,95		
Resultado Con comisiones	103.490,01 €			Resultado Con comisiones	102.360,46 €		
Rentabilidad	3,49%			Rentabilidad	2,36%		

Tabla 49. Resultados Prueba 1 (MBG) CNE-CNEC

**Análisis de resultados:**

- Tal y como habíamos previsto, analizando los resultados, hemos obtenido una rentabilidad del 3,490% con un filtro de distancia de dos desviaciones típicas, con 20 operaciones en total.

- Por otro lado hemos obtenido una rentabilidad del 2,360% con un filtro de distancia de una desviación típica, realizando un total de 94 operaciones.
- A pesar de que con el filtro de distancia de una desviación típica se incrementa demasiado el número de operaciones, los márgenes permiten con creces hacer frente a los costes tal y como hemos comprobado.

<b>Resultados Prueba 1(MBG): CNE -CNEC</b>			
Bandas óptimas	CNE	CNEC	Cartera
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	61.279,78 €	45.811,78 €	107.091,56 €
Rentabilidad	22,56%	-8,38%	7,09%

Número de Operaciones	34
Comisiones	2.617,71€
Resultado Con comisiones	104.473,84 €
Rentabilidad	4,474%

**Tabla 50. Prueba 1 (MBG) CNE-CNEC**

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el primer periodo de formación, nos ha generado una rentabilidad del 4,474%, realizando treinta y cuatro operaciones que supusieron unos costes de 2.617,71 €.
- El volumen de operaciones han consumido el margen de la estrategia, un factor muy importante a tener en cuenta tal y como hemos mencionado al principio sobre los inconvenientes de las estrategias de pares.

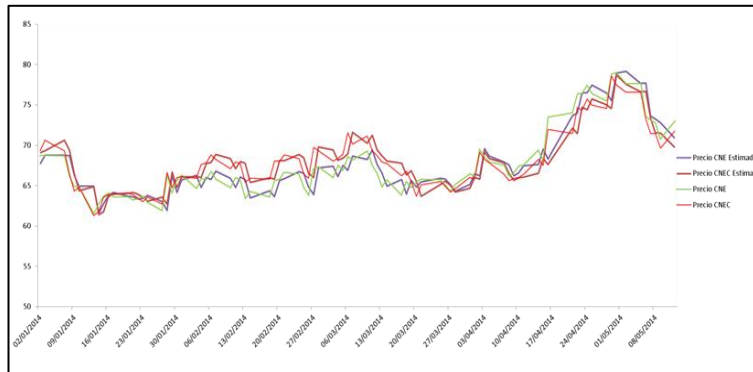
**Prueba 2:**

**Periodo de formación: (02/01/2013 - 30/12/2013)**

**Periodo de Inversión: (02/01/2014 - 12/05/2014)**

Para la acción CNE vamos a utilizar la función MBG:  $\Delta S = S(0,00356\Delta t + 0,0312\varepsilon\sqrt{0,004})$

Para la acción CNEC utilizamos la función MBG:  $\Delta S = S(0,0034\Delta t + 0,0272\varepsilon\sqrt{0,004})$



**Gráfico 46. CNE vs CNEC (Precios Estimados MBG)**

**Análisis Evolución del Ratio de Precio:**

El ratio de precio por MBG tiene menos volatilidad que el ratio de Precio Estimado y se aproxima más al ratio de Precio Empírico.

Como podemos observar, la evolución del ratio de precio durante este periodo, ha mostrado mucha actividad en las bandas de una desviación típica respecto de la media histórica, aunque también se ve actividad al final del periodo en la banda de dos desviaciones típicas respecto de la media.



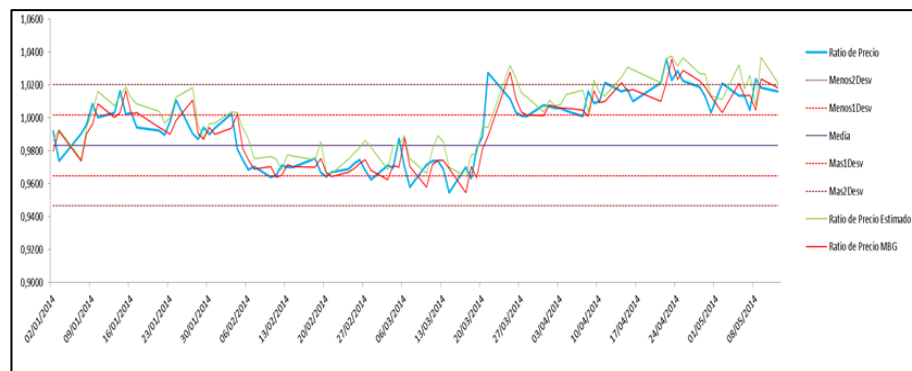


Gráfico 47. Evolución del Ratio de Precio vs Ratio de Precio Estimado (O-U) vs Ratio de Precio (MBG) CNE vs CNEC

2 Desviaciones	CNE	CNEC	Cartera	1 Desviación	CNE	CNEC	Cartera
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	49.016,39 €	52.487,06 €	101.503,44 €	Resultado Sin Comisiones	51.432,90 €	50.314,44 €	101.747,34 €
Rentabilidad	-1,97%	4,97%	1,50%	Rentabilidad	2,87%	0,63%	1,75%
Número de Operaciones	20		Número de Operaciones	50			
Comisiones	1.513,89		Comisiones	3.801,88			
Resultado Con comisiones	99.989,55 €		Resultado Con comisiones	97.945,46 €			
Rentabilidad	-0,01%		Rentabilidad	-2,06%			

Tabla 51. Resultados Prueba 2 (MBG) CNE-CNEC

**Análisis de resultados:**

- Tal y como habíamos previsto, analizando los resultados, hemos obtenido una rentabilidad del -0,010% con un filtro de distancia de dos desviaciones típicas, con 20 operaciones en total.

- Por otro lado hemos obtenido una rentabilidad del -2,055% con un filtro de distancia de una desviación típica, realizando un total de 50 operaciones.
- A pesar de que con el filtro de distancia de una desviación típica se incrementa demasiado el número de operaciones, los márgenes permiten con creces hacer frente a los costes tal y como hemos comprobado.

<b>Resultados Prueba 2 (MBG): CNE -CNEC</b>			
Bandas óptimas	CNE	CNEC	Cartera
<b>Inversión inicial</b>	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
<b>Resultado Sin Comisiones</b>	41.150,03 €	61.473,24 €	102.623,28 €
<b>Rentabilidad</b>	-17,70%	22,95%	2,62%
<b>Número de Operaciones</b>	30		
<b>Comisiones</b>	2.264,66€		
<b>Resultado Con comisiones</b>	100.358,62 €		
<b>Rentabilidad</b>	0,359%		

Tabla 52. Prueba 2 (MBG) CNE-CNEC

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el segundo periodo de formación, nos ha generado una rentabilidad del 0,36%, realizando treinta operaciones que han supuesto unos costes de 2.264,66 €.
- El volumen de operaciones han consumido el margen de la estrategia, un factor muy importante a tener en cuenta tal y como hemos mencionado al principio sobre los inconvenientes de las estrategias de pares.

### 3.4.3 PAR 3: FOX-TWC

#### Prueba 1:

**Periodo de formación: (31/05/2011 - 30/05/2012)**

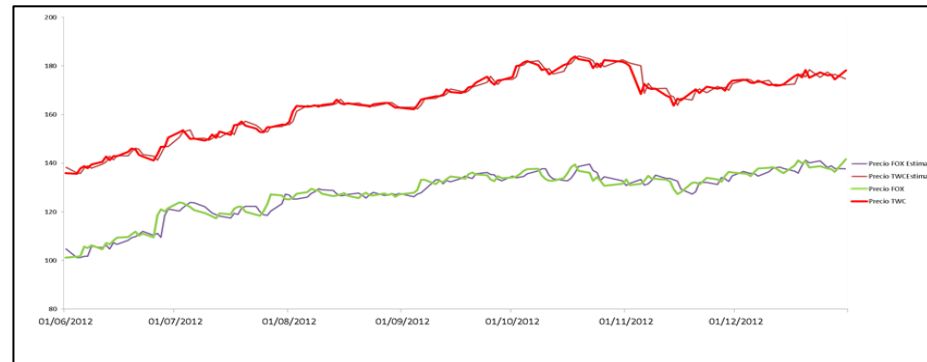
**Periodo de Inversión: (01/06/2012 - 31/12/2012)**

Para la acción FOX vamos a utilizar la función MBG:

$$\Delta S = S(0,0002\Delta t + 0,0223\varepsilon\sqrt{0,004})$$

Para la acción TWC utilizamos la función MBG:

$$\Delta S = S(-0,0001\Delta t + 0,0177\varepsilon\sqrt{0,004})$$



**Gráfico 48. FOX vs TWC (Precios Estimados MBG)**

**Análisis Evolución del Ratio de Precio:**

Como podemos observar, el ratio de precio por MBG tiene menos volatilidad que el ratio de Precio Estimado y se aproxima más al ratio de Precio Empírico. El movimiento del ratio de precio durante este periodo, nunca supera las dos desviaciones típicas respecto de la media histórica por lo que centraremos el análisis en el uso de una desviación típica respecto de su media.



**Gráfico 49. Evolución del Ratio de Precio vs Ratio de Precio Estimado (O-U) vs Ratio de Precio (MBG) FOX vs TWC**

<b>2 Desviaciones</b>	<b>FOX</b>	<b>TWC</b>	<b>Cartera</b>	<b>1 Desviación</b>	<b>FOX</b>	<b>TWC</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	Sin cerrar	Sin cerrar	Sin cerrar	Resultado Sin Comisiones	49.416,10 €	51.990,23 €	101.406,33 €
Rentabilidad	Sin cerrar	Sin cerrar	Sin cerrar	Rentabilidad	-1,17%	3,98%	1,41%
Número de Operaciones	2			Número de Operaciones	8		
Comisiones	150			Comisiones	604,64		
Resultado Con comisiones	Sin cerrar posición			Resultado Con comisiones	100.801,69 €		
Rentabilidad	Sin cerrar posición			Rentabilidad	0,80%		

**Tabla 53. Resultados Prueba 1 (MBG) FOX-TWC**

**Análisis de resultados:**

- El filtro de dos desviaciones típicas no se rompió durante el periodo analizado, por lo que no se realizaron operaciones tal y como hemos indicado anteriormente.
- Utilizando un filtro de distancia de una desviación típica respecto de su media histórica, hemos obtenido una rentabilidad teniendo en cuenta las comisiones del 0,802%.
- Habrá que analizar si sería más rentable utilizar filtros más cercanos a la media histórica.

<b>Resultados Prueba 1(MBG): FOX -TWC</b>			
Bandas óptimas	<b>FOX</b>	<b>TWC</b>	<b>Cartera</b>
<b>Inversión inicial</b>	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
<b>Resultado Sin Comisiones</b>	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
<b>Rentabilidad</b>	0,00%	0,00%	0,00%

<b>Número de Operaciones</b>	0
<b>Comisiones</b>	0,00
<b>Resultado Con comisiones</b>	100.000,00 €
<b>Rentabilidad</b>	0,000%

**Tabla 54. Prueba 1 (MBG) FOX-TWC**

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el primer periodo de formación, no se han producido cortes en las bandas óptimas durante el periodo.

**Prueba 2:**

**Periodo de formación: (02/01/2013 - 31/12/2013)**

**Periodo de Inversión: (02/01/2014 - 12/05/2014)**

Para la acción FOX vamos a utilizar la función MBG:  $\Delta S = S(0,0016\Delta t + 0,0123\varepsilon\sqrt{0,004})$

Para la acción TWC utilizamos la función MBG:  $\Delta S = S(0,0013\Delta t + 0,0163\varepsilon\sqrt{0,004})$

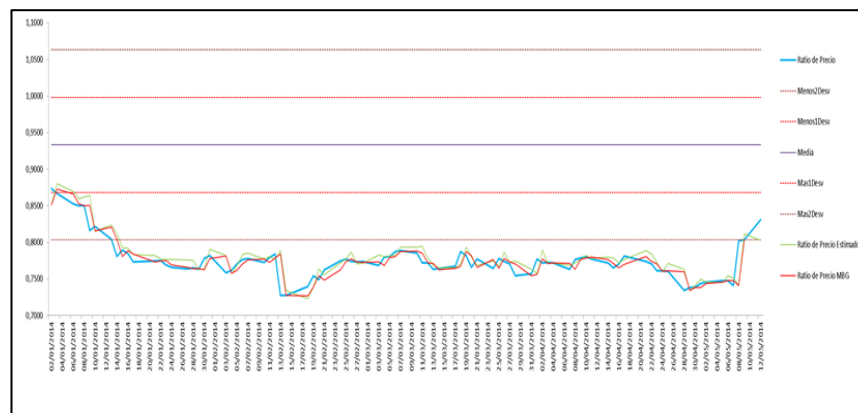


**Gráfico 50. FOX vs TWC (Precios Estimados MBG)**

**Análisis Evolución del Ratio de Precio:**

Como podemos observar, el ratio de precio por MBG tiene menos volatilidad que el ratio de Precio Estimado y se aproxima más al ratio de Precio Empírico.

La actividad del ratio de precio ha estado concentrada fuera de las bandas de dos desviaciones típicas durante la mayor parte del periodo, por lo que el filtro de una desviación típica no tendrá utilidad en nuestra estrategia de pares.



**Gráfico 51. Evolución del Ratio de Precio vs Ratio de Precio Estimado (O-U) vs Ratio de Precio (MBG) FOX vs TWC**

<b>2 Desviaciones</b>	<b>FOX</b>	<b>TWC</b>	<b>Cartera</b>	<b>1 Desviación</b>	<b>FOX</b>	<b>TWC</b>	<b>Cartera</b>
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	Sin cerrar	Sin cerrar	Sin cerrar	Resultado Sin Comisiones	49.454,80 €	50.164,65 €	99.619,45 €
Rentabilidad	Sin cerrar	Sin cerrar	Sin cerrar	Rentabilidad	-1,09%	0,33%	-0,38%

Número de Operaciones	2		Número de Operaciones	4	
Comisiones	150		Comisiones	448,86	
Resultado Con comisiones	Sin cerrar posición		Resultado Con comisiones	99.170,59 €	
Rentabilidad	Sin cerrar posición		Rentabilidad	-0,83%	

**Tabla 55. Resultados Prueba 2 (MBG) FOX-TWC**

**Análisis de resultados**

- Tal y como indicamos, no se obtuvieron resultados del uso del filtro de distancia de una desviación típica, ya que durante el periodo no se produjo el cierre de las 2 posiciones tomadas.
- En relación a los resultados obtenidos de la utilización del filtro de distancia de dos desviaciones típicas, hemos obtenido una rentabilidad del -0,829% realizando 4 operaciones que nos han producido un coste de 448,86€.

<b>Resultados Prueba 2 (MBG): FOX-TWC</b>			
<b>Bandas óptimas</b>	<b>FOX</b>	<b>TWC</b>	<b>Cartera</b>
<b>Inversión inicial</b>	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
<b>Resultado Sin Comisiones</b>	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
<b>Rentabilidad</b>	0,00%	0,00%	0,00%

<b>Número de Operaciones</b>	2
<b>Comisiones</b>	150,00
<b>Resultado Con comisiones</b>	Sin Cerrar Posición
<b>Rentabilidad</b>	Sin Cerrar Posición

**Tabla 56. Prueba 2 (MBG) FOX-TWC**

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el segundo periodo de formación, no se han producido operaciones de cierre de posición por lo que no hemos obtenido resultado durante el periodo de inversión.



### 3.4.4 PAR4: COP-BRL

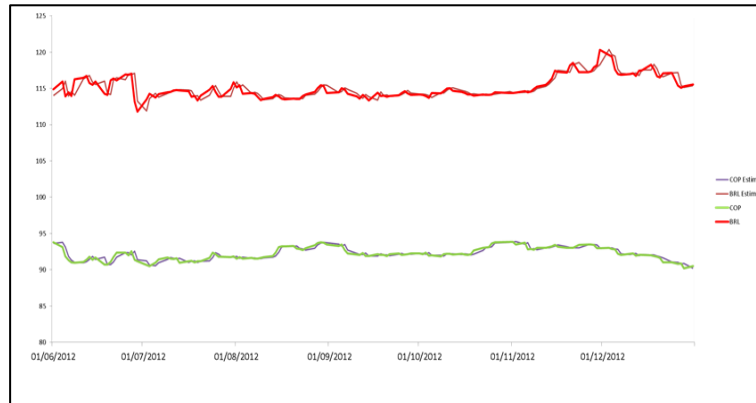
#### Prueba 1:

**Periodo de formación: (01/06/2011 - 31/05/2012)**

**Periodo de Inversión: (01/06/2012 - 31/12/2012)**

Para la acción COP vamos a utilizar la función MBG:  $\Delta S = S(0,0001 \Delta t + 0,0052\varepsilon\sqrt{0,004})$

Para la acción BRL utilizamos la función MBG:  $\Delta S = S(0,001 \Delta t + 0,0107\varepsilon\sqrt{0,004})$



**Gráfico 52. COP vs BRL (Precios Estimados MBG)**

#### Análisis Evolución del Ratio de Precio:

Como podemos observar, el ratio de precio por MBG tiene menos volatilidad que el ratio de Precio Estimado y se aproxima más al ratio de Precio Empírico. La evolución del ratio de precio durante este periodo, no ha generado cortes en las bandas de 2 desviaciones típicas ya que ha permanecido siempre muy alejado de su media histórica.

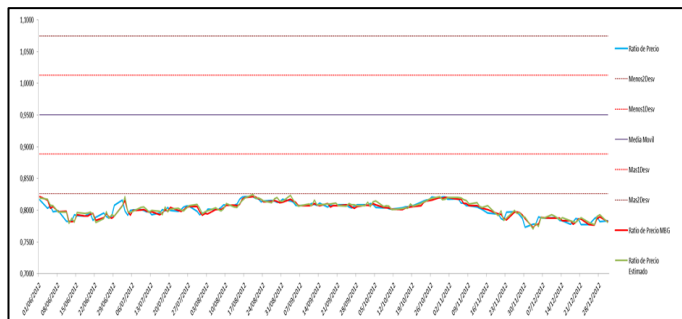


Gráfico 53. Evolución del Ratio de Precio vs Ratio de Precio Estimado (O-U) vs Ratio de Precio (MBG) COP vs BRL

2 Desviaciones	COP	BRL	Cartera	1 Desviación	COP	BRL	Cartera
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Resultado Sin Comisiones	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Rentabilidad	Sin operar	Sin operar	Sin operar	Rentabilidad	Sin operar	Sin operar	Sin operar
Número de Operaciones	0			Número de Operaciones	0		
Comisiones	0			Comisiones	0		
Resultado Con comisiones	Sin realizar operaciones			Resultado Con comisiones	Sin realizar operaciones		
Rentabilidad	Sin realizar operaciones			Rentabilidad	Sin realizar operaciones		

Tabla 57. Resultados Prueba 1 (MBG) COP-BRL

**Análisis de resultados:**

- No se presentan operaciones durante el periodo analizado.

<b>Resultados Prueba 1 (MBG): COP -BRL</b>			
<b>Bandas óptimas</b>	<b>COP</b>	<b>BRL</b>	<b>Cartera</b>
<b>Inversión inicial</b>	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
<b>Resultado Sin Comisiones</b>	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
<b>Rentabilidad</b>	0,00%	0,00%	0,00%

<b>Número de Operaciones</b>	2
<b>Comisiones</b>	150,00
<b>Resultado Con comisiones</b>	Sin cerrar posición
<b>Rentabilidad</b>	Sin cerrar posición

**Tabla 58. Prueba 1 (MBG) COP-BRL**

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el primer periodo de formación, no se han generado operaciones de cierre de posición.

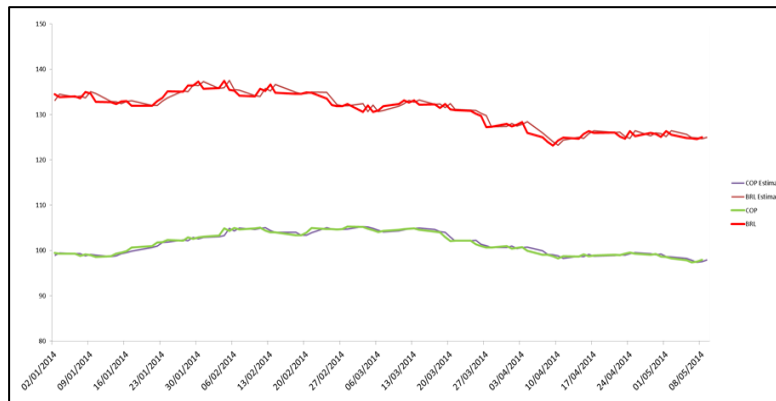
**Prueba 2:**

**Periodo de formación: (02/01/2013 - 31/12/2013)**

**Periodo de Inversión: (02/01/2014 - 12/05/2014)**

Para la acción COP vamos a utilizar la función MBG:  $\Delta S = S(0,0003\Delta t + 0,0037\varepsilon\sqrt{0,004})$

Para la acción BRL utilizamos la función MBG:  $\Delta S = S(0,0006\Delta t + 0,0083\varepsilon\sqrt{0,004})$



**Gráfico 54. COP vs BRL (Precios estimados MBG)**

**Análisis Evolución del Ratio de Precio:**

Como podemos observar, el ratio de precio por MBG tiene menos volatilidad que el Precio Estimado y se aproxima más al ratio de Precio Empírico. La evolución del ratio de precio se concentra durante todo el periodo dentro de las bandas de dos desviaciones típicas respecto de la media histórica, por lo que no se obtendrán resultados en el uso de este filtro.

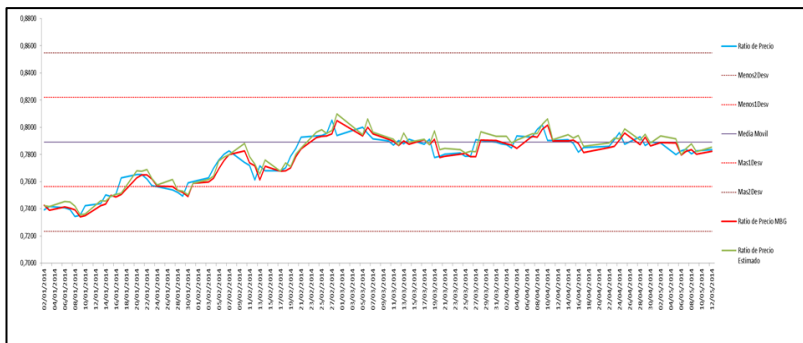


Gráfico 55. Evolución del Ratio de Precio vs Ratio de Precio Estimado (O-U) vs Ratio de Precio (MBG) COP vs BRL

2 Desviaciones	COP	BRL	Cartera	1 Desviación	COP	BRL	Cartera
Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Inversión inicial	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
Resultado Sin Comisiones	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €	Resultado Sin Comisiones	51.128,33 €	51.123,96 €	102.252,29 €
Rentabilidad	Sin operar	Sin operar	Sin operar	Rentabilidad	2,26%	2,25%	2,25%
Número de Operaciones	0			Número de Operaciones	8		
Comisiones	0,00 €			Comisiones	608,57 €		
Resultado Con comisiones	Sin realizar operaciones			Resultado Con comisiones	101.643,72 €		
Rentabilidad	Sin realizar operaciones			Rentabilidad	1,64%		

Tabla 59. Resultados Prueba 2 (MBG) COP-BRL

**Análisis de resultados:**

- Tal y como señalamos anteriormente no hay operaciones fuera de las bandas de dos desviaciones típicas respecto de su media histórica.
- Por otro lado, la utilización de un filtro de distancia de una desviación típica, nos ha generado una rentabilidad del 1,644%, realizando 8 operaciones y generando unas comisiones por operaciones total de 608,57€.

<b>Resultados Prueba 2 (MBG): COP -BRL</b>			
<b>Bandas óptimas</b>	<b>COP</b>	<b>BRL</b>	<b>Cartera</b>
<b>Inversión inicial</b>	50.000,00 €	50.000,00 €	100.000,00 €
<b>Resultado Sin Comisiones</b>	49.972,53 €	50.247,32 €	100.219,84 €
<b>Rentabilidad</b>	-0,05%	0,49%	0,220%

<b>Número de Operaciones</b>	8
<b>Comisiones</b>	600,12
<b>Resultado Con comisiones</b>	99.619,73 €
<b>Rentabilidad</b>	-0,380%

**Tabla 60. Prueba 2 (MBG) COP-BRL**

**Análisis de los resultados de los filtros óptimos de distancia.**

- Utilizando los filtros óptimos donde se concentra el 90% de la distribución de la serie de ratio de precio durante el segundo periodo de formación, se han generado ocho operaciones, produciendo unas comisiones de 600,12 €, y una pérdida de 0,380%

## 4 ARBITRAJE ESTADÍSTICO

### 4.1 Arbitraje Estadístico por Cointegración

Formalmente, se dice que un vector de series de tiempo  $Y_t$  está cointegrado si i) cada una de las series individualmente son  $I(1)$ , es decir tienen un orden de integración de 1 por lo tanto presentan raíz unitaria; pero, ii) entre ellas existe alguna combinación lineal  $\alpha'Y_t$  tal que el resultado es estacionaria  $I(0)$ , siendo  $\alpha$  el denominado vector de cointegración (Hamilton, 1994).

La cointegración implica que pequeñas perturbaciones provocan cambios permanentes en las series individuales, lo que hace impredecible su movimiento ( $\Delta$ ) individualmente, pero a la vez existe una relación de equilibrio de largo plazo estable que vincula los componentes individuales, la cual no permite que se separen sistemáticamente, y que es representada por la combinación lineal  $\alpha'Y_t$ , por lo que las series comparten tendencias (deterministas o estocásticas) comunes.

El arbitraje estadístico trata de aprovechar dichas tendencias comunes entre variables (en este caso, los precios de activos) para ajustar estrategias de compra y venta de activos cuando exista periodos en los que la relación de equilibrio no se esté cumpliendo. Como señalan Banerjee et al. (1993) el análisis de cointegración es poderoso pues permite

establecer relaciones de equilibrio largo plazo, entre variables que en forma individual no son estacionarias.

El análisis de cointegración tiene ventajas sobre otras técnicas, en tanto que permite, en primera instancia, y esto es lo más importante, establecer relaciones de largo plazo entre diferentes series; en segunda instancia, evita la manipulación de los datos, como podría ocurrir con la construcción de algunos indicadores, como por ejemplo proporciones entre activos financieros y reales, o restringirnos al simple análisis de flujos entre estos dos sectores, lo cual puede atender a causas de corto plazo y no largo plazo. El estudio de las relaciones de largo plazo, permite establecer hipótesis sobre si un fenómeno es permanente o bien, sólo se trata de un fenómeno pasajero.

El objetivo de esta sección es aprovechar el concepto de equilibrio de largo plazo estable (reversión a la media) para ajustar estrategias de compra y venta de activos cuando existen periodos en los que la relación de equilibrio no se esté cumpliendo

Para formalizar una estrategia de pares mediante las técnicas econométricas de cointegración es necesario evaluar aspectos como la no estacionariedad, la dirección de la causalidad a lo Granger, la estructura de rezagos y evaluar la existencia de una relación de cointegración entre los pares seleccionados.

#### 4.1.1 Pruebas de No Estacionariedad

Hamilton (1994) sostiene que el proceso estocástico  $Y_t$  es estacionario en covarianza o estacionario en sentido débil, si la media  $\mu_t$  ni la autocovarianza  $\gamma_{jt}$ , no dependen del tiempo  $t$ , es decir:

$$\begin{aligned}
 E(Y_t) &= \mu && \text{para todo } t \\
 E(Y_t - \mu)(Y_{t-j} - \mu) &= \gamma_j && \text{para todo } t \text{ y cualquier } j
 \end{aligned}$$

La estacionariedad en sentido débil es la que se evaluará mediante los test más conocidos y los más potentes. La estacionariedad en sentido estricto no será tomada en cuenta. A continuación se mencionan algunos de los test más utilizados y potentes:



#### 4.1.1.1 Test de Dickey Fuller Aumentado

Dado un proceso autorregresivo de primer orden:

$$y_t = \rho y_{t-1} + x'_t \delta + \epsilon_t$$

Un test de Dickey Fuller (DF) estándar utiliza un estadístico de t-Student estándar para evaluar la significancia o no del coeficiente asociado al componente autorregresivo ( $\alpha$ ) de la siguiente ecuación modificada (que es la primera ecuación al que se le sustrae  $y_{t-1}$  a cada lado):

$$\Delta y_t = \alpha y_{t-1} + x'_t \delta + \epsilon_t$$

La hipótesis nula es  $H_0: \alpha = 0$ , es decir  $\rho - 1 = 0$ , y la hipótesis alternativa es  $H_1: \alpha < 0$ , ó  $\rho < 1$ . Si se rechaza la hipótesis nula entonces el procesos autorregresivo sería estacionario, en caso no se pueda rechazar la hipótesis nula entonces la serie tendría raíz unitaria.

No obstante, Dickey-Fuller (1979) mostraron que bajo la hipótesis nula de presencia de raíz unitaria, el estadístico de DF no se distribuye como una convencional t-Student. Ellos derivaron resultados asintóticos y otros valores críticos simulados, distintos a los valores críticos de la distribución t-Student, para varios tamaños de muestra. Más recientemente, MacKinnon (1991, 1996) implemento un set de simulaciones mucho más grande. Los valores críticos de MacKinnon son las utilizadas en este documento para evaluar la presencia de raíz unitaria.

Una generalización del procedimiento para procesos autorregresivos de mayor orden de rezagos es el test de Dickey Fuller Aumentado (ADF), cuya especificación para evaluar la presencia de raíz unitaria es:

$$\Delta y_t = \alpha y_{t-1} + x'_t \delta + \beta_1 \Delta y_{t-1} + \beta_2 \Delta y_{t-2} + \dots + \beta_p \Delta y_{t-p} + v_t$$

Siendo la hipótesis la misma que en el caso estándar y cuyo estadístico se distribuye como una t-Student.

#### 4.1.1.2 Test de Phillips Perron

El test de Phillips y Perron (1988) es un test no paramétrico en el que se estima un ecuación de tipo DF estándar, pero que cuyo estadístico es modificado para controlar la presencia de correlación serial en los errores. El estadístico de Phillips y Perron es:

$$\tilde{t}_\alpha = t_\alpha \left( \frac{\gamma_0}{f_0} \right)^{1/2} - \frac{T(f_0 - \gamma_0)(se(\hat{\alpha}))}{2f_0^{1/2}S}$$

Para estimar la función no paramétrica  $f_0$  se puede emplear kernels o densidad espectral. Asimismo, el estadístico se distribuye asintóticamente como el test ADF. La hipótesis nula sigue siendo la presencia de raíz unitaria.

#### 4.1.1.3 Test de Dickey Fuller sin tendencia GLS

Este test presentado por Elliot, Rothenberg, and Stock (1996) propone una simple modificación al test DFA. ERS definen una cuasidiferencia  $y_t$  que depende del valor  $\alpha$ :

$$\Delta y_t^d = \alpha y_{t-1}^d + \beta_1 \Delta y_{t-1}^d + \beta_2 \Delta y_{t-2}^d + \dots + \beta_p \Delta y_{t-p}^d + v_t$$

Siendo  $y_t^d = y_t - x_t' \hat{\delta}_{(\bar{\alpha})}$ , y  $\bar{\alpha}$  depende del tipo de tendencia de la serie. Los valores críticos a este test han sido simulados por Mackinnon e interpolados por ERS. En este caso, la hipótesis nula sigue siendo la no estacionariedad o presencia de raíz unitaria.

#### 4.1.1.4 Test de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt y Shin (KPSS)

El test de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt y Shin (1992), se diferencia del resto de test de raíz unitaria, debido a que la hipótesis nula del test es la estacionariedad. El test está basado en los residuos de la siguiente regresión de MCO:

$$y_t = x_t' \delta + u_t$$

El estadístico para contrastar la hipótesis nula de estacionariedad es el estadístico LM:

$$LM = \sum_t \frac{S(t)^2}{T^2 f_0}$$

Donde  $f_0$  es el estimador del residuo espectral en la frecuencia 0. Los valores críticos del estadístico LM están basados en los resultados asintóticos presentado por los autores.

#### 4.1.2 Causalidad a lo Granger

Como nuestro objetivo es proyectar los rendimientos de los activos y la ecuación de cointegración, una pregunta importante es saber si la variable  $X$  nos ayuda en la proyección de la variable  $Y$ , en caso no fuera así se dice que  $X$  no causa a lo Granger a  $Y$ ; ó, alternativamente, que  $Y$  es exógeno de  $X$  (Hamilton, 1994).

Formalmente,  $X$  falla en causar a lo Granger a  $Y$ , si para todo  $s > 0$  el Error Cuadrático Medio (MSE) de la proyección de  $Y_{t+s}$  basada en  $(X_t, X_{t-1}, X_{t-2}, \dots)$  es igual al MSE de la proyección de  $Y_{t+s}$  basada en  $(X_t, X_{t-1}, X_{t-2}, \dots)$  e  $(Y_t, Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots)$ :

$$MSE[E(\hat{Y}_{t+s}|X_t, X_{t-1}, \dots)] = MSE[E(\hat{Y}_{t+s}|X_t, X_{t-1}, \dots, Y_t, Y_{t-1}, \dots)]$$

Para evaluar la causalidad a lo Granger se utiliza una prueba F cuya hipótesis nula es que la variable  $X$  no causa a lo Granger a  $Y$ , por contraparte, la hipótesis alternativa es que la variable  $X$  causa a lo Granger a  $Y$ .

#### 4.1.3 Procedimiento de Engle y Granger

De acuerdo a la definición de Engle y Granger (1987), “*los componentes del vector  $X_t$  se dice que son cointegrados de orden  $d, b$ , denotado por  $X_t \sim CI(d, b)$ , (i) si todos los componentes de  $X_t$  son  $I(d)$ ; (ii) existe un vector  $a(0)$  tal que  $Z_t = \alpha' X_t \sim I(d-b)$ ,  $b > 0$ . el vector  $a$  es llamado el vector de cointegración*”.

En otras palabras considérese que dos variables  $X_t, Y_t$  son integradas de orden  $I(1)$ . Entonces si existe un  $\alpha$  que permite que  $X_t - \alpha Y_t$  sea  $I(0)$  entonces ambas variables son cointegradas,  $CI(1,1)$ . Esto significa que la ecuación de regresión cointegrante  $X_t - \alpha Y_t$  tiene sentido, y que ambas variables no se alejan una de la otra en el largo plazo.

El método de Engle–Granger permite establecer relaciones de equilibrio entre dos variables únicamente, pero el procedimiento de Engle–Granger, posee algunas ventajas:

- 1) Unicidad del vector de cointegración,
- 2) La superconsistencia de  $\alpha$ . El estimador  $\alpha$  converge a su valor absoluto, valor verdadero a la tasa  $T$  (superconsistencia) en vez de la tasa habitual  $\sqrt{T}$  (consistencia).
- 3) El hecho de que  $X_t$  e  $Y_t$  sean cointegradas permite la construcción del modelo de corrección del error, MCE, permite la estimación de  $\alpha$  se pueda sustituir en el MCE. Y estimar el MCE por mínimos cuadrados. Esto permite que la estimación de los parámetros del MCE tenga una distribución asintótica tal como si  $\alpha$  fuera conocido. (Maddala, 2000).

Los pasos a seguir en el procedimiento de Engle–Granger son: a) determinar el orden de integración de cada una de las series que corresponden a las variables de estudio, b) realizar la regresión de cointegración para las variables de estudio, c) establecer el orden de integración de los residuos de cada una de las regresiones de cointegración y d) fundamentados en el resultado del paso anterior, aceptar o rechazar la hipótesis nula de cointegración.

#### 4.1.4 Metodología de Johansen

El método de Johansen (1991, 1995) permite establecer relaciones de equilibrio entre dos variables o más de dos variables, o bien entre sistemas de ecuaciones.

Esta metodología utiliza los modelos de Vectores Autorregresivos (VAR) para luego hallar el Vector de Corrección de Errores (VEC). Dada la siguiente especificación:

$$\Delta Y_t = \Theta X_t + \Pi Y_{t-1} + \Gamma_1 Y_{t-1} + \Gamma_2 Y_{t-2} \dots + \epsilon_t$$

El análisis se centra en la matriz  $\Pi$ , que tiene rango  $\rho(\Pi) = r < k$ , que nos indica que existen matrices  $\alpha, \beta$  de orden  $k \times r$ , cada una con rango  $r$ , tal que  $\Pi = \beta\alpha'$  y  $\beta'Y$  sea estacionaria  $I(0)$ . Siendo  $r$  el número de relaciones de cointegración y cada columna de  $\beta$  es un vector de cointegración.

Los elementos de  $\alpha$  son conocidos como los parámetros de ajuste en el vector del modelo de corrección de error.

El método de Johansen consiste en estimar la matriz  $\Pi$  en forma irrestricta, entonces prueba las restricciones para el rango de  $\Pi$ , puesto que el número de vectores de cointegración depende del rango de  $\Pi$ , el que a su vez está en función del número de valores propios no nulos de la matriz  $\Pi$ . Los test que se emplea para evaluar la cointegración son el test de la Traza y el test del máximo valor propio.

El procedimiento de Johansen puede permitirnos considerar sistemas de ecuaciones cointegrantes. Sin embargo, Huang y Yang (1996) señalan que dicho procedimiento mantiene como supuesto que los errores son normalmente independientes, y este supuesto se asume al aplicar la prueba que determina la cointegración entre variables. Por lo que es necesario evaluar el cumplimiento de dichos supuestos al momento de aceptar o rechazar una relación de cointegración.

## 4.2 Análisis Estadístico de la Estrategia de Pares

Para el análisis de la Estrategia de pares por el método de cointegración, en primer lugar se evalúa la presencia de raíz unitaria en las series de precios de los pares de activos seleccionados. En segundo lugar, se estima un modelo VAR auxiliar con un solo rezago (como las series de precios no estacionarias, el modelo VAR es estimado considerando las primeras diferencias de los precios de los pares, es decir es una VAR en función de los rendimientos de los activos seleccionados). Dicho VAR estimado nos permite evaluar la mejor especificación del modelo: i) mediante los test de causalidad a lo Granger (exogeneidad); y, ii) mediante varios criterios (Ratio de Verosimilitud, el Error de Predicción Final, los criterios de información de Akaike, Schwarz y Hannan-Quinn), que nos indicarán el número óptimo de rezagos del modelo VAR; se tendrá la primera especificación del modelo VAR. Este procedimiento es importante porque nos ayuda a ver la estructura temporal en las series financieras, en el caso multivariado. En tercer lugar, considerando la mejor especificación del modelo se estiman la Ecuación de Cointegración (EC) entre las series de precios de los pares de activos, y consecuentemente se estima el modelo de Corrección de Errores (VEC), consistente con la EC. Finalmente, con los pares de activos que cointegran significativamente se proyectará la EC y se tomará posiciones de compra y

venta considerando que dicha EC proyectada se encuentre dentro del filtro de distancia de 1 desviación estándar.

Generalmente, los test para evaluar la presencia de raíz unitaria en las series de precios financieras son innecesarios ya que es conocido que las series financieras no son estacionarias por naturaleza. No obstante, no se conoce con antelación el orden de integración de las series financieras y dado que para la aplicación de los métodos de cointegración se requiere que las series tengan un orden de integración  $I(1)$ . En ese sentido, se evalúa en cada par, el orden de integración de cada uno de los precios de los activos que conforman el referido par.

Los test para evaluar el orden de integración de las series financieras son los test econométricos más potentes: i) el test de Elliott-Rothenberg-Stock DF-GLS (donde la hipótesis nula es la presencia de raíz unitaria en la serie financiera); y, ii) el test de Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS, donde la hipótesis nula es la estacionariedad de la serie).

#### **4.2.1 Análisis del Par 1: CIB- PFBCOLOM:**

Para guardar consistencia con la parte del análisis empírico de la Estrategia de Pares, se dividió las series temporales de precios de los activos financieros en 2 periodos de formación de precios y 2 periodos de evaluación de la inversión. Siendo los periodos de formación de precios el periodo de 31/05/2011 - 31/05/2012 y el periodo 02/01/2013 - 31/12/2013.

Para el caso del par CIB y PFBCOLO se analizó la no estacionariedad en cada periodo de formación de precios:

		Periodo: 31/05/2011 - 31/05/2012			Periodo: 02/01/2013 - 31/12/2013		
Variables		LCOP	LCIB	LPFBCOLO	LCOP	LCIB	LPFBCOLO
		t-Statistic	t-Statistic	t-Statistic	t-Statistic	t-Statistic	t-Statistic
Elliott-Rothenberg-Stock DF-GLS test statistic		-1.036951	-1.632274	-1.882559	0.38124	0.961428	0.313272
Test critical values:	1% level	-2.574134	-2.574134	-2.574134	-2.574208	-2.574208	-2.574208
	5% level	-1.942084	-1.942084	-1.942084	-1.942094	-1.942094	-1.942094
	10% level	-1.615862	-1.615862	-1.615862	-1.615856	-1.615856	-1.615856
*MacKinnon (1996)							
		LM-Stat.	LM-Stat.	LM-Stat.	LM-Stat.	LM-Stat.	LM-Stat.
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic		0.377878	0.395121	0.192186	0.335184	0.100091	0.11789
Asymptotic critical values*:	1% level	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216
	5% level	0.146	0.146	0.146	0.146	0.146	0.146
	10% level	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119
*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1)							

**Tabla 61. Test de Estacionariedad Par 1**

Para el primer periodo de formación de precios, según el test de Elliott-Rothenberg-Stock (el test más potente) se puede concluir que las series (en logaritmos) de los activos LCIB y LPFBCOLO presentan raíz unitaria ya que no se puede rechazar la hipótesis nula de presencia de raíz unitaria (el estadístico de ERS, en valor absoluto, es menor al valor crítico en las tablas de MacKinnon, con un nivel de confianza del 95%). Por su parte, con el test KPSS los resultados son similares, las variables LCIB y LPFBCOLO presentan raíz unitaria porque se rechaza la hipótesis nula de estacionariedad con un nivel de confianza del 95% y 99%, respectivamente (el estadístico KPSS es mayor que el valor crítico calculado en las tablas de Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin, 1992). Para el segundo periodo de formación, los resultados son los mismos.

Luego de evaluar la no estacionariedad y el orden de integración I(1) de las series de precios, se estimó un modelo VAR inicial (tomando los rendimientos del par LCIB y LPFBCOLO). Para especificar el modelo VEC, se testeó la dirección de la causalidad a lo Granger, el test indica que la variable LCIB causa a lo Granger a LPFBCOLO con un nivel de significancia de 10% en el primer periodo de formación de precios y al 1% en el segundo periodo de formación de precios. Mientras que la variable LPFBCOLO no causa a lo Granger a LCIB, es decir es exógena y no agrega valor predictivo al momento de proyectar a LCIB.

Dependent variable: D(LCIB)						
	Periodo: 31/05/2011 - 31/05/2012			Periodo: 02/01/2013 - 31/12/2013		
Excluded	Chi-sq	df	Prob.	Chi-sq	df	Prob.
D(LPFBCOLO)	1.784677	1	0.1816	0.144443	1	0.7039
All	1.784677	1	0.1816	0.144443	1	0.7039

Dependent variable: D(LPFBCOLO)						
	Periodo: 31/05/2011 - 31/05/2012			Periodo: 02/01/2013 - 31/12/2013		
Excluded	Chi-sq	df	Prob.	Chi-sq	df	Prob.
D(LCIB)	3.141568	1	0.0763	19.20343	1	0.0000
All	3.141568	1	0.0763	19.20343	1	0.0000

Tabla 62. Pruebas de Causalidad a lo Granger del Par 1

Mediante los estadísticos del Ratio de Verosimilitud (sequential modified LR test), el Error de Predicción Final (FPE), y los criterios de información de Akaike (AIC), Schwarz (SC) y Hannan-Quinn (HQ) se selecciona el número óptimo de rezagos. Para el primer periodo de formación serán 2 rezagos y para el segundo periodo de formación de precios tendrá 1 rezago.

Periodo de Formación: 31/05/2011 - 31/05/2012							Periodo de Formación: 02/01/2013 - 31/12/2013						
Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ	Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	1442.945	NA	2.20E-08	-11.95805	-11.92913*	-11.9464	0	1502.095	NA	1.21E-08	-12.5531	-12.524	-12.54137
1	1451.924	17.73268	2.11E-08	-11.99937	-11.91261	-11.96441*	1	1526.154	47.51443	1.02E-08	-12.72096	-12.63368*	-12.68579*
2	1458.502	12.88397*	2.06e-08*	-12.02076*	-11.87617	-11.96251	2	1528.198	4.001197	1.04E-08	-12.70458	-12.55912	-12.64597
3	1462.462	7.689912	2.06E-08	-12.02043	-11.81799	-11.93887	3	1532.316	7.995497	1.04E-08	-12.70557	-12.50193	-12.62351
4	1463.681	2.347257	2.11E-08	-11.99735	-11.73708	-11.89249	4	1541.273	17.23916	9.98E-09	-12.74705	-12.48523	-12.64154
5	1465.843	4.126468	2.14E-08	-11.9821	-11.66399	-11.85394	5	1544.246	5.67308	1.01E-08	-12.73846	-12.41845	-12.60951
6	1467.415	2.97414	2.19E-08	-11.96195	-11.586	-11.81048	6	1546.719	4.677464	1.02E-08	-12.72569	-12.34749	-12.57328
7	1472.33	9.217575	2.17E-08	-11.96954	-11.53575	-11.79477	7	1548.62	3.562541	1.04E-08	-12.70812	-12.27174	-12.53227
8	1473.287	1.779559	2.23E-08	-11.94429	-11.45266	-11.74622	8	1557.014	15.59364	1.00E-08	-12.74489	-12.25033	-12.54559
9	1477.167	7.14888	2.23E-08	-11.9433	-11.39383	-11.72193	9	1561.22	7.74272	9.99E-09	-12.74661	-12.19386	-12.52387
10	1480.877	6.77287	2.24E-08	-11.94089	-11.33358	-11.69621	10	1568.946	14.09549*	9.69e-09*	-12.77779*	-12.16687	-12.53161
11	1481.14	0.475285	2.31E-08	-11.90987	-11.24472	-11.6419	11	1570.986	3.687702	9.85E-09	-12.76139	-12.09228	-12.49176
12	1483.072	3.464284	2.35E-08	-11.89272	-11.16973	-11.60144	12	1572.295	2.342558	1.01E-08	-12.73887	-12.01157	-12.44579

Tabla 63 Número de Rezagos óptimo del Par 1

Finalmente, considerando los criterios de causalidad a lo Granger y la estructura del VAR se estima el modelo VEC (con intercepto y sin tendencia en la ecuación de cointegración y con intercepto en el modelo VAR). Pero al evaluar si la relación de cointegración se mantiene con esta especificación sólo el test de traza de Johansen nos indica que hay una relación de cointegración, mientras que el test del máximo valor propio nos indica que no hay cointegración en el primer periodo de formación de precios. En cambio en el segundo periodo de formación, la relación de cointegración se mantiene.



Periodo de Formación: 31/05/2011 - 31/05/2012						Periodo de Formación: 02/01/2013 - 31/12/2013					
Series: LPFBCOLO LCIB Lags interval: 1 to 2 Selected (0.05 level*) Number of Cointegrating Relations by Model						Series: LPFBCOLO LCIB Lags interval: 1 to 1 Selected (0.05 level*) Number of Cointegrating Relations by Model					
Data Trend:	None	None	Linear	Linear	Quadratic	Data Trend:	None	None	Linear	Linear	Quadratic
Test Type	No Intercept	Intercept	Intercept	Intercept	Intercept	Test Type	No Intercept	Intercept	Intercept	Intercept	Intercept
	No Trend	No Trend	No Trend	Trend	Trend		No Trend	No Trend	No Trend	Trend	Trend
Trace	0	0	1	0	0	Trace	0	1	1	0	2
Max-Eig	0	0	0	0	0	Max-Eig	0	1	1	0	0
*Critical values based on MacKinnon-Haug-Michelis (1999)						*Critical values based on MacKinnon-Haug-Michelis (1999)					

**Tabla 64 Test de cointegración del Par 1**

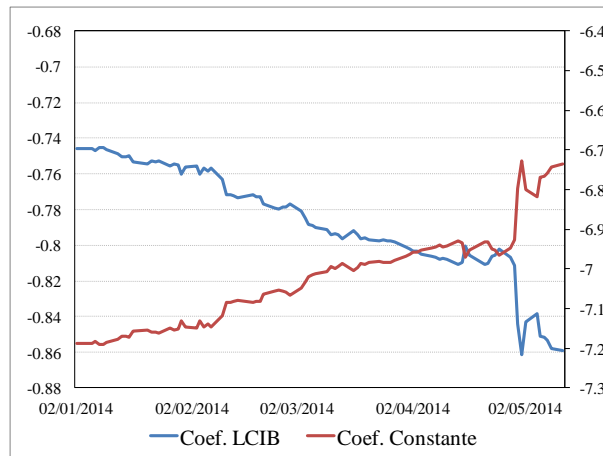
En la medida que existe una relación de cointegración en el segundo periodo de formación, se evaluó las características del modelo VEC estimado. Según el test VEC Residual Portmanteau el modelo no presenta autocorrelación. No obstante, los residuos no son normales. Para nuestro objetivo, la normalidad no es un supuesto importante. Asimismo, Fernandez-Corugedo (2003) argumenta que es más importante que el VAR cumpla con la prueba de errores no autocorrelacionados que con la de normalidad multivariada.

La relación de cointegración estimada es:

$$z = LPFBCOLO - 0.745992 * LCIB - 7.186902$$

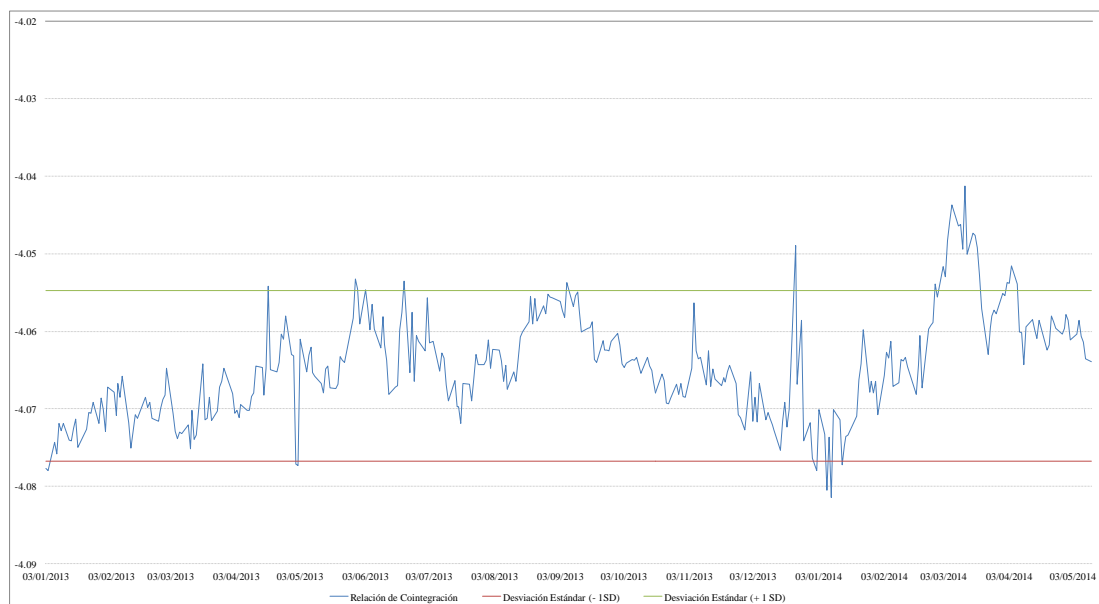
El ratio de cobertura de la relación de cointegración es  $h = 0.746$ , lo que nos permite formar una cartera.

El comportamiento del ratio de cobertura durante el periodo de inversión no es constante, disminuye a medida que pasa el tiempo. Lo que en caso se utilizará una cobertura dinámica tendría que ser el valor asociado en cada periodo. Por su parte el coeficiente constante, muestra el comportamiento opuesto.



**Gráfico 56. Comportamiento del ratio de cobertura de LCIB**

La implementación de la estrategia de trading considerando la relación de cointegración consiste en: i) se calculan el promedio de la relación de cointegración y su desviación estándar, con ellas se calculan las bandas +/- una desviación estándar ii) cuando el z de la relación de cointegración se ubica debajo de la banda inferior es cuando hay que ponerse largo en el portafolio (es decir, comprar el activo LPFBCOLO y vender 0.746 del activo LCIB); y, iii) cuando el z de la relación de cointegración se ubica por encima de la banda superior es cuando hay que ponerse corto en el portafolio (es decir, vender el activo LPFBCOLO y comprar 0.746 del activo LCIB).



**Gráfico 57. Relación de Cointegración Par LPFBCOLO-LCIB**

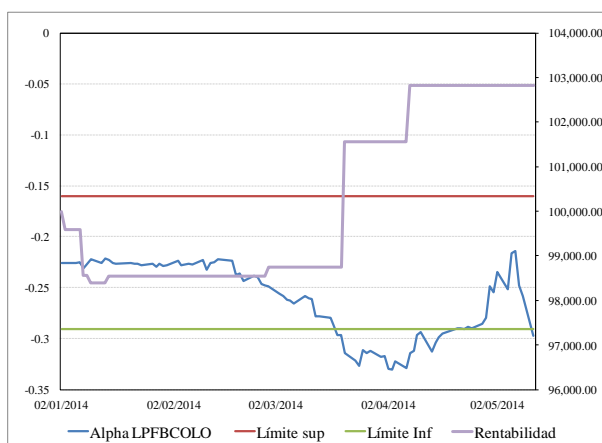
Esta estrategia, utilizando un el filtro de distancia de 1 desviación típica y considerando un coste de comisión 15 pb por operación, obtendría una rentabilidad de 0.74%•

1 Desviación	CIB	PFBCOLOM	Cartera
Inversión inicial	42,725.97	57,274.03	100,000.00
Resultado Sin Comisiones	59,600.31	43,229.61	102,829.92
Rentabilidad	39.49%	-24.52%	2.83%

Número de Operaciones	28
Comisiones	2,090.39
Resultado Con comisiones	100,739.53
Rentabilidad	0.74%

**Tabla 65. Resultados por Cointegración: CIB – PFBCOLO**

No obstante, existen periodos en los que la relación de cointegración no es significativa al momento de predecir los rendimientos de PFBCOLO, como por ejemplo el periodo 19/03/2014 – 17/04/2014 (cuando utilizamos un filtro de distancia de +/- una desviación estándar). Muy próximo a este periodo se realizaron las operaciones de mayor rentabilidad. Asimismo, la ecuación asociada a PFBCOLO del modelo VEC tiene un estadístico F muy alto (entre 6 y 8, durante todo el periodo de inversión). En cambio, en la ecuación asociada a LCIB del modelo VEC tiene un estadístico F relativamente bajo (0.4 a 0.8, durante el periodo de inversión).



**Gráfico 58. Significancia de coeficiente de ajuste asociado a la ecuación PFBCOLO**

### 4.2.2 Análisis del Par 2: CNE-CNEC

Al igual que en el caso anterior, para el par CNE y CNEC se realizan los test econométricos más potentes para evaluar la no estacionariedad, como el test de Elliott-Rothenberg-Stock DF-GLS (1996) y el test Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992).

Variables		Periodo: 28/06/2011 - 27/06/2012			Periodo: 02/01/2013 - 31/12/2013		
		LCOP	LCNE	LCNEC	LCOP	LCNE	LCNEC
		t-Statistic	t-Statistic	t-Statistic	t-Statistic	t-Statistic	t-Statistic
Elliott-Rothenberg-Stock DF-GLS test statistic		-1.067177	0.391895	0.841507	0.380542	1.31008	1.217056
Test critical values:	1% level	-2.574208	-2.574208	-2.574208	-2.574245	-2.574245	-2.574797
	5% level	-1.942094	-1.942094	-1.942094	-1.942099	-1.942099	-1.942176
	10% level	-1.615856	-1.615856	-1.615856	-1.615852	-1.615852	-1.615803
*MacKinnon (1996)							
		LM-Stat.	LM-Stat.	LM-Stat.	LM-Stat.	LM-Stat.	LM-Stat.
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic		0.467768	0.381548	0.525829	1.708231	1.497623	1.563214
Asymptotic critical values*:	1% level	0.739	0.739	0.739	0.739	0.739	0.739
	5% level	0.463	0.463	0.463	0.463	0.463	0.463
	10% level	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347
*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1)							

**Tabla 66 Test de Estacionariedad Par 2**

En el primer periodo de formación, según el test de Elliott-Rothenberg-Stock los precios de los activos financieros LCNE y LCNEC presentan raíz unitaria porque no se puede rechazar la hipótesis nula de no estacionariedad (el estadístico de ERS, en valores absolutos, es menor al valor crítico en las tablas de MacKinnon, con un nivel de confianza del 95%). Por su parte, con el test KPSS los resultados no son tan contundentes, la variable LCNE presenta raíz unitaria porque se rechaza la hipótesis nula de estacionariedad con un nivel de confianza del 95%; en cambio, la variable LCNEC al parecer es estacionaria ya que no se puede rechazar la hipótesis nula con un nivel de confianza del 95% (cabe señalar, que la hipótesis nula de estacionariedad del test KPSS se rechaza al nivel de confianza del 99%).

En cambio, en el segundo periodo de formación, tanto con el test de ERS y el test KPSS, se concluye que las series de precios de los activos financieros LCNE y LCNEC presentan raíz unitaria.

Luego de evaluar la no estacionariedad de las series de precios, se estimó un modelo VAR inicial (tomando las primeras diferencias de las variables) con el objeto de evaluar la estructura del VAR, el sentido de la causalidad a la Granger y seleccionar el número óptimo de rezagos.

Para especificar el modelo, el test de causalidad a lo Granger indica que para el primer periodo de formación de precios, ambas variables (CNE y CNEC) presentan una relación de causalidad a lo Granger mutua. Pero en el segundo periodo de formación, la variable LCNEC causa a lo Granger a LCNE con un nivel de significancia de 1%. Mientras que la variable LCNE no agrega valor predictivo a LCNEC.

Dependent variable: D(LCNE)						
	Periodo: 28/06/2011 - 27/06/2012			Periodo: 02/01/2013 - 31/12/2013		
Excluded	Chi-sq	df	Prob.	Chi-sq	df	Prob.
D(LCNEC)	6.255667	1	0.0124	14.40595	1	0.0001
All	6.255667	1	0.0124	14.40595	1	0.0001

Dependent variable: D(LCNEC)						
	Periodo: 28/06/2011 - 27/06/2012			Periodo: 02/01/2013 - 31/12/2013		
Excluded	Chi-sq	df	Prob.	Chi-sq	df	Prob.
D(LCNE)	8.616864	1	0.0033	0.16988	1	0.6802
All	8.616864	1	0.0033	0.16988	1	0.6802

**Tabla 67 Pruebas de Causalidad a lo Granger del Par 2**

Por otro lado, mediante los estadísticos del Ratio de Verosimilitud (sequential modified LR test), el Error de Predicción Final (FPE), y los criterios de información de Akaike (AIC), Schwarz (SC) y Hannan-Quinn (HQ) se evaluó el número óptimo de rezagos para la especificación del modelo. Para el periodo de formación 28/06/2011 - 27/06/2012, los criterios indican que el orden del VAR puede ser con 4 rezagos (según los test de LR, FPE, AIC, HQ) o con 2 rezagos (según los criterios de SC). En cambio, para el periodo de formación de 02/01/2013 - 31/12/2013, unos criterios indican que el orden del VAR sería 3 (de FPE y AIC) y otros 2 rezagos (SC y HQ).

Periodo de Formación: 28/06/2011 - 27/06/2012							Periodo de Formación: 02/01/2013 - 31/12/2013						
Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ	Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	995.5427	NA	8.40E-07	-8.314165	-8.285073	-8.302442	0	1023.914	NA	1.68E-07	-9.921498	-9.889188	-9.908431
1	1027.534	63.17986	6.65E-07	-8.548404	-8.461128	-8.513234	1	1046.684	44.87575	1.40E-07	-10.10373	-10.0068	-10.06452
2	1046.339	36.82335	5.87E-07	-8.672295	-8.526837*	-8.61368	2	1057.513	21.13369	1.31E-07	-10.17003	-10.00849*	-10.10470*
3	1053.266	13.44756	5.73E-07	-8.696786	-8.493144	-8.614724	3	1062.26	9.170771	1.30E-07*	-10.17728*	-9.951116	-10.08581
4	1060.843	14.58399*	5.56E-07*	-8.726722*	-8.464896	-8.621214*	4	1064.134	3.583291	1.33E-07	-10.15664	-9.865852	-10.03903
5	1062.566	3.287306	5.67E-07	-8.707667	-8.387658	-8.578712	5	1065.835	3.220751	1.36E-07	-10.13432	-9.778914	-9.990581
6	1064.949	4.507109	5.75E-07	-8.694138	-8.315945	-8.541736	6	1068.083	4.212593	1.38E-07	-10.11731	-9.697287	-9.947439
7	1066.787	3.443766	5.85E-07	-8.676039	-8.239662	-8.500191	7	1070.662	4.78188	1.40E-07	-10.10351	-9.618869	-9.907506
8	1069.398	4.850952	5.92E-07	-8.664417	-8.169857	-8.465123	8	1073.643	5.470154	1.42E-07	-10.09362	-9.544358	-9.87148
9	1071.536	3.936693	6.01E-07	-8.648838	-8.096095	-8.426098	9	1074.086	0.803861	1.47E-07	-10.05908	-9.445203	-9.810809
10	1073.789	4.109325	6.10E-07	-8.634216	-8.023289	-8.388029	10	1078.272	7.519283	1.47E-07	-10.06089	-9.382394	-9.786485
11	1074.741	1.721837	6.26E-07	-8.608714	-7.939604	-8.339081	11	1078.684	0.731664	1.52E-07	-10.02606	-9.282938	-9.725514
12	1077.321	4.619252	6.34E-07	-8.596827	-7.869533	-8.303747	12	1087.068	14.73295*	1.46E-07	-10.06862	-9.260882	-9.741943

**Tabla 68 Número de Rezagos óptimo del Par 2**

Finalmente, considerando la especificación de acuerdo a los test anteriores se estima el modelo VEC (con intercepto y sin tendencia en la ecuación de cointegración y con intercepto en el modelo VAR). Y se evalúa si la relación de cointegración se mantiene con esta especificación. En el primer periodo de formación el test de traza y del máximo valor propio de Johansen nos indica que hay una relación de cointegración, mientras que en el segundo periodo de formación nos indican que existe una relación de cointegración si se especifica intercepto y tendencia en la EC.

Periodo de Formación: 28/06/2011 - 27/06/2012						Periodo de Formación: 02/01/2013 - 31/12/2013					
Series: LCNE LCNEC Lags interval: 1 to 4 Selected (0.05 level*) Number of Cointegrating Relations by Model						Series: LCNE LCNEC Lags interval: 1 to 4 Selected (0.05 level*) Number of Cointegrating Relations by Model					
Data Trend:	None	None	Linear	Linear	Quadratic	Data Trend:	None	None	Linear	Linear	Quadratic
Test Type	No Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept Trend	Intercept Trend	Test Type	No Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept Trend	Intercept Trend
Trace	0	0	0	1	1	Trace	0	0	0	0	1
Max-Eig	0	0	0	1	1	Max-Eig	0	0	0	0	1
*Critical values based on MacKinnon-Haug-Michelis (1999)						*Critical values based on MacKinnon-Haug-Michelis (1999)					

**Tabla 69 Test de cointegración del Par 2**

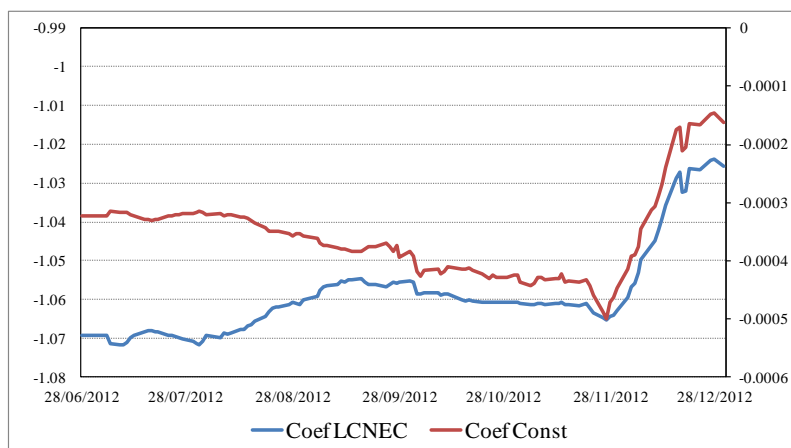
En la medida que existe una relación de cointegración en el segundo periodo de formación, se evaluó las características del modelo VEC estimado. Según el test VEC Residual Portmanteau el modelo no presenta autocorrelación. No obstante, los residuos no son normales. Para nuestro objetivo, la normalidad no es un supuesto importante. Asimismo, Fernandez-Corugedo (2003) argumenta que es más importante que el VAR cumpla con la prueba de errores no autocorrelacionados que con la de normalidad multivariada.

La relación de cointegración estimada es:

$$z = LCNE - 1.069301 * LCNEC - 0.000322 * t + 8.208876$$

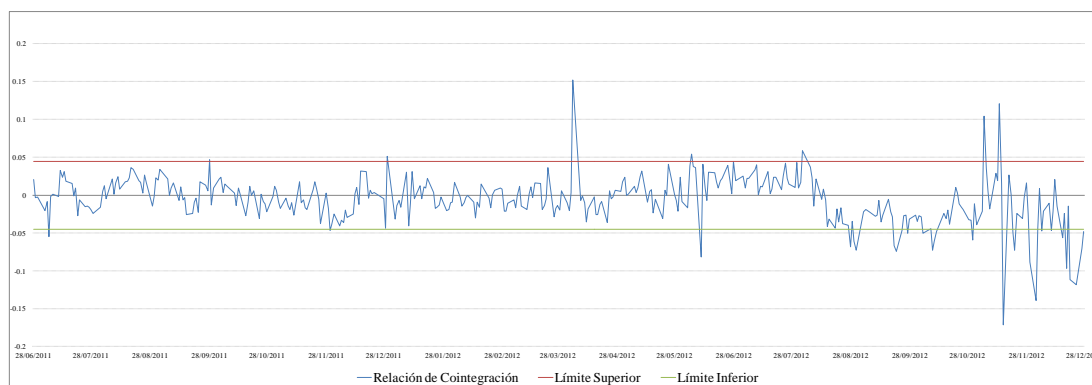
El ratio de cobertura de la relación de cointegración es  $h = 1.069$ , lo que nos permite formar una cartera.

El comportamiento del ratio de cobertura durante el periodo de inversión es relativamente constante, para luego aumentar en el último tramo. Lo que en caso se utilizará una cobertura dinámica tendría que ser el valor asociado en cada periodo. Por su parte el coeficiente constante, muestra un comportamiento muy similar.



**Gráfico 59. Comportamiento del ratio de cobertura de LCNEC**

La implementación de la estrategia de trading considerando la relación de cointegración consiste en: i) se calculan el promedio de la relación de cointegración y su desviación estándar, con ellas se calculan las bandas +/- una desviación estándar ii) cuando el z de la relación de cointegración se ubica debajo de la banda inferior es cuando hay que ponerse largo en el portafolio (es decir, comprar el activo LCNE y vender 1.063 del activo LCNEC); y, iii) cuando el z de la relación de cointegración se ubica por encima de la banda superior es cuando hay que ponerse corto en el portafolio (es decir, vender el activo LCNE y comprar 1.063 del activo LCNEC).



**Gráfico 60. Relación de Cointegración Par LCNE-LCNEC**

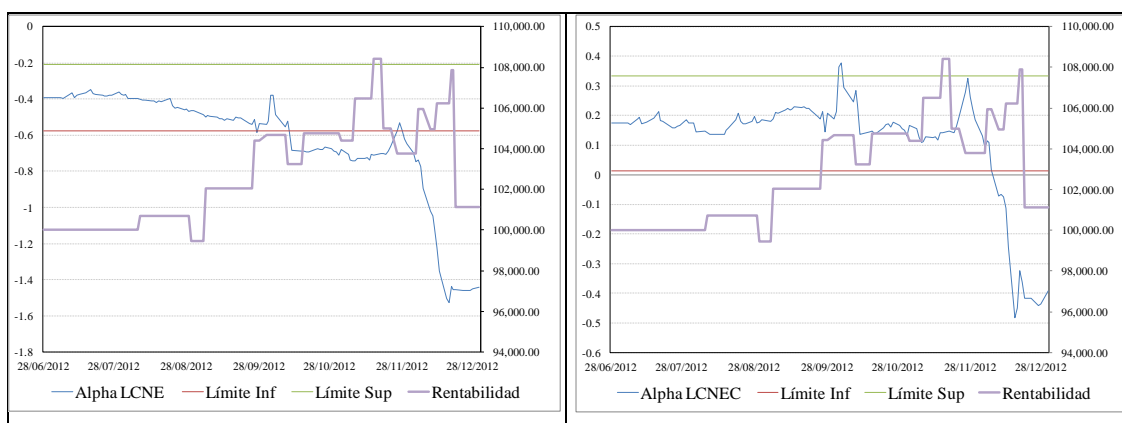
Esta estrategia, utilizando un el filtro de distancia de 1 desviación típica y considerando un coste de comisión 15 pb por operación, se obtendría una pérdida de 4.35%.

1 Desviación	CNE	CNEC	Cartera
Inversión inicial	50,000.00	50,000.00	100,000.00
Resultado Sin Comisiones	48,868.98	52,255.65	101,124.64
Rentabilidad	-2.26%	4.51%	1.12%

Número de Operaciones	34
Comisiones	5,470.38
Resultado Con comisiones	95,654.25
Rentabilidad	-4.35%

**Tabla 70. Resultados por Cointegración: CNE – CNEC**

No obstante, existen periodos en los que la relación de cointegración no es significativa al momento de predecir los rendimientos de CNE, como por ejemplo el periodo 11/10/2012 – 26/11/2012 y 29/11/2012 – 31/12/2012 (cuando utilizamos un filtro de distancia de +/- una desviación estándar). Durante esos periodos se realizaron operaciones donde se obtuvieron las mayores pérdidas. Asimismo, la ecuación asociada a CNE del modelo VEC tiene un estadístico F muy alto (entre 4 y 7, durante todo el periodo de inversión). En cambio, en la ecuación asociada a CNEC del modelo VEC tiene un estadístico F relativamente bajo (2 a 5, durante el periodo de inversión).



**Gráfico 61. Significancia de coeficiente de ajuste asociado a las EC de CNE y CNEC**

### 4.2.3 Análisis del Par 3: FOX- TWC

El procedimiento es el mismo que en los pares anteriores, se evaluó el orden de integración de las series de precios de los activos financieros FOX y TWC. Según el test de Elliott-Rothenberg-Stock y considerando un nivel de significancia de 5%, se concluye que ambas precios presentan raíz unitaria en los 2 periodos de formación de precios porque no se puede rechazar la hipótesis nula de presencia de raíz unitaria (el estadístico de ERS, en términos



absolutos, es menor al valor crítico en las tablas de MacKinnon). Por su parte, con el test KPSS los resultados son igual de contundentes, considerando un nivel de significancia del 5%, en ambos periodos de formación de precios los precios de los activos presentan raíz unitaria porque se rechaza la hipótesis nula de estacionariedad con un nivel de confianza del 95% (el estadístico KPSS, en términos absolutos, es mayor que el valor crítico calculado en las tablas de Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin).

Variables		Periodo: 31/05/2011 - 31/05/2012		Periodo: 02/01/2013 - 31/12/2013	
		LFOX	LTWC	LFOX	LTWC
		t-Statistic	t-Statistic	t-Statistic	t-Statistic
Elliott-Rothenberg-Stock DF-GLS test statistic		-1.667316	-1.119917	0.855526	0.284821
Test critical values:	1% level	-2.574245	-2.574134	-2.574208	-2.574208
	5% level	-1.942099	-1.942084	-1.942094	-1.942094
	10% level	-1.615852	-1.615862	-1.615856	-1.615856
*MacKinnon (1996)					
		LM-Stat.	LM-Stat.	LM-Stat.	LM-Stat.
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic		1.644885	0.618208	1.946919	1.760368
Asymptotic critical values*:	1% level	0.739	0.739	0.739	0.739
	5% level	0.463	0.463	0.463	0.463
	10% level	0.347	0.347	0.347	0.347
*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1)					

**Tabla 71 Test de Estacionariedad Par 3**

Mediante un modelo VAR inicial estimado (tomando las primeras diferencias de las variables), en primer lugar, se evaluó la causalidad a lo Granger. Dicho test indica que la variable FOX y TWC no se causa a lo Granger mutuamente con un nivel de significancia de 5%. El resultado es el mismo en ambos periodos de formación de precios.

Dependent variable: D(LFOX)						
Excluded	Periodo: 31/05/2011 - 31/05/2012			Periodo: 02/01/2013 - 31/12/2013		
	Chi-sq	df	Prob.	Chi-sq	df	Prob.
D(LTWC)	1.636992	1	0.2007	0.108614	1	0.7417
All	1.636992	1	0.2007	0.108614	1	0.7417
Dependent variable: D(LTWC)						
Excluded	Periodo: 31/05/2011 - 31/05/2012			Periodo: 02/01/2013 - 31/12/2013		
	Chi-sq	df	Prob.	Chi-sq	df	Prob.
D(LFOX)	2.223537	1	0.1359	0.013448	1	0.9077
All	2.223537	1	0.1359	0.013448	1	0.9077

**Tabla 72 Pruebas de Causalidad a lo Granger del Par 3**

Otro resultado importante es la estructura del VAR, los estadísticos del Ratio de Verosimilitud (sequential modified LR test), el Error de Predicción Final (FPE), y los

critérios de información de Akaike (AIC), Schwarz (SC) y Hannan-Quinn (HQ) nos indican que el número de rezagos óptimo es 0 en ambos periodos de formación.

Periodo de Formación: 31/05/2011 - 31/05/2012							Periodo de Formación: 02/01/2013 - 31/12/2013						
Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ	Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	1247.163	NA	1.12E-07	-10.3333	-10.30439*	-10.32165*	0	1365.36	NA*	3.80e-08*	-11.40887*	-11.37978*	-11.39715*
1	1250.777	7.137897	1.12E-07	-10.3301	-10.24334	-10.29515	1	1367.681	4.582315	3.86E-08	-11.39482	-11.30754	-11.35965
2	1256.133	10.48879	1.11E-07	-10.34135	-10.19675	-10.28309	2	1369.979	4.500174	3.91E-08	-11.38058	-11.23512	-11.32196
3	1260.627	8.727935	1.10e-07*	-10.34545*	-10.14302	-10.2639	3	1370.72	1.43949	4.02E-08	-11.35331	-11.14967	-11.27125
4	1261.115	0.938873	1.13E-07	-10.31631	-10.05603	-10.21145	4	1373.122	4.622439	4.08E-08	-11.33993	-11.07811	-11.23442
5	1267.34	11.88292*	1.11E-07	-10.33478	-10.01666	-10.20661	5	1376.641	6.714265	4.09E-08	-11.33591	-11.0159	-11.20695
6	1270.246	5.49763	1.12E-07	-10.32569	-9.94974	-10.17423	6	1377.685	1.974786	4.20E-08	-11.31117	-10.93298	-11.15877
7	1271.22	1.82601	1.15E-07	-10.30058	-9.866785	-10.12581	7	1379.64	3.664628	4.27E-08	-11.29406	-10.85769	-11.11821
8	1273.511	4.259433	1.17E-07	-10.2864	-9.794767	-10.08833	8	1380.314	1.25218	4.39E-08	-11.26623	-10.77167	-11.06694
9	1276.49	5.488727	1.18E-07	-10.27793	-9.728457	-10.05656	9	1382.857	4.681108	4.44E-08	-11.25403	-10.70129	-11.03129
10	1280.167	6.713047	1.18E-07	-10.27525	-9.667937	-10.03057	10	1383.567	1.295202	4.57E-08	-11.2265	-10.61558	-10.98032
11	1282.519	4.255205	1.20E-07	-10.26157	-9.596422	-9.993594	11	1385.516	3.522425	4.65E-08	-11.20934	-10.54023	-10.9397
12	1286.139	6.489254	1.20E-07	-10.25842	-9.535431	-9.96714	12	1389.166	6.535925	4.66E-08	-11.20641	-10.47911	-10.91333

Tabla 73 Número de Rezagos óptimo del Par 3

Los test anteriores nos dan indicios que entre las variables FOX y TWC no hay una relación estadísticamente que se aproveche en la estrategia de pares. No obstante, se estimó el modelo VEC (con intercepto y sin tendencia en la ecuación de cointegración y con intercepto en el modelo VAR) para evaluar si existe alguna relación de cointegración. Como era de esperar, los test de traza y el test del máximo valor propio nos indican que no hay cointegración en el segundo periodo de formación de precios.

Periodo de Formación: 31/05/2011 - 31/05/2012						Periodo de Formación: 02/01/2013 - 31/12/2013					
Series: LFOXLTWC Lags interval: 1 to 3 Selected (0.05 level*) Number of Cointegrating Relations by Model						Series: LFOXLTWC Lags interval: 1 to 1 Selected (0.05 level*) Number of Cointegrating Relations by Model					
Data Trend:	None	None	Linear	Linear	Quadratic	Data Trend:	None	None	Linear	Linear	Quadratic
Test Type	No Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept Trend	Intercept Trend	Test Type	No Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept Trend	Intercept Trend
Trace	0	0	0	1	1	Trace	1	0	0	0	2
Max-Eig	0	0	0	1	1	Max-Eig	0	0	0	0	0
*Critical values based on MacKinnon-Haug-Michelis (1999)						*Critical values based on MacKinnon-Haug-Michelis (1999)					

Tabla 74 Test de cointegración del Par 3

Se concluye que en este par no se puede realizar arbitraje estadístico.

#### 4.2.4 Análisis del Par 4: COP- BRL

Para el Par COP y BRL, al igual que en los pares anteriores, mediante los test econométricos más potentes se evaluó la no estacionariedad y el orden de integración de los tipos de cambio

de las currencies, con el test de Elliott-Rothenberg-Stock DF-GLS y el test Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin.

Para el primer periodo de formación de precios, según el test de Elliott-Rothenberg-Stock (el test más potente) la presencia de raíz unitaria en los 2 tipos de cambio no se puede rechazar ya que el estadístico de ERS, en términos absolutos, es menor al valor crítico en las tablas de MacKinnon, con un nivel de confianza del 99%.

Por su parte, con el test KPSS los resultados no son tan contundentes, para el caso del tipo de cambio LCOP, solo se puede rechaza la hipótesis nula de estacionariedad con un nivel de confianza del 90%; en cambio, en el caso de LBRL la no estacionariedad se rechaza con un nivel de confianza del 99% (el estadístico KPSS, en términos absolutos, es mayor que el valor crítico calculado en las tablas de Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin).

Con respecto al segundo periodo de formación de precios, el test de Elliott-Rothenberg-Stock, al igual que en el periodo anterior, la presencia de raíz unitaria en los 2 tipos de cambio no se puede rechazar ya que el estadístico de ERS, en términos absolutos, es menor al valor crítico en las tablas de MacKinnon, con un nivel de confianza del 99%.

Por su parte, para este segundo periodo el test KPSS si arroja resultados contundentes, tanto el tipo de cambio LCOP y el tipo de cambio LBRL presentan raíz unitaria ya que se rechaza la hipótesis nula de estacionariedad con un nivel de confianza del 99% (el estadístico KPSS, en términos absolutos, es mayor que el valor crítico calculado en las tablas de Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin).

Variables	Periodo 31/05/2011 - 31/05/2012		Periodo 02/01/2013 - 31/12/2013	
	LCOP	LBRL	LCOP	LBRL
	t-Statistic	t-Statistic	t-Statistic	t-Statistic
Elliott-Rothenberg-Stock DF-GLS test statistic	-1.037537	0.524574	0.390325	0.006097
Test critical values:	1% level	-2.573852	-2.573852	-2.573956
	5% level	-1.942045	-1.942045	-1.942059
	10% level	-1.615888	-1.615888	-1.615878
*MacKinnon (1996)				
	LM-Stat.	LM-Stat.	LM-Stat.	LM-Stat.
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic	0.402329	1.464101	1.750264	1.700758
Asymptotic critical values*:	1% level	0.739	0.739	0.739
	5% level	0.463	0.463	0.463
	10% level	0.347	0.347	0.347
*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1)				

**Tabla 75 Test de Estacionariedad Par 4**

Luego de evaluar la no estacionariedad de las series del tipo de cambio, se estimó un modelo VAR inicial (tomando las primeras diferencias de las variables) para aplicar el test de causalidad a lo Granger, el cual indica que la variable LBRL causa a lo Granger al tipo de cambio LCOP con un nivel de significancia de 1%. Mientras que la variable LCOP no causa a la Granger al tipo de cambio LBRL.

Dependent variable: D(LCOP)						
Excluded	Periodo: 31/05/2011 - 31/05/2012			Periodo: 02/01/2013 - 31/12/2013		
	Chi-sq	df	Prob.	Chi-sq	df	Prob.
D(LBRL)	21.83301	1	0	6.603439	1	0.0102
All	21.83301	1	0	6.603439	1	0.0102
Dependent variable: D(LBRL)						
Excluded	Periodo: 31/05/2011 - 31/05/2012			Periodo: 02/01/2013 - 31/12/2013		
	Chi-sq	df	Prob.	Chi-sq	df	Prob.
D(LCOP)	1.305183	1	0.2533	3.848552	1	0.0498
All	1.305183	1	0.2533	3.848552	1	0.0498

**Tabla 76 Pruebas de Causalidad a lo Granger del Par 4**

Asimismo, con el VAR inicial estimado se evaluó con los estadísticos del Ratio de Verosimilitud (sequential modified LR test), el Error de Predicción Final (FPE), y los criterios de información de Akaike (AIC), Schwarz (SC) y Hannan-Quinn (HQ) el orden y estructura óptima de rezagos del VAR.

Periodo de Formación: 31/05/2011 - 31/05/2012							Periodo de Formación: 02/01/2013 - 31/12/2013						
Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ	Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	1759.116	NA	2.55E-09	-14.11338	-14.08512	-14.10201	0	1865.671	NA	9.01E-10	-15.15179	-15.12330*	-15.14032
1	1774.802	30.99562	2.32E-09	-14.20725	-14.12249*	-14.17313*	1	1873.381	15.23225	8.74e-10*	-15.18196*	-15.09646	-15.14753*
2	1778.869	7.970816	2.32e-09*	-14.20779*	-14.06652	-14.15093	2	1875.519	4.189981	8.88E-10	-15.16682	-15.02433	-15.10945
3	1779.45	1.129347	2.38E-09	-14.18032	-13.98256	-14.10072	3	1877.171	3.209844	9.05E-10	-15.14773	-14.94824	-15.06741
4	1781.37	3.701344	2.42E-09	-14.16362	-13.90934	-14.06127	4	1878.057	1.706628	9.28E-10	-15.12241	-14.86593	-15.01914
5	1782.776	2.686822	2.47E-09	-14.14278	-13.832	-14.01769	5	1884.85	12.97872*	9.07E-10	-15.14512	-14.83164	-15.0189
6	1783.353	1.092855	2.54E-09	-14.11528	-13.748	-13.96744	6	1886.725	3.551468	9.23E-10	-15.12785	-14.75736	-14.97867
7	1789.421	11.40658	2.50E-09	-14.1319	-13.70811	-13.96132	7	1890.878	7.799222	9.22E-10	-15.12909	-14.70161	-14.95696
8	1794.741	9.912125*	2.47E-09	-14.14249	-13.6622	-13.94917	8	1893.29	4.491462	9.34E-10	-15.11618	-14.6317	-14.9211
9	1797.329	4.781908	2.50E-09	-14.13116	-13.59436	-13.91509	9	1898.359	9.354341	9.26E-10	-15.12487	-14.58339	-14.90684
10	1798.513	2.167683	2.56E-09	-14.10854	-13.51523	-13.86972	10	1900.854	4.564927	9.38E-10	-15.11264	-14.51417	-14.87166
11	1803.353	8.786236	2.54E-09	-14.11528	-13.46547	-13.85373	11	1901.796	1.707111	9.62E-10	-15.08777	-14.4323	-14.82385
12	1806.066	4.881855	2.57E-09	-14.10495	-13.39863	-13.82065	12	1903.732	3.478549	9.78E-10	-15.07099	-14.35853	-14.78411

Tabla 77 Número de Rezagos óptimo del Par 4

En el periodo de formación 31/05/2011 - 31/05/2012, los criterios indican que el orden del VAR puede ser con 2 rezagos (según los test FPE y AIC) o con un 1 rezago (según los criterios de SC, HQ).

En el periodo de formación 02/01/2013 - 31/12/2013, los criterios indican que el orden del VAR puede tener un 1 rezago (según los test FPE, AIC y HQ).

Finalmente, considerando la especificación establecida según los test de causalidad a lo Granger y estructura del modelo VAR se estima el modelo VEC (con intercepto y sin tendencia en la ecuación de cointegración y con intercepto en el modelo VAR). Posteriormente, se evalúa la relación de cointegración con esta especificación. En ambos periodos de formación de precios, tanto el test de traza como los test de máximo valor propio de Johansen nos indica que no hay cointegración entre los tipos de cambio.

Periodo de Formación: 31/05/2011 - 31/05/2012						Periodo de Formación: 02/01/2013 - 31/12/2013					
<b>Series: LCOP LBRL</b> Lags interval: 1 to 1 Selected (0.05 level*) Number of Cointegrating Relations by Model						<b>Series: LCOP LBRL</b> Lags interval: 1 to 1 Selected (0.05 level*) Number of Cointegrating Relations by Model					
Data Trend:	None	None	Linear	Linear	Quadratic	Data Trend:	None	None	Linear	Linear	Quadratic
Test Type	No Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept Trend	Intercept Trend	Test Type	No Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept Trend	Intercept Trend
Trace	0	0	0	0	0	Trace	0	0	0	0	0
Max-Eig	0	0	0	0	0	Max-Eig	0	0	0	0	0
*Critical values based on MacKinnon-Haug-Michelis (1999)						*Critical values based on MacKinnon-Haug-Michelis (1999)					

Tabla 78 Test de cointegración del Par 4

Cabe señalar, que al evaluar la cointegración con datos intradía, si se llegó a encontrar relaciones de cointegración.

## 5 CÁLCULO DEL VALOR EN RIESGO (VAR)

Durante la última década se han desarrollado nuevos métodos de medidas y de gestión del riesgo de mercado. Una de estas medidas, conocidas como el Valor en Riesgo (VaR), ha cobrado especial importancia y tiende a convertirse en el patrón a seguir por las compañías para el control de sus riesgos de mercado. El enfoque VaR es atractivo porque es fácil de interpretar (el VaR en este trabajo está medido en términos porcentuales) y puede ser utilizado para producir una estimación de la cantidad necesaria de fondos propios para cubrir el riesgo de mercado de las actividades de negociación desarrolladas por las entidades financieras. Además, tiene la ventaja adicional de poder incorporar los efectos de la diversificación de las carteras. En la actualidad, muchas entidades financieras basan sus prácticas sobre estimación y gestión de riesgos en el VaR.

A la consolidación de este enfoque como herramienta de gestión del riesgo de mercado entre las entidades financieras, ha contribuido de forma notable el grupo JP Morgan al hacer pública en octubre de 1994 la descripción de su sistema de medida del riesgo de mercado, denominado RiskMetrics, basado en la metodología VaR, así como el conjunto de datos necesarios para su aplicación.

## 5.1 Definición del VaR:

Es una medida del riesgo de tipo estadístico. Puede utilizarse para estimar el riesgo de mercado de una cartera (o de una inversión)<sup>4</sup>. La utilización del VaR se encuentra muy extendida entre las instituciones que necesitan medir el riesgo en carteras negociadas activamente.

Las pérdidas aproximadas que se encuentran expuestas frente a factores externos, está determinada mediante el VaR de la cartera formada por un par de activos que se utilizaron aplicando una estrategia de pares. Esta estrategia, como sabemos están expuestas a riesgos determinados, para ello, calcularemos el VaR, de cada uno de los pares del portfolio.

## 5.2 Metodologías para el Cálculo del VaR:

El cálculo del VaR se puede llevar a cabo, básicamente, a partir de tres metodologías distintas.

### 5.2.1 Simulación Histórica:

Partiendo de las posiciones vivas en una fecha determinada, se simulan los resultados obtenidos por estas posiciones valoradas con los datos de mercado, por ejemplo, de los últimos 100, 200, 300 o más días, según criterio de la dirección de la institución.

A continuación se lleva a cabo una distribución de dichos resultados y, según el intervalo de confianza elegido, se busca cuál es el VAR (si el intervalo de confianza es del 95%, se buscará el percentil 5%)

#### 5.2.1.1 VaR sobre los rendimientos totales del periodo

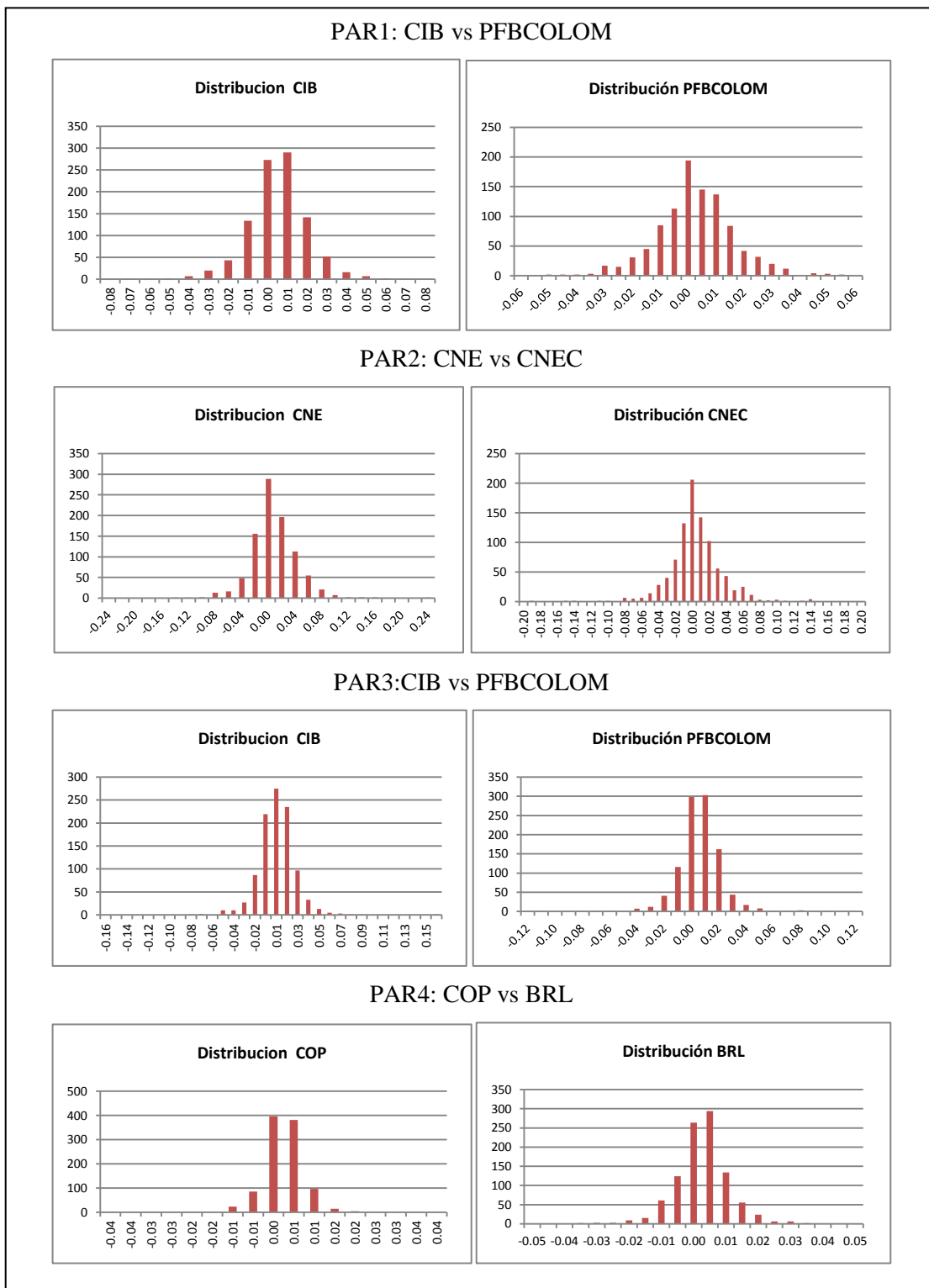
Utilizando los rendimientos (retornos) obtenidos de las cotizaciones diarias de los pares que se encuentran en análisis como por ejemplo de los valores CIB y PFBCOLOM, se determinaron el cálculo del Valor en Riesgo con un nivel de confianza del 95% a un horizonte de tiempo de 1 día.

---

<sup>4</sup> Juan Mascareñas. Universidad Complutense de Madrid (año 2008).

En la siguiente grafica se muestran las distribuciones de retornos para cada respectivo valor, de par en par. Observamos el tipo de distribución para el activo CIB es de tipo leptocurtica. En términos generales, los retornos mencionados anteriormente muestran un comportamiento normal con media cero.





**Gráfico 62. Tabla de distribución de retornos**

### 5.2.2 VaR Paramétrico:

Las metodologías paramétricas se refieren a la determinación de los cambios en precios y tipos de mercado que generan beneficios o pérdidas en las carteras, esto es, a la definición de las nuevas coyunturas de mercado en base a parámetros definidos. La aproximación más común es la utilización de parámetros estadísticos como la volatilidad y la correlación.

Los pasos a seguir para el cálculo del VAR paramétrico, basado en volatilidades y correlaciones, son:

- En primer término, debe calcularse el valor actual de cada posición.
- Para la obtención del VAR de una posición a dicho valor deben aplicarse las volatilidades de mercado de los distintos instrumentos.
- Es habitual partir del dato de volatilidad anual y, sin embargo, calcular el VAR diario. Para ello, se obtiene la volatilidad diaria, habitualmente dividiendo la anual entre la raíz cuadrada del número de días hábiles en el año.
- A continuación, se asigna el intervalo de confianza multiplicando la volatilidad diaria por el múltiplo que corresponda según el intervalo de confianza elegido (por ejemplo: 2,33 si se trata del 99%).
- Por último, para el cálculo del VAR de una cartera, debe aplicarse la matriz de correlación de los distintos instrumentos.

Cálculo del VAR diario:

$$VaR_{individual} = (Valor\ Mdo) \frac{Volatidad}{\sqrt{252}} (multiplic\ intervalo)$$

$$VaR_{cartera} = \sqrt{[VaR1 \quad VaR2 \quad VaRn] \begin{bmatrix} Corr_{11} & Corr_{12} & Corr_{1n} \\ Corr_{21} & Corr_{22} & Corr_{23} \\ Corr_{m1} & Corr_{m2} & Corr_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} VaR_{11} \\ VaR_{21} \\ VaR_{m1} \end{bmatrix}}$$

Dónde:  $Corr_{mn}$  : es la correlación entre M y N.

### 5.2.2.1 Cálculo del VaR por Bandas óptimas

Para desarrollar el valor en riesgo, en este caso utilizamos el método paramétrico – delta normal. En la siguiente tabla salen los resultados para cada valor, siendo el VaR más bajo de .05% para COP, y el más alto para CNE con .35%. es decir, existe una mayor exposición de riesgo para este último valor

5.2.2.2

	CIB	PFBCOLOM	CNE	CNEC	FOX	TWC	COP	BRL
<b>VaR</b>	-0.16%	-0.15%	-0.35%	-0.32%	-0.18%	-0.17%	-0.05%	-0.09%

**Tabla 79. El VaR de los retornos diarios de todos los activos**

En los siguientes cuadros vemos los resultados del VaR por el mismo método que el anterior, pero para dicho análisis hicimos uso de las rentabilidades de los periodos donde las bandas óptimas marcaron esa negociación. Es decir, aquí se hicieron uso sólo los rendimientos en intervalos previamente establecidos con ciertas bandas calculadas anteriormente.

CIB-PFBCOLOM BANDAS ÓPTIMAS											
Prueba1						Prueba2					
Empírico		O-U		MBG		Empírico		O-U		MBG	
CIB	PFBCOL L	CIB	PFBCOL	CIB	PFBCOL	CIB	PFBCOL	CIB	PFBCOL	CIB	PFBCOL
-0.21%	0.00%	-0.22%	-0.15%	-0.12%	-0.23%	-0.25%	-0.18%	-0.14%	-0.16%	-0.03%	-0.01%

**Tabla 80. VaR de1 par 1, CIB vs PFBCOLOM**

La principal diferencia de cálculo del VaR respecto de la forma histórica como la paramétrica, haciendo hincapié sobre el tipo de data usado, es que por este último método los valores de las pérdidas expuestas en el mercado son relativamente menores, pero no existe un diferencial muy significativo.

CNE-CNEC BANDAS ÓPTIMAS											
Prueba1						Prueba2					
Empírico		O-U		MBG		Empírico		O-U		MBG	
CNE	CNEC	CNE	CNEC	CNE	CNEC	CNE	CNEC	CNE	CNEC	CNE	CNEC
-0.58%	-0.40%	-0.55%	-0.39%	-0.58%	-0.41%	-0.19%	-0.20%	-0.46%	-0.39%	-0.37%	-0.43%

**Tabla 81. VaR del par 2, CNE vs CNEC**

En la tabla 81, mostramos los resultados de la prueba 1 y la prueba 2, de forma empírica, OU y MBG, tanto para CNE y CNEC creando esta matriz de resultados que representan la exposición de pérdidas en el mercado para este tipo de PAR denominado par 2.

CNE-CNEC BANDAS ÓPTIMAS											
Prueba1						Prueba2					
Empírico		O-U		MBG		Empírico		O-U		MBG	
FOX	TWC	FOX	TWC	FOX	TWC	FOX	TWC	FOX	TWC	FOX	TWC
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 82. VaR del par 3, FOX vs TWC

La matriz de resultados VaR para el par 3 (en la tabla 82), son de cero, debido a que no hay presencia de datos en las bandas de análisis (donde se desarrolla la estrategia), por este motivo no existen valores que me permitan determinar mi exposición de pérdida del mercado.

CNE-CNEC BANDAS ÓPTIMAS											
Prueba1						Prueba2					
Empírico		O-U		MBG		Empírico		O-U		MBG	
COP	BRL	COP	BRL	COP	BRL	COP	BRL	COP	BRL	COP	BRL
0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.06%

Tabla 83. VaR del par 4, COP vs BRL

Al igual que en la tabla anterior, aquí tampoco se muestran datos necesarios que permitan desarrollar el cálculo de dicho VaR.

### 5.2.2.3 Calculo del VaR por Filtros de Distancia de 1 y 2 desviaciones

Para el cálculo del valor en riesgo (VaR) haciendo uso de los datos obtenidos a partir de los filtros de distancia de uno y dos desviaciones estándar desarrolladas en los capítulos anteriores, ahora presentamos los resultados de su valor en pérdidas expuestas en frente a factores externos de mercado.

**A) PAR1: CIB vs PFBCOLOM**

Los resultados de las pruebas 1, 2 y 3, corresponden a los retornos obtenidos en las bandas, en el caso del VaR del par1 con ratio de precio es de 0, debido a que en el transcurso del tiempo de análisis no reportaron datos (eso hizo que el VaR sea de cero). Para el caso del ratio de precio estimado OU, el VaR es de .49% (para el caso de 2 desviaciones) y de .65% (a una desviación). Finalmente para el caso del ratio de precio estimado MBG es .62% (a una desviación).

Prueba 1:					
Con ratio de precio empírico		Con ratio de precio estimado OU		Con ratio de precio estimado MBG	
2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica	2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica	2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica
VaR de CIB y PFBCOL	VaR de CIB y PFBCOL	VaR de CIB y PFBCOL	VaR de CIB y PFBCOL	VaR de CIB y PFBCOL	VaR de CIB y PFBCOL
0.00%	-0.45%	-0.49%	-0.65%	0.00%	-0.62%

Prueba 2:					
Con ratio de precio empírico		Con ratio de precio estimado OU		Con ratio de precio estimado MBG	
2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica	2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica	2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica
VaR de CIB y PFBCOL	VaR de CIB y PFBCOL	VaR de CIB y PFBCOL	VaR de CIB y PFBCOL	VaR de CIB y PFBCOL	VaR de CIB y PFBCOL
0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Prueba 3:					
Con ratio de precio empírico		Con ratio de precio estimado OU		Con ratio de precio estimado MBG	
2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica	2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica	2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica
VaR de CIB y PFBCOL	VaR de CIB y PFBCOL	VaR de CIB y PFBCOL	VaR de CIB y PFBCOL	VaR de CIB y PFBCOL	VaR de CIB y PFBCOL
-0.98%	-1.02%	-0.84%	-0.96%	-0.86%	-0.95%

**Tabla 84. VaR del par1, CIB vs PFBCOL**

**B) PAR2: CNE vs CNEC**

En la prueba 1, el cálculo del VaR oscila entre 1.18% Y .95% en los diferentes ratios (empírico, estimado OU y estimado BMG), tanto con uno y dos desviaciones.

Prueba 1:					
Con ratio de precio empírico		Con ratio de precio estimado OU		Con ratio de precio estimado MBG	
2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica	2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica	2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica
VaR de CNE y CNEC	VaR de CNE y CNEC	VaR de CNE y CNEC	VaR de CNE y CNEC	VaR de CNE y CNEC	VaR de CNE y CNEC
-1.14%	-1.03%	-0.95%	-1.18%	-1.05%	-0.97%
Prueba 2:					
Con ratio de precio empírico		Con ratio de precio estimado OU		Con ratio de precio estimado MBG	
2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica	2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica	2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica
VaR de CNE y CNEC	VaR de CNE y CNEC	VaR de CNE y CNEC	VaR de CNE y CNEC	VaR de CNE y CNEC	VaR de CNE y CNEC
-0.44%	-0.41%	-1.01%	-0.57%	-0.56%	-0.52%

**Tabla 85. VaR del par 2, CNE vs CNEC**

**C) PAR3: FOX vs TWC:**

En el cálculo del VaR para este par de valores, tanto en la prueba 1, como en la 2, a ratio de precio empírico, estimado por OU y BMG. Su pérdida oscila entre .4% y el .7%

Prueba 1:					
Con ratio de precio empírico		Con ratio de precio estimado OU		Con ratio de precio estimado MBG	
2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica	2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica	2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica
Rentabilidad FOX y TWC	Rentabilidad FOX y TWC	Rentabilidad FOX y TWC	Rentabilidad FOX y TWC	Rentabilidad FOX y TWC	Rentabilidad FOX y TWC
0.00%	-0.50%	0.00%	-0.40%	0.00%	-0.57%
Prueba 2:					
Con ratio de precio empírico		Con ratio de precio estimado OU		Con ratio de precio estimado MBG	
2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica	2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica	2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica
Rentabilidad FOX y TWC	Rentabilidad FOX y TWC	Rentabilidad FOX y TWC	Rentabilidad FOX y TWC	Rentabilidad FOX y TWC	Rentabilidad FOX y TWC
0.00%	0.00%	-0.77%	0.00%	0.00%	0.00%

**Tabla 86. VaR del par 3, de FOX vs TWC**

**D) PAR4: COP vs BRL**

Para este caso, el VaR está en .18% a una desviación, respecto a los demás parámetros, no muestra calculo alguno debido a falta de información sobre dichas bandas.

Prueba 1:					
Con ratio de precio empírico		Con ratio de precio estimado OU		Con ratio de precio estimado MBG	
2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica	2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica	2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica
Rentabilidad COP Y BRL	Rentabilidad COP Y BRL	Rentabilidad COP Y BRL	Rentabilidad COP Y BRL	Rentabilidad COP Y BRL	Rentabilidad COP Y BRL
0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Prueba 2:					
Con ratio de precio empírico		Con ratio de precio estimado OU		Con ratio de precio estimado MBG	
2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica	2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica	2 Desviaciones típicas	1 Desviación Típica
Rentabilidad COP Y BRL	Rentabilidad COP Y BRL	Rentabilidad COP Y BRL	Rentabilidad COP Y BRL	Rentabilidad COP Y BRL	Rentabilidad COP Y BRL
0.00%	-0.18%	0.00%	-0.14%	0.00%	-0.18%

Tabla 87. VaR del par 4, COP vs BRL

Como explicamos al inicio del trabajo, las estrategias de pares suponen estar invertidos en corto en un activo y largo del otro, con el objetivo de obtener un rendimiento en el diferencial entre ambos activos. En una inversión tradicional, el mayor riesgo reside siempre en la oscilación diaria del precio activo, y más concretamente en la oscilación del precio del activo si tomamos una posición corta.

Los resultados obtenidos del Var, como hemos podido comprobar, nos muestran pérdidas significativamente bajas, algo que era de esperar, ya que la estrategia de pares como hemos explicado al principio del trabajo es de tipo **-Market neutral-** lo que implica reducir la volatilidad de nuestra cartera y dar a nuestra inversión una doble direccionalidad, lo que hace que las pérdidas generadas por un activo se vean compensadas por el beneficio del otro activo que compone el par, y por lo tanto reducimos de una manera muy significativa el riesgo de mercado. Además, en las estrategias de pares siempre se utilizan stop-loss, predeterminado así cual es el riesgo que queremos asumir antes de tomar posiciones en el mercado, asegurándonos de esta manera que no nos afecten cambios bruscos en la correlación de los activos que componen el par.

## 6 CONCLUSIONES

Tras la realización de cada uno de las test en los distintos periodos analizados, hemos obtenido los siguientes resultados: más del 65% de los resultados obtenidos con cada uno de los pares, han sido mejores aplicando la estrategia de pares empírica, siendo el 17,4% de las veces mejores con la estrategia de reversión a la media O-U, y el 4,3% de las veces con la estrategia MBG.

**¿Cuáles fueron las causas que produjeron las diferencias entre utilizar una u otra estrategia?**

En primer factor es el número de operaciones realizadas con una u otra estrategia, que como hemos visto anteriormente, produce unos mayores costes, que menguan el beneficio de forma destacable. El 70,4% de las operaciones realizadas tanto por MBG como por el método empírico han sido iguales o inferiores al número medio del periodo usado por las estrategias, siendo por lo tanto la estrategia de Reversión a la media la que más operaciones ha necesitado en relación a la media, solo un 51,85% de las veces ha necesitado las mismas o menos operaciones que la media del periodo.

El segundo factor, es el más determinante, que tiene que ver con la naturaleza de cada estrategia y se refiere a las señales de entrada y salida de cada estrategia. Es habitual que la utilización de estas estrategias de predicción, te produzca señales de entrada y de



salida, distintas pero no mejores, que las generadas por la estrategia empírica, como motivo de la utilización de números aleatorios y una desviación típica histórica que no se ajusta a la realidad de cada momento del mercado.

Por otro lado, a modo de mención cabe destacar que en términos generales hemos obtenido rentabilidades superiores con el uso de un filtro de distancia de una desviación típica respecto a su media en primer lugar, y con las bandas óptimas en segundo lugar, que con un filtro de dos desviaciones típicas. Pero, como ya comentamos al principio del documento, la utilización de los filtros, depende de los costes por operación y por el comportamiento de cada activo por lo que no podemos establecer ninguna conclusión al respecto.

Con todo esto podemos concluir, que para una estrategia de pares en la que sólo hemos tenido en cuenta precios de cierre, donde no hemos tenido en cuenta las horquillas de los precios de compra venta de cada activo, y tampoco los costes de financiación de ponerse corto, la estrategia de pares empírica genera una rentabilidad superior y menos costes por operación, que el resto de estrategias de pares usadas en este análisis (MBG y reversión a la media O-U).

Finalmente, el inconveniente de utilizar las estrategias de pares es que los beneficios que obtenemos suelen ser pequeños ya que apostamos a cambios en los diferenciales, pero el riesgo que asumimos, como hemos comprobado con el Var, lo hemos reducido considerablemente.

Respecto al arbitraje estadístico por cointegración, los resultados indican que mientras la relación de cointegración sea significativa, el arbitraje puede generar beneficios. No obstante, los costos de transacción reducen o eliminan dicho beneficio. Asimismo, cabe señalar que cuando la significancia de la ecuación de cointegración se reduce entonces se producen pérdidas con la estrategia.

## Referencias

Arias, E., & Torres, C. (2004) “Modelos VAR y VECM para el pronóstico de corto plazo de las importaciones de Costa Rica” *Banco Central de Costa Rica*, DIE-01-2004-DI

Banerjee, A., Dolado, J., Galbraith, J.W., & Hendry, D (1993). *Cointegration, error correction, and the econometric analysis of non-stationary data*, Oxford: Oxford University press.

Bowen, D., & Hutchinson, M.. “Pair Trading in the UK Equity Market Risk and Return”. Unpublished

Dickey, D.A. & Fuller, W.A. (1979). “Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root”, *Journal of the American Statistical Association*, 74, pp. 427–431.

Dixit, A. & Pindyck, R. (1994). *Investment Under Uncertainty*, Princeton University Press.

Do, B.; Faff, R., y Hamza, K (2006) “A New Approach to Modeling and Estimation for Pairs Trading”, Unpublished

Elliott, G. , Rothenberg, T. & Stock, J. (1996). “Efficient Tests for an Autoregressive Unit Root,” *Econometrica*, num 64, pp. 813-836.

Elliott, R., Van, J. & Malcolm, W. (2005) *Pairs Trading*, Quantitative Finance, Vol. 5, No. 3, pp. 271-276

Engle, R.F. & Granger, C.W.J (1987). “Cointegration and error correction: representations, estimation and testing”, *Econometrica*, num. 55, pp. 252-276

Fama, E. (1970). “Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work”, *The Journal of Finance*, vol. 25, No 2, pp. 383-417.

Fernandez-Corugedo (2003) “Exercise on unit roots (including structural breaks), estimating a VECM and the implications of the VECM”, *Center for Central Banking Studies (CCBS), Bank of England, CEMLA y el Banco Central de la República de Argentina*. Mimeo

Gatev, E., Goetzmann, W., & Rouwenhorst, K. G (2006) “Pairs Trading: Performance of a Relative Value Trading Rule”, *Review of Financial Studies*, vol 19, Issue 3, Pp. 797-827.

Huang, B.N. & C.W. Yang (1996). “Long-run purchasing power parity revisited: a Monte Carlo simulation”, *Applied Economics*, num. 28, pp. 967-974

Jegadeesh, N., & Titman, S. (1995), “Overreaction, Delayed Reaction, and Contrarian Profits”, *Review of Financial Studies*, 8, pp. 973–993

Johansen, S. (1991) “Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models,” *Econometrica*, 59, pp. 1551–1580.

Johansen, S. (1995) *Likelihood-based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models*, Oxford: Oxford University Press

Kwiatkowski, D., Phillips, P., Schmidt, P. & Shin, Y. (1992). “Testing the Null Hypothesis of Stationary against the Alternative of a Unit Root,” *Journal of Econometrics*, 54, pp. 159-178.

Lintner, J. (1965). “The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets” *Review of Economics and Statistics*, vol. 47, N° 1, February, pp. 13-37

Maddala, G.S. & Kim, I., (2000). *Unit roots, cointegration, and structural change*, Cambridge: Cambridge University Press.

MacKinnon, J. G. (1991). “Critical Values for Cointegration Tests,” Chapter 13 in R. F. Engle and C. W. J. Granger (eds.), *Long-run Economic Relationships: Readings in Cointegration*, Oxford: Oxford University Press.

MacKinnon, J. G. (1996). “Numerical Distribution Functions for Unit Root and Cointegration Tests,” *Journal of Applied Econometrics*, 11, pp. 601-618.

Mirás Calvo, M. (2003) “Optimalidad y Equilibrio”, Universidad de Vigo. Disponible en: <http://webs.uvigo.es/mmiras/Webpersonal/docusPDF/laguna.pdf>

Mossin, J. (1966) “Equilibrium in a Capital Asset Market” *Econometrica*, vol. 35, N° 4, October, pp. 768-783

Osborne, M. (1959) “Brownian motion in the stock market”, *Operational Research*, pp. 145-173

Phillips, P.C.B. & Perron, P. (1988). “Testing for a Unit Root in Time Series Regression,” *Biometrika*, 75, pp. 335–346.

Ross, S. (1976) "The arbitrage theory of capital asset pricing". *Journal of Economic Theory*, 13 (3): pp. 341–360

Sharpe, W. (1963). “A Simplified Model for Portfolio Analysis” *Management Science*, vol. 9, N° 2, January, pp. 277-293

Tilley, E. *Referencing – The Sydney Morning Herald*. Pairs Trading-Potentially Twice the Return, Half the Risk. [en línea] Disponible en: <http://www.smh.com.au/business/cfd/pairs-trading--potentially-twice-the-return-half-the-risk-20100329-r7yo.html>

Vidyamurthy, G. (2004) *Pairs Trading*, John Wiley & Sons