

BORJA LÓPEZ CITOLER

**ANÁLISIS DE OPORTUNIDADES DE ARBITRAJE
ESTADÍSTICO EN EL IBEX35**

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO DE FINANZAS Y CONTABILIDAD

ÁREA DE MERCADOS Y ACTIVOS FINANCIEROS



UNIVERSITAT ROVIRA i VIRGILI
Facultat d'Economia i Empresa

REUS

JUNIO 2024

INDICE:

1.	Resumen.....	3
2.	Presentación	6
3.	Introducción	7
4.	Marco teórico	8
4.1.	Conceptos básicos del arbitraje estadístico	8
4.2.	Estrategia de pairs trading	10
4.3.	Métodos de selección de pares.....	11
4.3.1.	El método de la distancia mínima cuadrada	11
4.3.2.	El método de la ratio	13
4.3.3.	El método de la cointegración	15
5.	Metodología	18
5.1.	Cesta de activos base.....	18
5.2.	Selección de pares óptimos	18
5.3.	Cálculo de parámetros operativos.....	19
5.4.	Procedimiento de las operaciones	19
5.5.	Consideraciones y limitaciones	19
6.	Caso practico	20
6.1.	Definición de periodos de entrenamiento/operativa.....	20
6.2.	Pares escogidos definitivos.....	20
6.2.1.	Distancia mínima cuadrática.....	20
6.2.2.	Ratio entre precios	21
6.2.3.	Cointegración.....	21
6.3.	Modelización de spreads y establecimiento de parámetros operativos	22
6.4.	Resultados del back test.....	24
6.4.1.	Resultados método distancia mínima cuadrática con periodos (2/1):.....	24
6.4.2.	Resultados método la estacionariedad de la ratio con periodos (2/1):	26
6.4.3.	Resultados método la cointegración con periodos (2/1):.....	27
6.4.4.	Resultados método la distancia mínima cuadrática con periodos (1/0.5):	28
6.4.5.	Resultados método la estacionariedad de la ratio con periodos (1/0.5):	29
6.4.6.	Resultados del método la cointegración con periodos (1/0.5):	30
6.5.	Presentación de resultados finales.....	32
7.	Conclusiones.....	32
8.	Bibliografía	35
9.	Anexos.....	36
	Anexo 1: Tabla de abreviaciones	36
	Anexo 2: Resultados completos (2/1) distancia mínima.....	37
	Anexo 3: Resultados completos (2/1) ratio	39
	Anexo 4: Resultados completos (2/1) cointegración	41
	Anexo 5: Resultados completos (1/0.5) distancia mínima.....	44
	Anexo 6: Resultados completos (1/0.5) ratio	46
	Anexo 7: Resultados completos (1/0.5) cointegración	48

1. Resumen

ANÁLISIS DE OPORTUNIDADES DE ARBITRAJE ESTADÍSTICO EN LOS COMPONENTES DEL IBEX35

Este estudio se centra en la investigación de oportunidades de arbitraje estadístico en el mercado español, tomando como activos base las 35 acciones que conforman el IBEX. Para ello se emplea principalmente la estrategia de "pairs trading", una metodología de inversión ampliamente reconocida en el ámbito financiero por su capacidad de monetizar las desviaciones temporales que se dan entre dos activos cuyos precios están de una forma u otra relacionados.

En el bloque teórico, se profundiza en los fundamentos del arbitraje estadístico y el pairs trading, explorando sus orígenes y propiedades esenciales, como la neutralidad de mercado de sus operaciones. Se analizan tres enfoques principales, la cointegración entre activos, la distancia mínima cuadrática y la estacionariedad de la ratio de precios entre activos. La cointegración permite identificar relaciones de equilibrio lineales entre los activos, mientras que la distancia mínima cuadrática y la estacionariedad de la ratio se enfocan en encontrar pares con la menor divergencia y la mayor estabilidad, respectivamente.

En el bloque práctico, se implementan estas modalidades durante el año 2023, estableciendo los parámetros técnicos y temporales necesarios para observar el desarrollo de las operaciones resultantes. Se analiza la evolución de estas operaciones a lo largo del período de estudio, con el objetivo de evaluar la efectividad de cada método de selección de pares y su aplicabilidad en estrategias de arbitraje estadístico.

Este estudio ofrece una visión general de la aplicación del pairs trading en el contexto del IBEX 35, comparando los métodos de selección de pares y los períodos de entrenamiento y trading para ver el éxito o fracaso del arbitraje estadístico en el mercado bursátil español en el periodo estudiado.

Palabras clave: *arbitraje estadístico, pairs trading, Ibex35.*

Resum

ANALISIS D'OPORTUNITATS D'ARBITRATGE ESTADÍSTIC EN ELS COMPONENTS DE L'IBEX35

Aquest estudi se centra en la recerca d'oportunitats d'arbitratge estadístic en el mercat espanyol, prenent com a actius base les 35 accions que conformen l'IBEX. Per a això s'empra principalment l'estratègia de "pairs trading", una metodologia d'inversió àmpliament reconeguda en l'àmbit financer per la seva capacitat de monetitzar les desviacions temporals que es donen entre dos actius els preus dels quals estan d'una forma o una altra relacionats.

En el bloc teòric, s'aprofundeix en els fonaments de l'arbitratge estadístic i el pairs trading, explorant els seus orígens i propietats essencials, com la neutralitat de mercat de les seves operacions. S'analitzen tres enfocaments principals, la cointegració entre actius, la distància mínima quadràtica i la estacionarietat de la ràtio de preus entre actius. La cointegració permet identificar relacions d'equilibri lineals entre els actius, mentre que la distància mínima quadràtica i la estacionarietat de la ràtio s'enfoquen a trobar parells amb la menor divergència i la major estabilitat, respectivament.

En el bloc pràctic, s'implementen aquestes modalitats durant l'any 2023, establint els paràmetres tècnics i temporals necessaris per a observar el desenvolupament de les operacions resultants. S'analitza l'evolució d'aquestes operacions al llarg del període d'estudi, amb l'objectiu d'avaluar l'efectivitat de cada mètode de selecció de parells i la seva aplicabilitat en estratègies d'arbitratge estadístic.

Aquest estudi ofereix una visió general de l'aplicació del pairs trading en el context de l'IBEX 35, comparant els mètodes de selecció de parells i els períodes d'entrenament i trading per a veure l'èxit o fracàs de l'arbitratge estadístic en el mercat borsari espanyol en el període estudiat.

Paraules clau: *arbitratge estadístic, pairs trading, Ibex35.*

Abstract

ANALYSIS OF STATISTICAL ARBITRAGE OPPORTUNITIES IN THE COMPONENTS OF THE IBEX35

This study focuses on the investigation of statistical arbitrage opportunities in the Spanish market, taking as base assets the 35 stocks that make up the IBEX. For this purpose, the "pairs trading" strategy is mainly used, an investment methodology widely recognized in the financial field for its ability to monetize the temporary deviations that occur between two assets whose prices are in one way or another related.

In the theoretical block, the fundamentals of statistical arbitrage and pairs trading are delved into, exploring their origins and essential properties, such as the market neutrality of their operations. Three main approaches are analyzed, the cointegration between assets, the least square distance, and the stationarity of the price ratio between assets. Cointegration allows identifying linear equilibrium relationships between assets, while least square distance and ratio stationarity focus on finding pairs with the lowest divergence and the highest stability, respectively.

In the practical block, these modalities are implemented during the year 2023, establishing the technical and temporal parameters necessary to observe the development of the resulting operations. The evolution of these operations is analyzed throughout the study period, with the objective of evaluating the effectiveness of each pair selection method and its applicability in statistical arbitrage strategies.

This study offers an overview of the application of pairs trading in the context of the IBEX 35, comparing the pair selection methods and the training and trading periods to see the success or failure of statistical arbitrage in the Spanish stock market in the period studied.

Key words: statistical arbitrage, *pairs trading*, *Ibex35*.

1. Presentación

La motivación principal detrás de la elección del tema de este trabajo radica en la exploración del arbitraje estadístico, un área que integra matemáticas y estadísticas avanzadas para identificar posibles oportunidades de inversión en los mercados financieros. Este estudio pretende investigar y aplicar distintas metodologías de la literatura académica de este ámbito, para posteriormente analizar su comportamiento aplicado a las 35 empresas que conforman el IBEX 35 durante el año 2023. Es importante destacar que este trabajo no busca desarrollar una estrategia completa de inversión, ya que no se centra en aspectos indispensables de una estrategia como la gestión monetaria o la gestión del riesgo. Si no que busca proporcionar una aproximación analítica a la identificación de posibles oportunidades de arbitraje estadístico.

En cuanto a la relación con las competencias y asignaturas del grado, este trabajo está directamente vinculado con varios aspectos clave de la formación académica. En primer lugar, la asignatura de Dirección Financiera: Inversión proporciona una base sólida en teoría financiera, incluyendo el Modelo de Valoración de Activos Financieros (CAPM) y la Línea de Mercado de Valores (SML), que son conceptos fundamentales para comprender las bases teóricas sobre las que se desarrolla el arbitraje estadístico. Además, las asignaturas de Mercados y Activos Financieros 1 y 2 dan contexto y ayudan a situar al alumno en el mundo de los mercados bursátiles y sus dinámicas. Estas materias ofrecen una comprensión detallada de la estructura y funcionamiento de tales mercados, así como de los diferentes tipos de activos financieros y como interactúan, lo cual es esencial para integrar en el mundo práctico toda la teoría investigada. Por otro lado, las asignaturas de Matemáticas y Estadística son fundamentales para ser capaz de aplicar los conceptos que envuelven este trabajo, dado que se requieren cálculos complejos y el uso de métodos estadísticos avanzados, basados en contrastes de hipótesis y la evaluación de series temporales. La combinación de teoría financiera, análisis de mercados y métodos estadísticos avanzados proporciona una base integral para el desarrollo de este estudio, estando alineado con las competencias y asignaturas del grado.

2. Introducción

El arbitraje estadístico, en particular la estrategia de pairs trading, ha ganado una relevancia significativa en el ámbito de las finanzas cuantitativas debido a su capacidad para explotar las ineficiencias del mercado y generar beneficios en diversos contextos económicos. Este trabajo se centra en el análisis y la aplicación de dicha estrategia en el mercado español.

La elección de este tema en concreto es debido a varias razones de índole teórica y práctica. Teóricamente, estas estrategias ofrecen una rica intersección entre matemáticas avanzadas, estadística y teoría financiera. Prácticamente, proporcionan herramientas robustas y complejas para la gestión de portafolios que buscan minimizar el riesgo sistemático y maximizar las oportunidades de beneficios a través de la identificación de relaciones temporales entre activos financieros. El IBEX35, representado por las principales empresas españolas, ofrece un terreno ideal para esta investigación debido a su familiarización, su liquidez y diversidad sectorial.

La estrategia tratada de ahora en adelante fue desarrollada en la década de 1980 por analistas cuantitativos del banco Morgan Stanley, y con los años ha demostrado ser eficaz en diversos mercados y condiciones económicas. En el contexto del IBEX35, esta investigación pretende identificar qué metodologías de las más tratadas en la literatura académica de esta estrategia son más efectivas para seleccionar pares de activos y que resultados se pueden obtener en este caso concreto en el mercado español durante el año 2023, ya que se trata del último año entero del que se dispone información.

El trabajo se divide en dos bloques principales: el teórico y el práctico. En el bloque teórico, se introduce a conceptos básicos del arbitraje estadístico para una comprensión de la finalidad de este tipo de estrategias, explorando sus orígenes y su desarrollo a lo largo de los años. Se analizarán los fundamentos y las características de los métodos utilizados posteriormente en la parte práctica.

En el bloque práctico, se implementan las distintas modalidades durante un año completo, estableciendo los parámetros técnicos y temporales necesarios para observar y evaluar las operaciones resultantes.

Entre los objetivos principales de este estudio se encuentran el explorar y comprender los fundamentos teóricos del arbitraje como herramienta de inversión. El cómo aplicar diferentes metodologías para poder observar los distintos funcionamientos aplicados al mercado real y el evaluar la efectividad de estas durante el periodo mencionado.

Para alcanzar estos objetivos, se adoptará una metodología cuantitativa basada en el análisis de series temporales y modelos econométricos. En primer lugar, se seleccionarán los pares de activos utilizando las tres metodologías mencionadas. Luego, se procederá a ejecutar las operaciones durante el período de estudio, estableciendo parámetros como la media y la desviación estándar para determinar los puntos de entrada y salida de las operaciones y, por último, se analizará la evolución y resultados de estas operaciones, evaluando su efectividad y viabilidad en el contexto estudiado.

Las fuentes de información teórica del estudio irán apareciendo durante la revisión de la literatura académica al respecto donde se incluyen bases de datos financieras, artículos académicos y reportes de mercado. Las fuentes de información de la parte práctica han sido obtenidas mediante elaboración propia con herramientas de software partiendo de los precios de cierre diarios descargados para todos los activos de la base de datos de Yahoo Finance.

3. Marco teórico

3.1. Conceptos básicos del arbitraje estadístico

El arbitraje estadístico es una técnica de inversión que utiliza modelos matemáticos y estadísticos para identificar y explotar ineficiencias en los precios de los activos financieros. Esta metodología se basa en la premisa de que los mercados financieros, aunque generalmente eficientes, pueden presentar desviaciones temporales de su valor teórico.

El modelo de valoración de activos financieros (CAPM, por sus siglas en inglés), propuesto por William T. Sharpe, es crucial para comprender el marco teórico del arbitraje estadístico. El CAPM introduce un concepto clave: beta. La beta mide la sensibilidad del rendimiento de un activo en relación con el rendimiento del mercado en general. El modelo postula que el rendimiento de un activo puede descomponerse en dos componentes: uno sistemático (relacionado con el mercado) y otro no sistemático (residual), expresado matemáticamente como:

$$r_p = \beta * r_m + \theta_p$$

Donde:

r_p : Es el rendimiento del activo.

r_m : Es el rendimiento del portafolio de mercado.

β : Es la beta del activo.

θ_p : Es el componente residual.

Este concepto de beta nos permite introducir el término market-neutral.

Una estrategia de mercado neutral busca rendimientos que no estén correlacionados con los rendimientos del mercado eliminando la exposición a riesgos sistemáticos. En términos del CAPM, esto se logra mediante la construcción de portafolios con una beta igual a cero, lo que implica que los rendimientos del portafolio no tienen componente de mercado y están determinados únicamente por el componente residual. Estos portafolios, conocidos como portafolios long-short, combinan posiciones largas y cortas en diferentes activos, de manera que las exposiciones al mercado se cancelen entre sí.

Este tipo de estrategias busca obtener ganancias independientemente de la dirección general del mercado, esto se logra construyendo carteras balanceadas con posiciones largas y cortas en activos, de modo que las fluctuaciones del mercado no afecten significativamente su rendimiento. Prácticamente, al tener una beta cercana a cero, implica que su rendimiento no está correlacionado con el rendimiento del mercado.

A todo esto, se le suma el concepto del arbitraje estadístico que, a diferencia del arbitraje clásico, que se basa en diferencias de precio evidentes, el estadístico emplea modelos cuantitativos para identificar y actuar sobre oportunidades más sutiles. Esta estrategia se basa en la premisa de que el mercado, aunque eficiente en general, presenta anomalías que pueden ser aprovechadas sistemáticamente.

En el contexto del arbitraje estadístico, la neutralidad del mercado se implementa mediante técnicas como la cointegración que se desarrollaran más adelante en este estudio, para identificar pares de activos cuyos precios tienden a moverse juntos en el largo plazo. La cointegración es una técnica econométrica que identifica relaciones de equilibrio entre series temporales no estacionarias, asegurando que cualquier desviación de este equilibrio se corregirá eventualmente. Esto proporciona una base sólida para estrategias de trading que se benefician de las oscilaciones en torno a esta relación de equilibrio, eliminando el riesgo sistemático y enfocándose únicamente en las ineficiencias de precio entre los activos seleccionados.

3.2. Estrategia de pairs trading

El pairs trading es una estrategia de trading que se originó en la década de 1980 gracias a Nunzio Tartaglia y su equipo en Morgan Stanley. Este equipo, compuesto por matemáticos, físicos y científicos informáticos, desarrolló estrategias cuantitativas de arbitraje utilizando técnicas estadísticas avanzadas. Una de las técnicas que emplearon involucraba el trading de pares de valores cuyos precios tendían a moverse juntos. Al identificar y explotar anomalías en la relación de precios entre estos pares, podían generar operaciones mecánicamente y ejecutar automáticamente a través de sistemas de trading automatizados.

La motivación detrás del pairs trading es vender valores sobrevalorados y comprar valores infravalorados. Sin embargo, determinar el verdadero valor de un valor es complejo. El pairs trading resuelve esto utilizando el concepto de precios relativos, donde se seleccionan valores con características similares y se asume que sus precios deben ser más o menos los mismos. Si los precios difieren, uno podría estar sobrevalorado y el otro infravalorado. La estrategia implica vender el valor de mayor precio y comprar el de menor precio, con la expectativa de que la disparidad de precios se corregirá eventualmente.

El éxito en el pairs trading radica en la identificación de pares de valores. Un estudio empírico de [Gatev et al., \(2006\)](#) demostró que seleccionar pares basados en movimientos históricos de precios produce mejores retornos que emparejamientos aleatorios. Además, la metodología basada en la teoría del CAPM y validada con modelos empíricos puede identificar pares basados en los fundamentos de la empresa, proporcionando una fórmula para medir el spread, o el grado de desajuste entre los valores.

3.3. Métodos de selección de pares

3.3.1. El método de la distancia mínima cuadrada

Esta metodología se basa en el uso de la distancia euclidiana cuadrada de los precios de dos activos escalados para determinar cuál es la distancia mínima cuadrada entre ellos en un periodo concreto. Fue introducida en la literatura académica de la mano de [Gatev et al., \(2006\)](#) el cual utilizaba los precios medios diarios de activos americanos entre el 1962-2002 para calcular la SSD y escoger las parejas con menor distancia a lo largo del periodo para implementar su estrategia considerando la desviación estándar como el trigger para abrir y cerrar las operaciones.

Posteriormente, estudios como [Do and Faff \(2010, 2012\)](#), [Chen, Chen, and Chen \(2014\)](#) y [Papadakis and Wysocki \(2007\)](#) han rescatado la idea inicial y la han derivado de formas muy variadas para intentar corroborar o mejorar los resultados previos con mayor o menor éxito. Para este trabajo el proceder de esta metodología ha sido la siguiente:

- 1) Los precios de los activos son escalados a 1 el primer día del periodo de entrenamiento de la siguiente forma:

$$P_{xt} = \frac{P_{at}}{P_{a_{t=0}}}$$

Donde:

P_{xt} : Precio escalado del activo A el día 't'.

P_{at} : Precio de cierre del activo A el día 't'.

$P_{a_{t=0}}$: Precio de cierre del activo A el primer día del periodo de entrenamiento.

- 2) Se ha calculado para todo el periodo de entrenamiento la SSD para todas las combinaciones posibles de activos con la fórmula euclidiana:

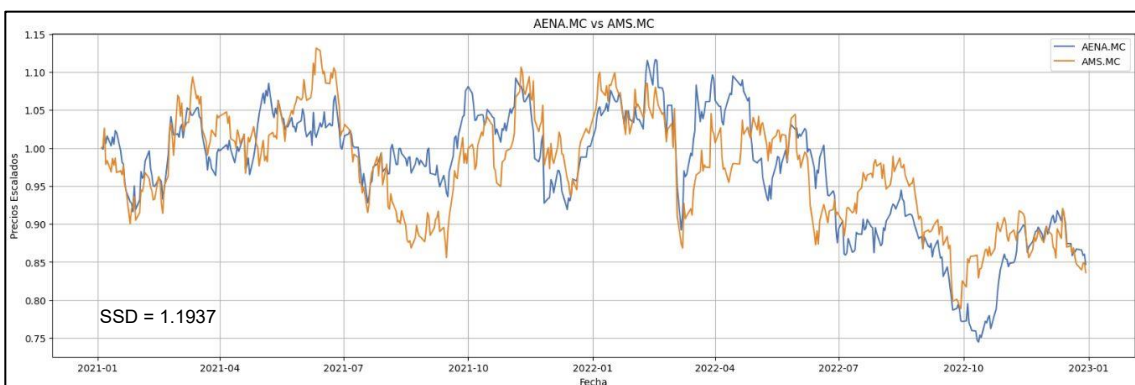
$$SSD = \sum_{t=1}^T (P_{at} - P_{bt})^2$$

Donde:

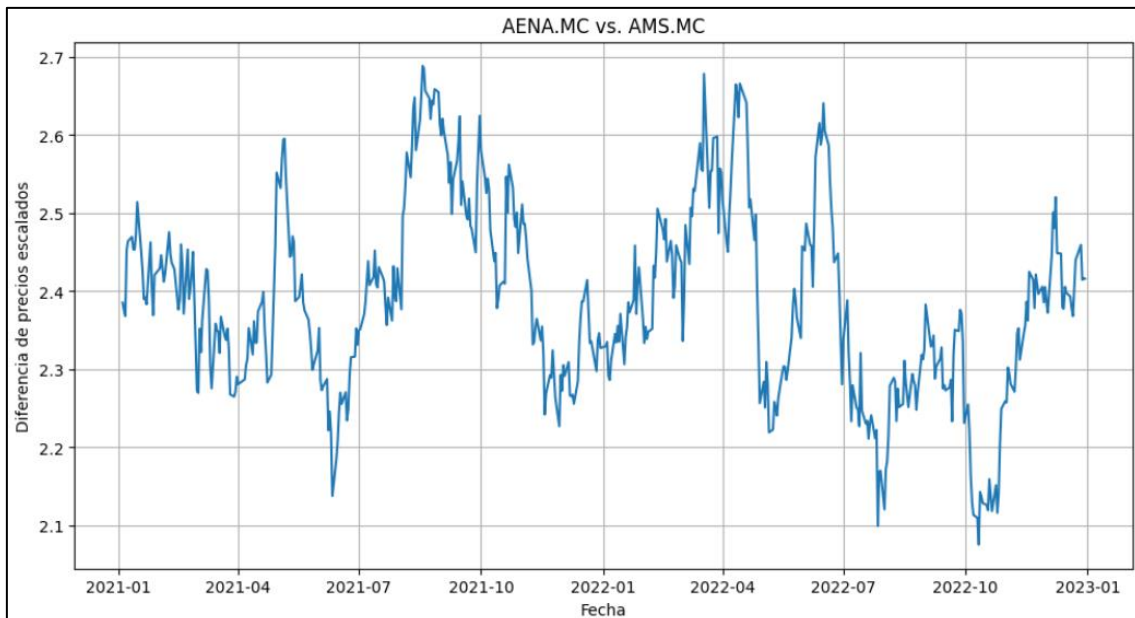
Pat, Pbt: Precios escalados de los activos A y B en el día 't'.

- 3) Se filtran todas las parejas de activos estudiadas de menor a mayor SSD.

Para poder visualizarlo, se muestra en los siguientes gráficos la evolución de los precios escalados y el spread de una pareja de activos durante el periodo de entrenamiento que serán seleccionados posteriormente por este método como pareja operable en el periodo de trading:



1 Precios escalados AENA-AMS 2021-2023. Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.



2 Diferencia de precios (spread) entre AENA-AMS 2021-2023. Elaboración propia con datos de Yahoo Finance

3.3.2. El método de la ratio

Esta metodología tiene su origen a finales de la década de 1980, cuando un grupo de analistas cuantitativos en Morgan Stanley encabezados por Nunzio Tartaglia desarrollaron la idea del pairs trading usando como elemento base la creencia de una relación entre dos activos por la ratio de sus precios, que podía presentar propiedades de reversión a la media. Uno de los más destacados estudios que indaga en profundidad en la ratio como estrategia de pairs trading es [Baronyan et al., \(2010\)](#).

En el estudio se referencia las primeras ideas de la estrategia indicando que: *“Si dos activos, A y B, cuyos precios P_a y P_b se cree que tienen una relación ($R_t = P_a / P_b$) que revierte a la media con el tiempo. Si la diferencia ($P_a - P_b$) es mucho mayor de lo habitual, se esperaría que disminuya de manera que la relación vuelva a su promedio de largo plazo. Tomar una posición corta/larga en los activos, con una cantidad de dólares igual, constituye una operación de pares. Independientemente de la dirección de P_a , P_b o del mercado, una vez que R_t regresa al equilibrio, se cerrara la operación con una ganancia.”*

Para analizar y afirmar que en el periodo de entrenamiento la ratio entre los activos tiene la relación, se utilizara la prueba ADF de estacionariedad que nos indicara que sus propiedades estadísticas como media, varianza, autocorrelación, etc. Son constantes a lo largo del periodo estudiado. El proceder para esta metodología en el actual estudio es la siguiente:

- 1) Se calcula la ratio diaria entre todas las parejas posibles de activos durante todo el periodo de entrenamiento de esta manera:

$$R_t = \frac{P_{at}}{P_{bt}}$$

Donde:

P_{at} , P_{bt} : Precios de cierre diarios de los activos 'a' y 'b' en el día 't'.

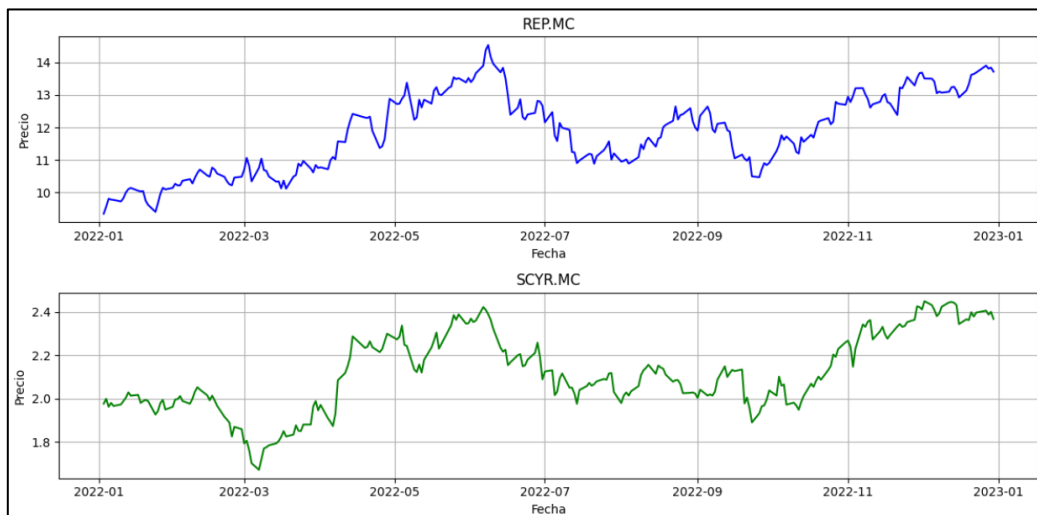
- 2) Se aplica en todas las parejas la prueba de raíz unitaria ADF a la serie temporal obtenida en el apartado anterior de forma que para un proceso autorregresivo AR (1) como $\delta X_t = (\phi_1 - 1)X_t - 1 + \epsilon_t$. Y definiendo $a \equiv \phi_1 - 1$, la prueba de raíz unitaria se puede escribir de la siguiente manera:

$$H_0: a = 0$$

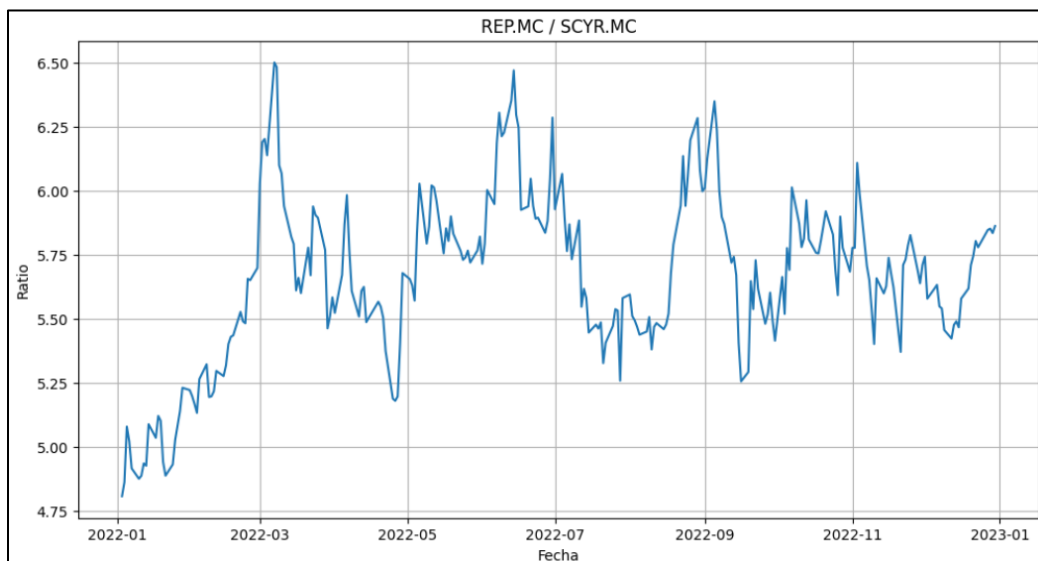
$$H_1: a < 0$$

- 3) Se filtran todas las parejas por P-valor de la prueba ADF realizado.

Para poder visualizarlo, se muestra en los siguientes gráficos la evolución de los precios y la evolución de la ratio de una pareja de activos durante el periodo de entrenamiento que serán seleccionados posteriormente por este método como pareja operable en el periodo de trading:



3 Evolución de los precios de Repsol y Sacyr durante 2022-2023. Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.



4 Ratio entre los precios de Repsol y Sacyr 2022-2023. Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.

3.3.3. El método de la cointegración

La metodología de cointegración para pairs trading surgió como una alternativa avanzada a los métodos basados únicamente en la correlación de los precios. La cointegración se basa en la idea de que, aunque dos series temporales pueden ser no estacionarias por separado, puede existir una combinación lineal de ellas que sea estacionaria. Este concepto fue formalizado por los economistas Clive Granger y Robert Engle, quienes recibieron el Premio Nobel en 2003 por sus contribuciones en este campo.

Dos estudios tomados de referencia que exploran la cointegración como estrategia de pairs trading son [Nicolas Huck y Komivi Afawubob \(2014\)](#) y [R. Todd Smith y Xun Xu \(2017\)](#), que investigan la efectividad de diversos métodos para la selección de parejas.

Para entender el primer paso de la metodología que veremos a continuación es necesario introducir los conceptos de orden de integración y diferenciación.

Diferenciación: Es el proceso de calcular las diferencias entre los valores sucesivos de una serie temporal para eliminar tendencias o patrones no estacionarios. Por ejemplo, si tenemos una serie temporal Y_t , donde 't' representa el tiempo, la primera diferencia de esta serie temporal se calcula como:

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$$

Orden de Integración: Se refiere al número de veces que se debe diferenciar una serie temporal para hacerla estacionaria. Una serie temporal con orden de integración 'd' se denomina I(d). Un valor d=0 indica que la serie ya es estacionaria, mientras que d>0 indica que la serie requiere diferenciación para lograr estacionariedad.

Para aplicar esta metodología en el estudio actual se ha utilizado una de las versiones más simplificadas del mismo ya que, la cointegración es con diferencia el método más difícil, se han seguido los siguientes pasos:

- 1) Se han analizado las series temporales de los precios de cierre diarios de todas las acciones del IBEX35 mediante la prueba ya vista anteriormente ADF (Augmented Dickey-Fuller) para determinar su orden de integración. Y se han descartado las series con orden de integración igual a cero (es decir que ya eran estacionarias) y se han aplicado las diferencias a las series con orden de integración mayor a 1.
- 2) Con todas las series temporales de orden de integración igual a 1 identificadas, se realizaron todas las combinaciones posibles de parejas entre ellas para aplicar la regresión OLS entre ellas con la siguiente fórmula:

$$\log(Pa, t) = \alpha + \beta * \log(Pb, t) + \epsilon t$$

Donde:

$\log(Pa, t)$: Es el logaritmo del precio del activo 'a' en el tiempo 't'.

$\log(Pb, t)$: Es el logaritmo del precio del activo 'b' en el tiempo 't'.

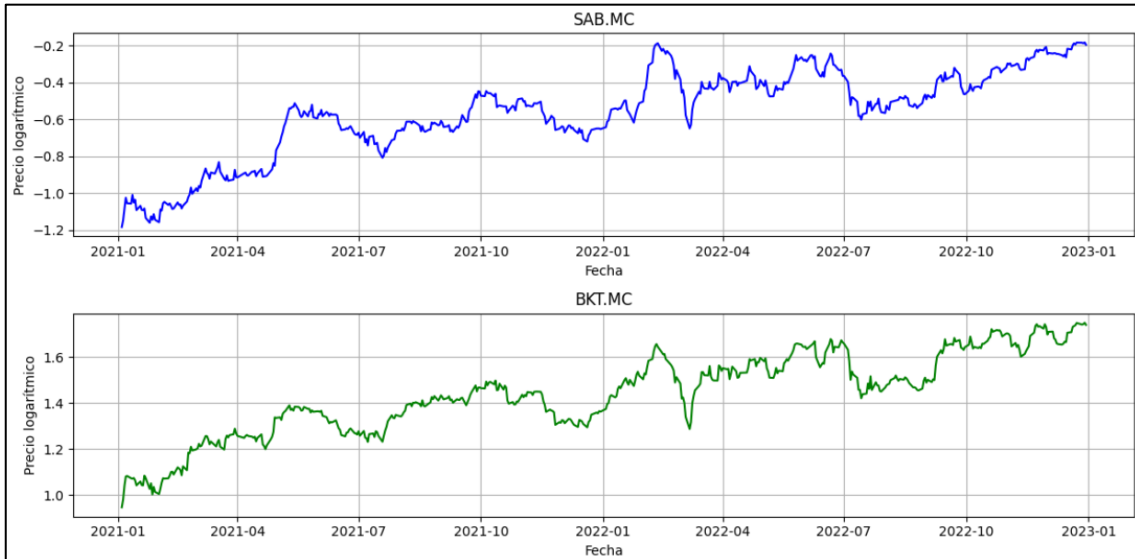
α : Es la intersección de la regresión.

β : Es el coeficiente de regresión.

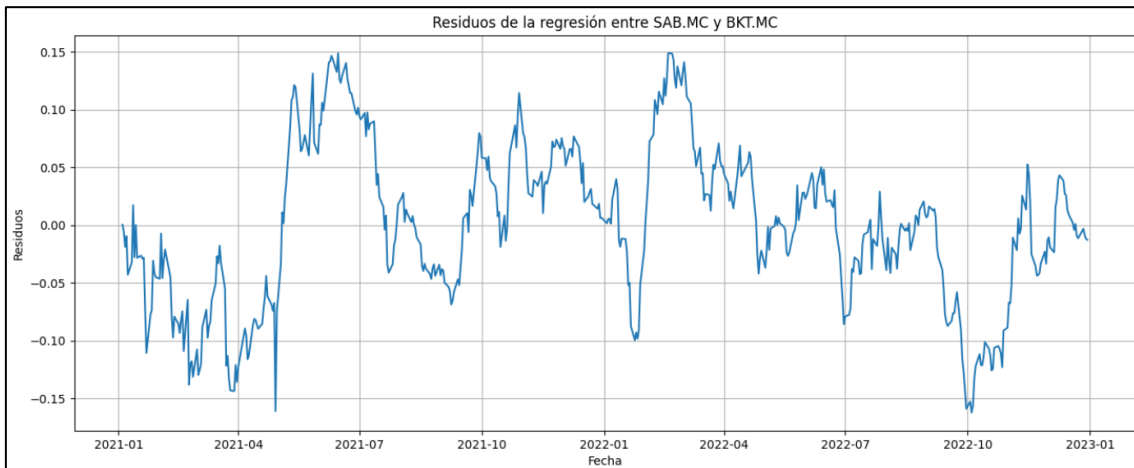
ϵt : Es el término de error (residuo) en el tiempo 't'.

- 3) Los residuos de todas las regresiones OLS realizadas en el paso anterior son analizados mediante la prueba ADF para verificar su estacionariedad. Según la teoría de la cointegración, dos series de orden de integración 1 estarán cointegradas si la combinación lineal de ambas produce residuos que son estacionarios.

Para poder visualizar y comprender mejor los resultados, se graficaron tanto la evolución de los precios como la evolución de los residuos de las parejas seleccionadas durante el periodo de entrenamiento. Las parejas cuyos residuos demostraron ser estacionarios fueron seleccionadas como operables en el periodo de trading.



5 Evolución de los precios logarítmicos de Sabadell y Bankinter 2021-2023. Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.



6 Residuos de la regresión entre Sabadell y Bankinter 2021-2023. Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.

4. Metodología

Durante todo el documento y con más frecuencia en el caso práctico que veremos posteriormente, los nombres de las empresas/acciones se citan por su abreviación, a tales efectos se facilita en el [Anexo 1](#) una tabla con el nombre de las empresas/acciones correspondientes a cada abreviación.

Para detallar la metodología llevada a cabo en la parte práctica de este estudio es necesario abordar varios pasos fundamentales descritos a continuación:

4.1. Cesta de activos base

Si bien teóricamente se podría buscar relaciones entre todos los activos cotizantes en el mercado, históricamente se ha centrado la búsqueda en conjuntos de activos que guardan cierta relación entre sí. Esto puede incluir acciones del mismo sector, con modelos de negocio similares o que compartan materias primas, proporcionando así una base correlativa inicial para el análisis.

En este estudio se ha optado por seleccionar las 35 acciones que componen el IBEX 35 como punto de partida. Esta elección se basa en varias consideraciones importantes. En primer lugar, estas acciones representan las empresas más grandes y prominentes del país, lo que las convierte en las más líquidas del mercado. Esta liquidez es esencial para ejecutar operaciones de manera efectiva, ya que permite entrar y salir del mercado con facilidad cuando sea necesario.

Además, al formar parte del IBEX 35, estas acciones tienen una relación directa con el índice mismo que además incluye empresas de una amplia gama de sectores distintos. Esta diversificación sectorial proporciona una variedad de oportunidades para identificar pares con correlaciones estables y predecibles.

4.2. Selección de pares óptimos

En toda la literatura académica citada en apartados anteriores son muchos los métodos para decidir el corte de los mejores pares a escoger una vez aplicado el método de selección, con el fin de simplificar esta selección, el trabajo actual se limita a escoger las 5 mejores parejas de cada método según los criterios de criba de este.

4.3. Cálculo de parámetros operativos

El cálculo de la media y la desviación estándar se realizan utilizando datos históricos de precios de cierre diarios del periodo de entrenamiento. Estos valores se actualizan diariamente a medida que entran los nuevos datos diarios de cierre, lo que permite una adaptación dinámica de los triggers y permite realizar un testeo más realista o actualizado durante el periodo de operativa. También es tema de debate en la literatura académica de este ámbito cuantas desviaciones estándar son las óptimas para los triggers de las estrategias. Con la finalidad de poder presentar unos resultados significativos con un periodo de 1 año de testeo, se ha escogido 1 desviación estándar que es considerada la que más operaciones arrojará aún que cuenten con un menor recorrido o rentabilidad.

4.4. Procedimiento de las operaciones

La actualización de las series temporales y de los parámetros operativos para los backtest se daba diariamente con el precio de cierre eso quiere decir que las señales de compra/venta eran detectadas por la tarde una vez el mercado estaba cerrado, por ende, para la realización de las operaciones se tiene en consideración como precios de entrada/salida los precios de apertura de mercado del día posterior a la señal. Todas las operaciones que siguieran abiertas al finalizar el periodo de estudio serán cerradas a precio de cierre del 29/12/2023.

4.5. Consideraciones y limitaciones

Es importante tener en cuenta que este estudio no pretende ser una estrategia de trading completa, ya que no aborda aspectos totalmente necesarios para la creación de esta como podría ser la gestión monetaria o de riesgos. Así pues, solo busca indicios de rentabilidad de la mano del arbitraje y no cuenta con stop-loss. Además, la metodología empleada se basa en datos históricos y no se actualiza acorde con factores exógenos que podrían afectar el rendimiento de la estrategia en condiciones reales de mercado. También se hace constar que para la mayoría de los cálculos realizados en este caso práctico se ha hecho uso de software y lenguaje de programación.

5. Caso práctico

5.1. Definición de periodos de entrenamiento/operativa

Se han escogido dos configuraciones distintas, una con un periodo de entrenamiento de 1 año y un periodo de operativa de 6 meses (1/0.5) y otra con un periodo de entrenamiento de 2 años y un periodo de operativa de 1 año (2/1). Se han escogido estas configuraciones basadas en el estudio de [Gatev et al. \(2006\)](#), que indaga en esta temática concluyendo que la configuración (1/0.5) es adecuado para poder detectar patrones consistentes en entrenamiento y para minimizar los cambios del mercado y permitir la explotación eficaz de las relaciones identificadas en el periodo de operativa. Además, se ha incluido la segunda configuración con el fin de detectar patrones más duraderos y comparar la efectividad de ambas configuraciones.

5.2. Pares escogidos definitivos

En los apartados siguientes se presentan las tablas con los pares seleccionados con los cálculos y los métodos descritos en apartados previos.

5.2.1. Distancia mínima cuadrática

Parejas seleccionadas por este método durante los distintos periodos de entrenamiento:

Periodo de entrenamiento	Periodo de trading	Parejas	SSD
01/01/2021 - 01/12/2022	01/01/2023 – 01/12/2023	AENA – AMS	1.1937
		ACS – IBE	1.6301
		ELE – IBE	2.2904
		FER – MAP	2.8470
		SAN – MAP	3.2368
01/01/2022 - 31/12/2022	01/01/2023 – 01/07/2023	NTGY – RED	0.4321
		SAN – MAP	0.6062
		AENA – AMS	0.6602
		ELE – RED	0.6617
		ENG – ELE	0.6640
01/07/2022 – 01/07/2023	01/07/2023- 31/12/2023	ANA – ANE	0.5994
		ACX – FER	0.7155
		ACX – MAP	0.7384
		ENG – TEF	0.7450
		FER – IBE	0.7696

¹ Parejas seleccionadas por el método de la distancia mínima cuadrática. Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.

5.2.2. Ratio entre precios

Parejas seleccionadas por este método durante los distintos periodos de entrenamiento:

Periodo de entrenamiento	Periodo de trading	Parejas	P-valor
01/01/2021 - 31/12/2022	01/01/2023 – 01/12/2023	CABK - REP	0.00022
		ACX – SAN	0.00090
		SLR – TEF	0.00099
		AENA – SAN	0.00135
		MRL – RED	0.00138
01/01/2022 - 31/12/2022	01/01/2023 – 01/07/2023	ELE – MRL	0.00064
		FDR – TEF	0.00097
		REP – SCYR	0.00114
		ACS – SAB	0.00166
		FDR – MEL	0.00167
01/07/2022 – 01/07/2023	01/07/2023 - 31/12/2023	GRF – LOG	0.00004
		REP – UNI	0.00010
		ENG – IBE	0.00011
		GRF – COL	0.00017
		GRF – ITX	0.00024

2 Parejas seleccionadas por el método de la ratio entre precios. Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.

5.2.3. Cointegración

Parejas seleccionadas por este método durante los distintos periodos de entrenamiento:

Periodo de entrenamiento	Periodo de trading	Parejas	P-valor
01/01/2021 - 31/12/2022	01/01/2023 - 01/12/2023	REP – SCYR	0.00238
		ACX – FDR	0.00760
		ANA – IAG	0.01240
		ACX – SAN	0.01447
		SAB – BKT	0.01772
01/01/2022 - 01/12/2022	01/01/2022 - 01/12/2022	CLNX – MEL	0.00060
		CABK – REP	0.00092
		CABK – CLNX	0.00093
		CABK – ROVI	0.00098
		REP – SCYR	0.00098

01/07/2022 – 01/07/2023	01/07/2023 - 31/12/2023	ENG – NTGY	0.00056
		LOG – MAP	0.00064
		CLNX – TEF	0.00085
		ACX – IAG	0.00100
		MTS – REP	0.00108

3 Parejas seleccionadas por el método de cointegración. Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.

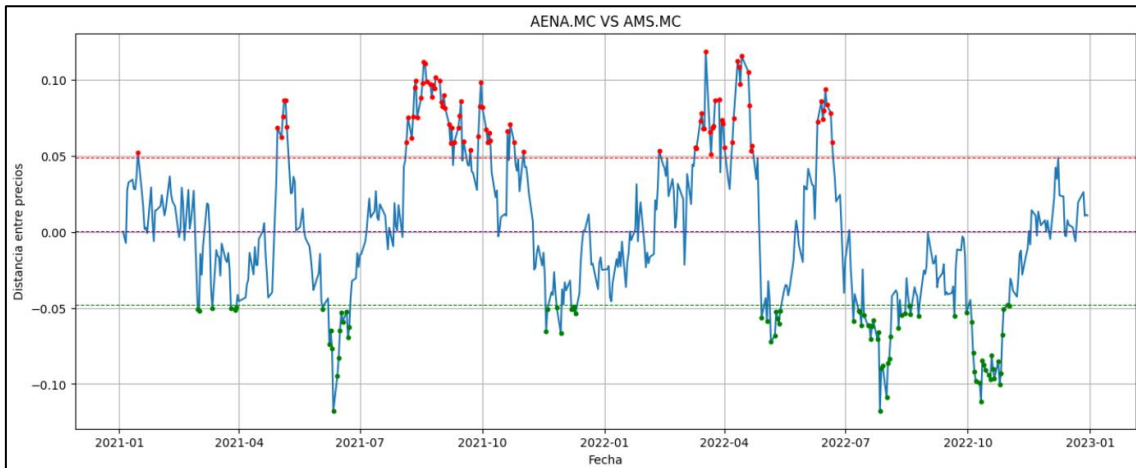
5.3. Modelización de spreads y establecimiento de parámetros operativos

En esta sección se busca detallar el proceso de modelización de los pares seleccionados. Esta modelización es crucial para visualizar, analizar y entender el spread entre los activos emparejados, así como para evaluar cómo se comportan durante el período deseado. En todos los métodos, la modelización y visualización del spread se contextualiza junto a los triggers y la media de la serie y nos permite entender en todo momento en que situación nos encontramos.

Estos elementos permiten observar cómo las series temporales del spread reaccionan ante los cambios en los precios de los activos y proporcionan una base visual para la toma de decisiones en la estrategia.

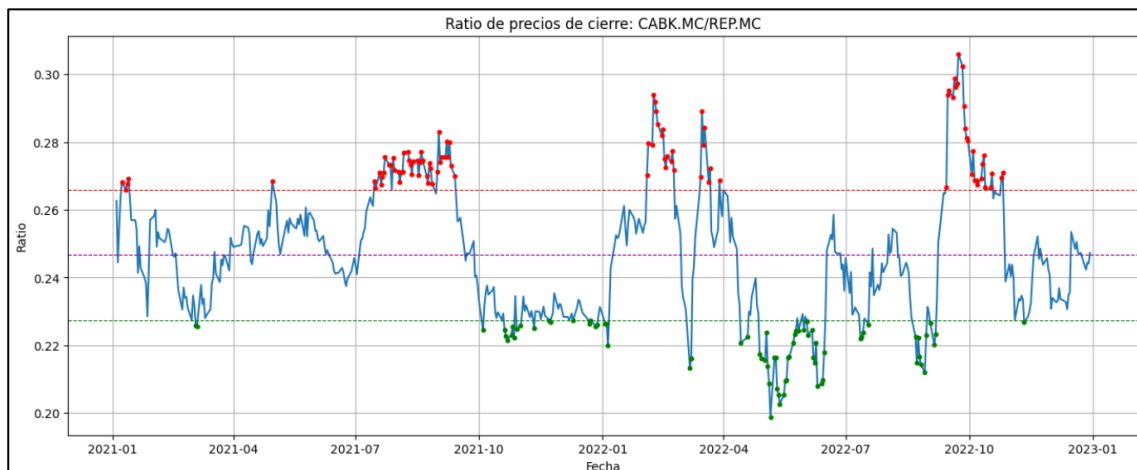
La media del spread proporciona un punto central alrededor del cual se espera que fluctúe la serie temporal, mientras que los triggers actúan como señales dado que cuando el spread cruza por encima del trigger superior se activa una venta de spread indicando la venta del activo A y la compra del activo B y por debajo del trigger inferior, donde se activa una compra de spread indicando la compra del activo A y la venta del activo B.

Para los pares seleccionados mediante la distancia mínima cuadrática, el spread se define como la distancia entre los precios escalados de los activos, esta vez sin ser sumados y sin elevar al cuadrado, permitiendo que el valor del spread tome valores tanto positivos como negativos. Esta distancia nos proporciona una serie temporal del spread, que refleja cómo se desvían los precios de los dos activos a lo largo del tiempo.



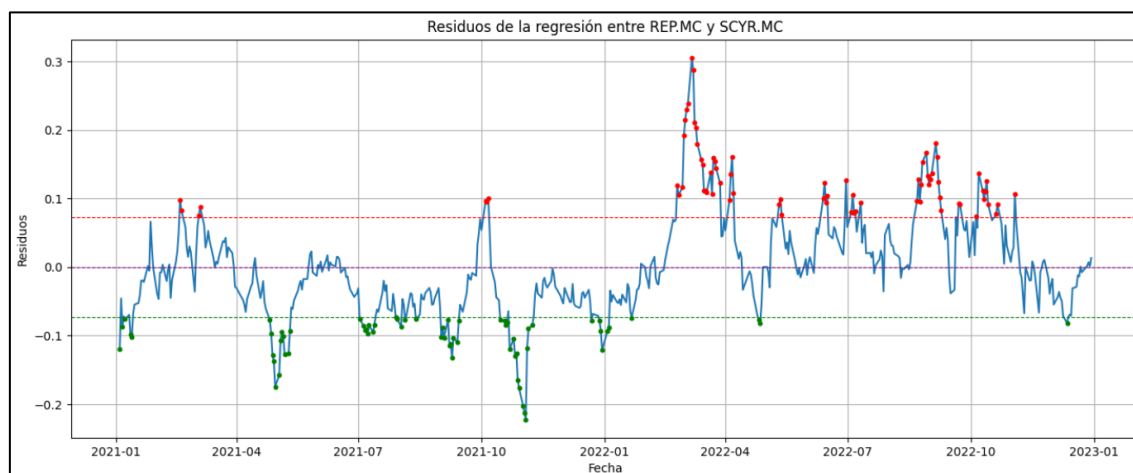
7 Spread modelizado en base a la distancia entre precios escalados de Aena y Amadeus 2021-2023. Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.

Para los pares seleccionados mediante la ratio de precios, el spread se define como el cociente de los precios de los dos activos que ya vimos en apartados anteriores. Esta ratio nos proporciona una serie temporal que muestra cómo varía la relación de precios entre los dos activos a lo largo del tiempo.



8 Spread modelizado en base a la ratio entre los precios de CaixaBank y Repsol 2021-2023. Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.

Para los pares seleccionados mediante cointegración, el spread se define como los residuos de la regresión OLS entre los precios de los dos activos.



9 Spread modelizado en base a los residuos de los activos cointegrados Repsol y Sacyr 2021-2023. Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.

5.4. Resultados del back test

En el siguiente apartado se van a presentar los resultados de los backs test realizados por metodología y por periodo de entrenamiento/operativa definido. Junto al back test se presentarán las operaciones llevadas a cabo durante el periodo de operativa de la pareja con mayor rentabilidad del back test en específico para mostrar cómo se ha realizado el mismo. Los resultados serán presentados en forma de tablas, y la recopilación de todas las operaciones de los backs test serán presentadas en los anexos del trabajo para simplificar y facilitar la lectura de los resultados.

5.4.1. Resultados método distancia mínima cuadrática con periodos (2/1):

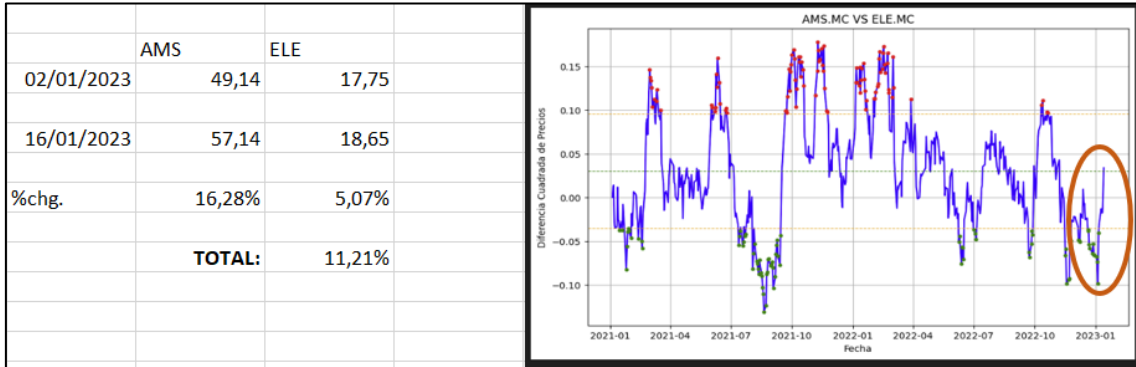
PAREJAS 01/23 – 12/23	N.º OPERACIONES	RENTABILIDAD BRUTA	RENTABILIDAD NETA
AENA – AMS	4	18.14%	16,14%
ELE – IBE	3	17.48%	15.98%
AMS – ELE	5	41.05%	38.55%
AENA - ELE	6	30,94%	27,94%
ACX - SAN	1	-15.88%	-16.38%
TOTAL	19	91.73%	82.23%

4 Resultados del método de la distancia mínima cuadrática con periodo de entrenamiento/operativa (2/1) durante el año 2023. Elaboración propia.

Las operaciones completas de este apartado se pueden encontrar en [Anexo 2](#).

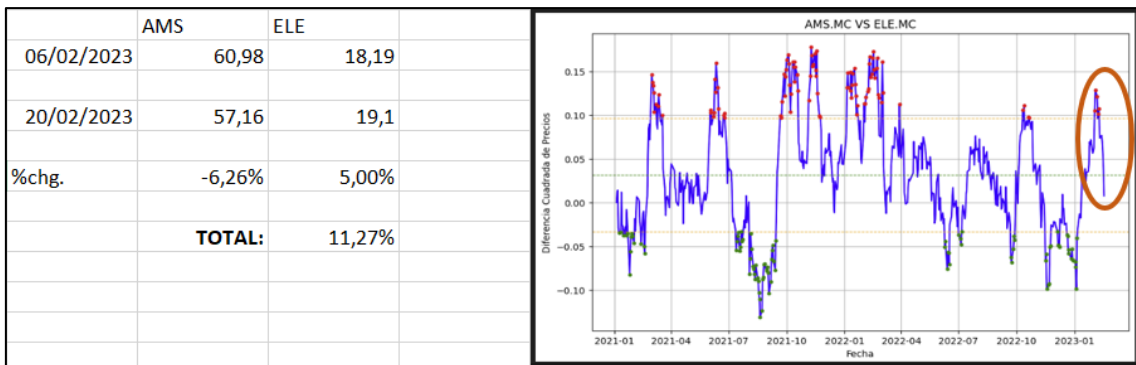
La pareja que presenta mayores rendimientos es la de AMS – ELE con 5 operaciones durante el año de operativa y una rentabilidad neta del 38.55%:

Operación 1:



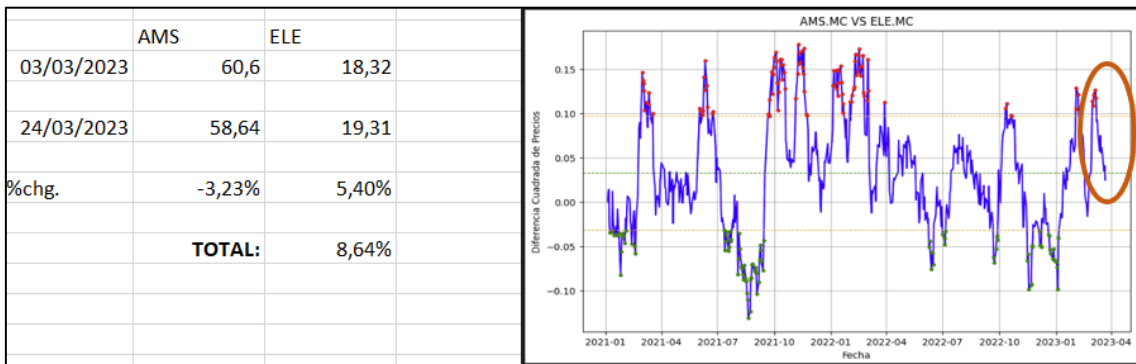
10 Operación 1 AMS-ELE 02/01/2023 – 16/01/2023. Elaboración propia.

Operación 2:



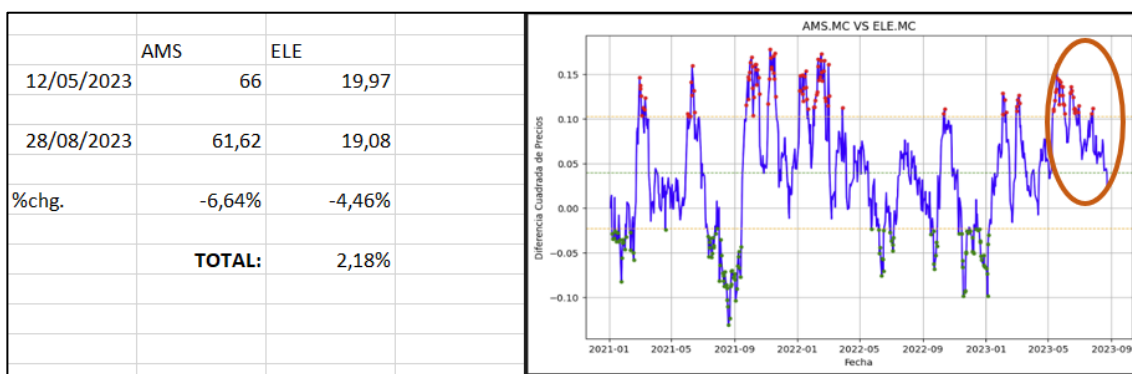
11 Operación 2 AMS-ELE 06/02/2023 – 20/02/2023. Elaboración propia.

Operación 3:



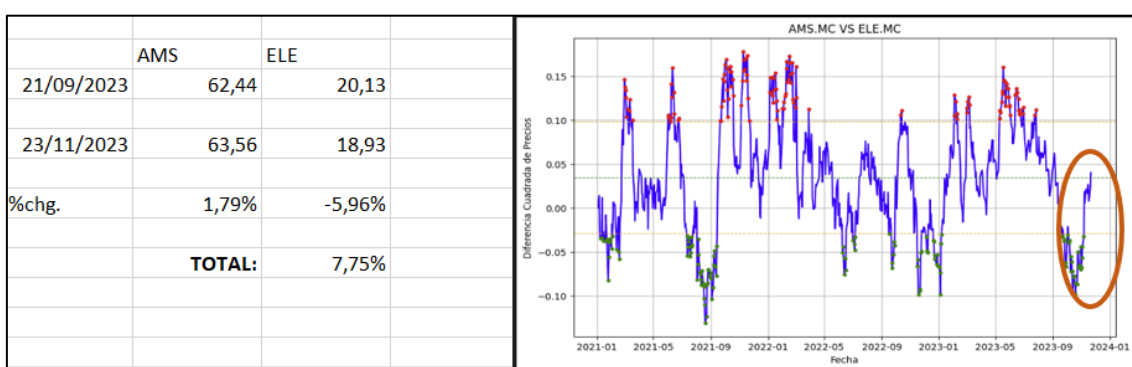
12 Operación 3 AMS-ELE 03/03/2023 – 24/03/2023. Elaboración propia.

Operación 4:



13 Operación 4 AMS-ELE 12/05/2023 – 28/08/2023. Elaboración propia.

Operación 5:



14 Operación 5 AMS-ELE 21/09/2023 – 23/11/2023. Elaboración propia.

5.4.2. Resultados método la estacionariedad de la ratio con periodos (2/1):

PAREJAS	N.º OPERACIONES	RENTABILIDAD BRUTA	RENTABILIDAD NETA
01/23 – 12/23			
CABK – REP	3	5.83%	4.33%
ACX – SAN	1	-19.91%	-20.41%
SLR – TEF	1	24.44%	23.94%
AENA – SAN	2	3.70%	2.70%
MRL - RED	5	0.36%	-2.14%
TOTAL	12	14.42%	8.42%

5 Resultados del método de la estacionariedad de la ratio con periodo de entrenamiento/operativa (2/1) durante el año 2023. Elaboración propia.

Las operaciones completas de este apartado se pueden encontrar en [Anexo 3](#).

La pareja que presenta mayores rendimientos es la de SLR – TEF con 1 sola operación durante el año de operativa y una rentabilidad neta del 23.94%:

Operación 1:



15 Operación 1 SLR-TEF 30/03/2023 – 18/12/2023. Elaboración propia.

5.4.3. Resultados método la cointegración con periodos (2/1):

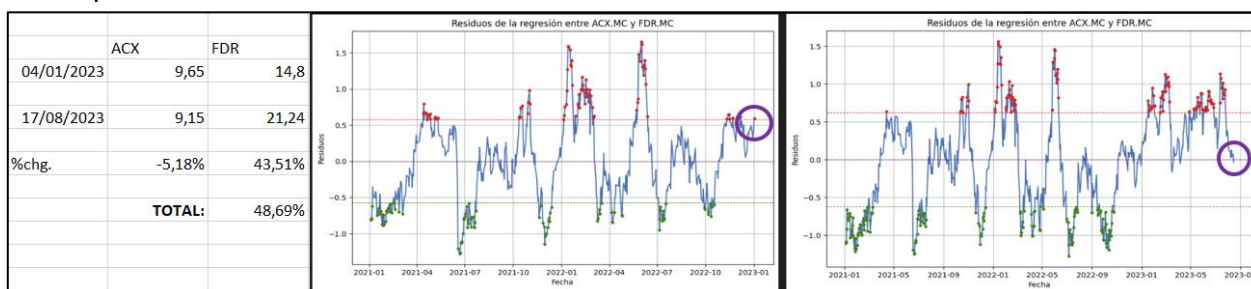
PAREJAS 01/23 – 12/23	N.º OPERACIONES	RENTABILIDAD BRUTA	RENTABILIDAD NETA
REP – SCYR	4	-3.16%	-5.16%
ACX – FDR	2	48.56%	47.56%
ANA – IAG	2	21.80%	20.81%
ACX – SAN	3	2.98%	1.48%
SAB – BKT	1	-25.28%	-25.78%
TOTAL	12	44.91%	38.91%

6 Resultados del método de la cointegración con periodo de entrenamiento/operativa (2/1) durante el año 2023. Elaboración propia.

Las operaciones completas de este apartado se pueden encontrar en [Anexo 4](#).

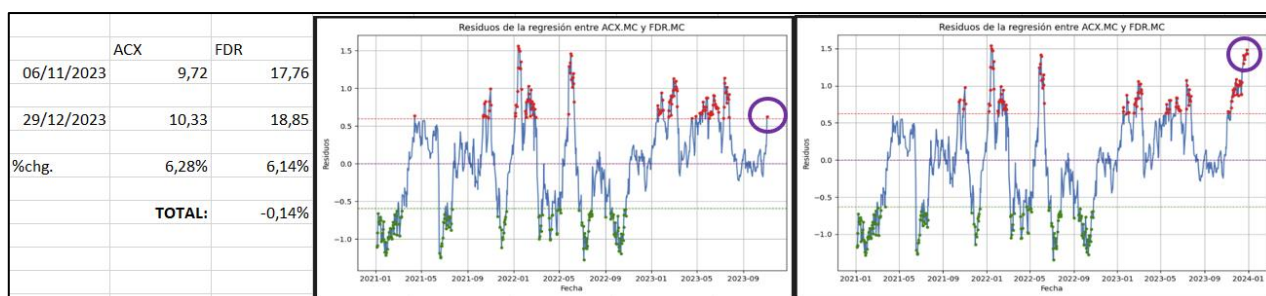
La pareja que presenta mayores rendimientos es la de ACX – FDR con 2 operaciones durante el año de operativa y una rentabilidad neta del 47.56%:

Operación 1:



16 Operación 1 ACX-FDR 04/01/2023 – 17/08/2023. Elaboración propia.

Operación 2:



17 Operación 1 ACX-FDR 06/11/2023 – 29/12/2023. Elaboración propia.

5.4.4. Resultados método la distancia mínima cuadrática con periodos (1/0.5):

PAREJAS 01/23 – 07/23	N.º OPERACIONES	RENTABILIDAD BRUTA	RENTABILIDAD NETA
NTGY – RED	1	-5.83%	-6.33%
SAN – MAP	2	2.31%	1.31%
AENA – AMS	2	8.28%	7.28%
ELE – RED	0	-	-
ENG – ELE	1	-6.44%	-6.94%
PAREJAS 07/23 – 12/23	N.º OPERACIONES	RENTABILIDAD BRUTA	RENTABILIDAD NETA
ANA – ANE	1	7.53%	7.03%
ACX – FER	1	-6.77%	-7.27%
ACX – MAP	2	18.46%	17.46%
ENG – TEF	3	13.76%	12.26%
FER – IBE	1	-9.07%	-9.57%
TOTAL	14	22.24%	15.24%

7 Resultados del método de la distancia mínima cuadrática con periodo de entrenamiento/operativa (1/0.5) durante el año 2023. Elaboración propia.

Los resultados completos de este apartado se pueden encontrar en [Anexo 5](#).

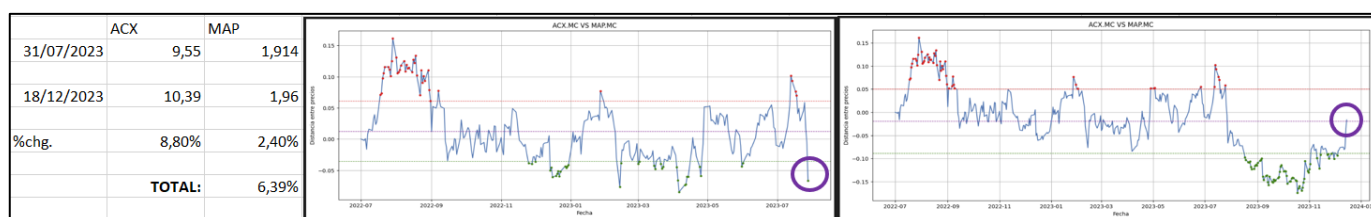
La pareja que presenta mayores rendimientos es la de ACX – MAP con 2 operaciones durante los 6 meses de operativa y una rentabilidad neta del 17.46%:

Operación 1:



18 Operación 1 ACX-MAP 17/07/2023 – 31/07/2023. Elaboración propia.

Operación 2:



19 Operación 2 ACX-MAP 31/07/2023 – 18/12/2023. Elaboración propia.

5.4.5. Resultados método la estacionariedad de la ratio con periodos (1/0.5):

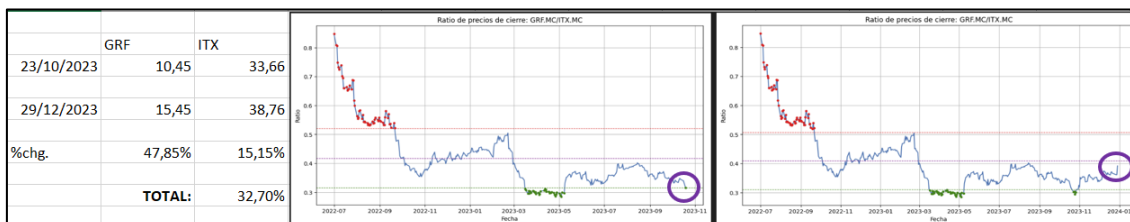
PAREJAS	N.º OPERACIONES	RENTABILIDAD BRUTA	RENTABILIDAD NETA
01/23 – 07/23			
ELE – MRL	1	-16.85%	-17.35%
FDR – TEF	1	29.63%	29.13%
REP – SCYR	1	-24.62%	-25.12%
ACS – SAB	2	23.20%	22.20%
FDR – MEL	1	2.32%	1.82%
PAREJAS	N.º OPERACIONES	RENTABILIDAD BRUTA	RENTABILIDAD NETA
07/23 – 12/23			
GRF – LOG	0	-	-
REP – UNI	4	13.21%	11.21%
ENG – IBE	1	-3.76%	-4.26%
GRF – COL	1	11.73%	11.23%
GRF – ITX	1	32.70%	32.20%
TOTAL	13	67.55%	61.05%

8 Resultados del método de la estacionariedad de la ratio con periodo de entrenamiento/operativa (1/0.5) durante el año 2023. Elaboración propia.

Los resultados completos de este apartado se pueden encontrar en [Anexo 6](#).

La pareja que presenta mayores rendimientos es la de GRF – ITX con 1 operación durante los 6 meses de operativa y una rentabilidad neta del 32.20%:

Operación 1:



20 Operación 1 GRF-ITX 23/10/2023 – 29/12/2023. Elaboración propia.

5.4.6. Resultados del método la cointegración con periodos (1/0.5):

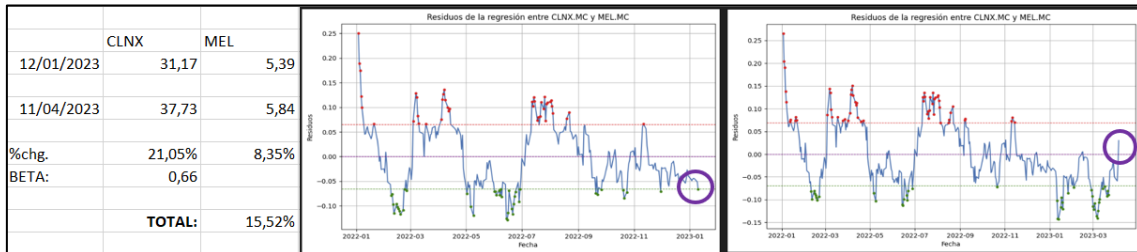
PAREJAS	N.º OPERACIONES	RENTABILIDAD BRUTA	RENTABILIDAD NETA
01/23 – 07/23			
CLNX – MEL	3	25.79%	24.29%
CABK – REP	2	-2.56%	-3.56%
CABK – CLNX	2	7.13%	6.13%
CABK – ROVI	3	23.07%	21.57%
REP – SCYR	1	-14.91%	-15.41%
PAREJAS	N.º OPERACIONES	RENTABILIDAD BRUTA	RENTABILIDAD NETA
07/23 – 12/23			
ENG – NTGY	2	-0.46%	-1.46%
LOG – MAP	2	9.10%	8.10%
CLNX – TEF	2	8.52%	7.52%
ACX – IAG	5	13.30%	10.80%
MTS – REP	2	3.99%	2.99%
TOTAL	24	72.95%	60.95%

9 Resultados del método de la cointegración con periodo de entrenamiento/operativa (1/0.5) durante el año 2023. Elaboración propia.

Los resultados completos de este apartado se pueden encontrar en [Anexo 7](#).

La pareja que presenta mayores rendimientos es la de CLNX – MEL con 3 operaciones durante los 6 meses de operativa y una rentabilidad neta del 24,29%:

Operación 1:



21 Operación 1 CLNX-MEL 12/01/2023 – 11/04/2023. Elaboración propia.

Operación 2:



22 Operación 2 CLNX-MEL 15/05/2023 – 29/05/2023. Elaboración propia.

Operación 3:



23 Operación 3 CLNX-MEL 14/06/2023 – 30/06/2023. Elaboración propia.

5.5. Presentación de resultados finales

A continuación, se muestran las tablas con los resultados finales de los backs test que posteriormente serán discutidos y comparados en el apartado de conclusiones:

BACKTEST (2/1):				MÉTODO		
Periodo de entrenamiento:	01-01-2021 / 01-01-2023	504 días (2A)		DISTANCIA	RATIO	COINTEGRACIÓN
Periodo de trading:	01-01-2023 / 01-01-2024	252 días (1A)				
			RENT. BRUTA (%)	91,73%	14,42%	44,91%
			Nº Operaciones	19	12	12
			WinRatio%	84,21%	66,67%	50,00%
BACKTEST (1/0,5):				MÉTODO		
Periodo de entrenamiento:	01-01-2022 / 01-01-2023	252 días (1A)		DISTANCIA	RATIO	COINTEGRACIÓN
Periodo de trading:	01-01-2023 / 01-07-2023	126 días (6M)				
			RENT. BRUTA (%)	-1,67%	13,68%	38,51%
Periodo de entrenamiento:	01-07-2022 / 01-07-2023	252 días (1A)		RENT. BRUTA (%)	23,91%	53,87%
Periodo de trading:	01-07-2023 / 01-01-2024	126 días (6M)		TOTAL	22,24%	67,55%
			Nº Operaciones	14	13	23
			WinRatio%	57,14%	69,23%	82,61%

24 Resultados de los diversos backs test. Elaboración propia.

		MÉTODO	
RENT.NETA (%)	DISTANCIA	RATIO	COINTEGRACIÓN
BACKTEST (2/1)	82,23%	8,42%	38,91%
BACKTEST (1/0,5)	15,24%	61,05%	61,45%
		MÉTODO	
WinRatio%	DISTANCIA	RATIO	COINTEGRACIÓN
BACKTEST (2/1)	84,21%	66,67%	50,00%
BACKTEST (1/0,5)	57,14%	69,23%	82,61%

25 Resultados finales. Elaboración propia.

6. Conclusiones

Ante los resultados obtenidos y previamente a profundizar en los mismos podemos afirmar que en general existió la posibilidad de obtener rendimientos en el mercado de acciones español durante el año de 2023 de la mano del arbitraje estadístico, pues las rentabilidades netas de todas las variaciones estudiadas muestran rendimientos positivos además de un porcentaje de operaciones exitosas (win ratio) superior al 50%.

Como se ha comentado anteriormente en este trabajo, la finalidad es evaluar y comparar las distintas metodologías y no la intención de crear una estrategia rentable por lo que no se van a hacer comparaciones de rendimientos del estilo índice de Sharp ni se van a ajustar los rendimientos en base al riesgo.

Al analizar los resultados de la metodología de la distancia es fácilmente distinguible que ha funcionado mucho mejor con el periodo de entrenamiento y trading más largo.

Eso nos indica que los activos que han presentado una menor divergencia en un mayor plazo son más susceptibles de indicar una relación fuerte que posteriormente ha sufrido pocas variaciones permitiendo monetizar las desviaciones temporales durante todo el periodo de trading obteniendo finalmente una rentabilidad neta asombrosa del 82.23% y contando con un alto porcentaje de operaciones exitosas del 84.21%. Mientras que, con el periodo de entrenamiento y trading más corto, las relaciones detectadas no han sido lo suficientemente robustas o estables para ser monetizadas durante los 6 meses posteriores, obteniendo solo un 15.24% de rentabilidad anual. Por tanto, podemos concluir que, en el contexto del estudio, la metodología de la distancia se ha visto favorecida y ha obtenido unos muy buenos resultados utilizando unos periodos de entrenamiento más largos.

Por el contrario, si pasamos a analizar los resultados obtenidos con la metodología de la ratio, nos encontramos con un escenario totalmente inverso. Con este segundo método podemos ver que las parejas que han demostrado mantener una buena estabilidad de la ratio durante el periodo de entrenamiento largo, posteriormente no han sido capaces de mantenerlo provocando que en el periodo de trading no se haya podido capitalizar con éxito las desviaciones detectadas obteniendo solo un 8,42% de rentabilidad a pesar de contar con un porcentaje de operaciones exitosas de casi el 67%. Sin embargo, parece indicar que la detección en periodos más breves de tiempo de ventanas de estabilidad de la mano del periodo de entrenamiento de solo un año si han conseguido arrojar buenos resultados al poder ser capitalizados con la brevedad de los 6 meses posteriores de trading obteniendo finalmente una rentabilidad del 61.05% con prácticamente un porcentaje muy parecido de operaciones exitosas del 69.23%. Por lo tanto, como conclusión de esta metodología podemos afirmar que en el contexto del estudio la estabilidad de la ratio entre activos ha conseguido ser más efectiva, detectando ventanas más reducidas de estabilidad al poder capitalizarlas antes de que puedan difuminarse.

Por último, si analizamos los resultados obtenidos por la cointegración podemos observar que han sido los más estables y los más recurrentes, ya que ningún resultado muestra las cifras desorbitadas que hemos podido encontrar en otros métodos, pero tampoco presenta para nada malos resultados en ninguno de los backs test, eso nos reafirma su capacidad de reducir la exposición al mercado de la mano de las betas. Todo y no tener una disparidad tan marcada como los otros dos métodos también podemos ver que este método en el contexto estudiado ha sido más eficaz captando relaciones a más corto plazo y rentabilizándolas en los meses posteriores al advertirse una menor capacidad de capitalizar relaciones más prolongadas. Todo y con eso con los periodos

(2/1) ha conseguido una rentabilidad para nada despreciable del 38.91% con solo la mitad de las operaciones exitosas (50%). Pero sin duda ha funcionado con mayor eficacia con el periodo más corto de (1/0.5) obteniendo un 61.45% de rentabilidad con más de un 80% de operaciones exitosas.

En definitiva, las conclusiones más llamativas e importantes extraídas de todo este caso práctico radican en el buen rendimiento durante el periodo estudiado en el mercado estudiado de la metodología de la distancia mínima cuadrática contando con 2 años de periodo de entrenamiento y 1 año de periodo de trading y con la metodología de la cointegración con el periodo de entrenamiento de 1 año y el periodo de trading de 6 meses consiguiendo respectivamente unas rentabilidades del 82.23% y 61.45% con un porcentaje de operaciones positivas del 84.21% y el 82.61%

Para posteriores estudios o investigaciones animaría a coger la dirección de la cointegración, ya que aparte de ser el método más sólido y robusto debido a sus bases teóricas y presentar la mayor consistencia presentada en este estudio, es la que creo que mayor se adapta a las condiciones de mercado. Pensando, pues, que puede ser el método con mayor proyección y aplicaciones ante la incertidumbre del futuro y cambiante mercado.

7. Bibliografía

- Gatev, E., Goetzmann, W. N., & Rouwenhorst, K. G. (2006). Pairs trading: Performance of a relative-value arbitrage rule. *The Review of Financial Studies*, 19(3), 797-827. <https://www.jstor.org/stable/3844014>
- Do, B., & Faff, R. (2010). Does simple pairs trading still work? *Financial Analysts Journal*, 66(4), 83–95.
- Do, B., & Faff, R. (2012). Are pairs trading profits robust to trading costs? *Journal of Financial Research*, 35(2), 261–287.
- Chen, C. W. S., Chen, M., & Chen, S.-Y. (2014). Pairs trading via three-regime threshold autoregressive GARCH models. In *Modeling dependence in econometrics* (pp. 127–140). Cham: Springer.
- Papadakis, G., & Wysocki, P. (2007). Pairs trading and accounting information (Boston University and Mit Working Paper).
- Baronyan, S. R., Bodurođlu, I. I., & Şener, E. (2010). Investigation of stochastic pairs trading strategies under different volatility regimes. *The Manchester School*, 114-134(Supplement), 114-134. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.2010.02204.x>
- Nicolas Huck & Komivi Afawubo (2014): Pairs trading and selection methods: is cointegration superior?, *Applied Economics*, DOI: 10.1080/00036846.2014.975417
- Smith, R. T., & Xu, X. (2017). A good pair: alternative pairs-trading strategies. *Financial Markets and Portfolio Management*, 31(1), 1-26. <https://doi.org/10.1007/s11408-016-0280-x>

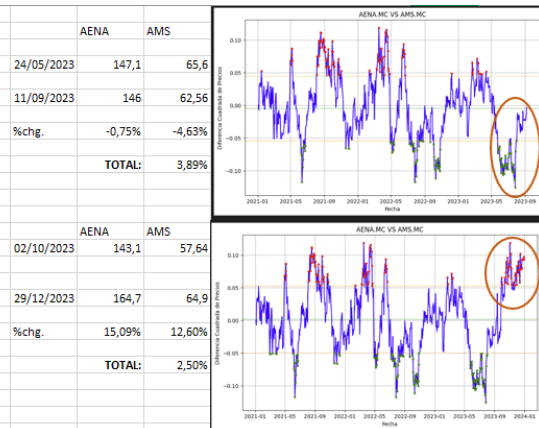
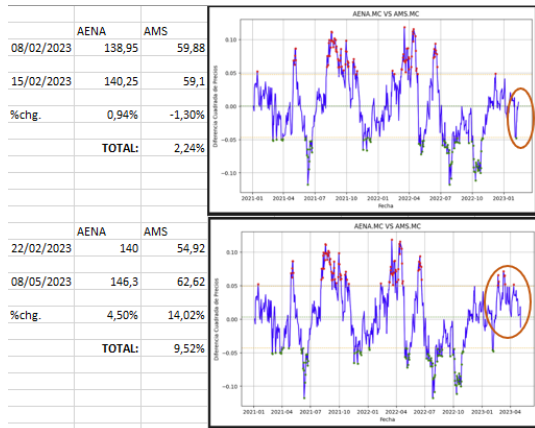
8. Anexos

Anexo 1: Tabla de abreviaciones

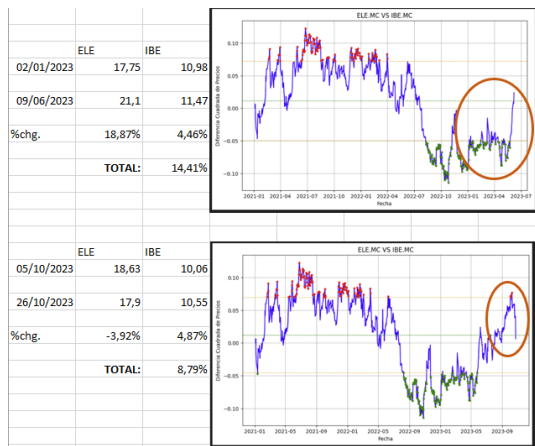
Nombre Empresa	Abreviación
Acciona	ANA
Acciona Energía	ANE
Acerinox	ACX
ACS	ACS
Aena	AENA
Amadeus	AMS
Arcelor Mittal	MTS
Banco Sabadell	SAB
Banco Santander	SAN
Bankinter	BKT
BBVA	BBVA
CaixaBank	CABK
Cellnex Telecom	CLNX
Enagás	ENG
Endesa	WLW
Ferrovial	FER
Fluidra	FDR
Grifols	GRF
IAG	IAG
Iberdrola	IBE
Inditex	ITX
Indra	IDR
Inmobiliaria Colonial	COL
Laboratorios Rovi	ROVI
Logista	LOG
Mapfre	MAP
Meliá Hotels	MEL
Merlín Properties	MRL
Naturgy	NTGY
Redeia Corporación	RED
Repsol	REP
Sacyr	SCYR
Solaria	SLR
Telefónica	TEF
Unicaja	UNI

Anexo 2: Resultados completos (2/1) distancia mínima

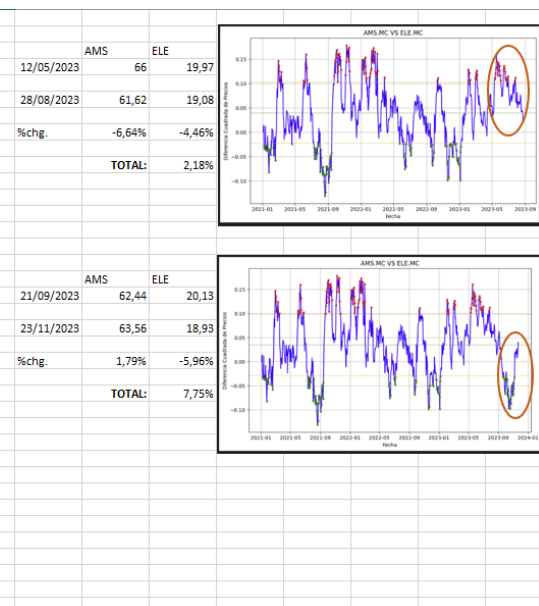
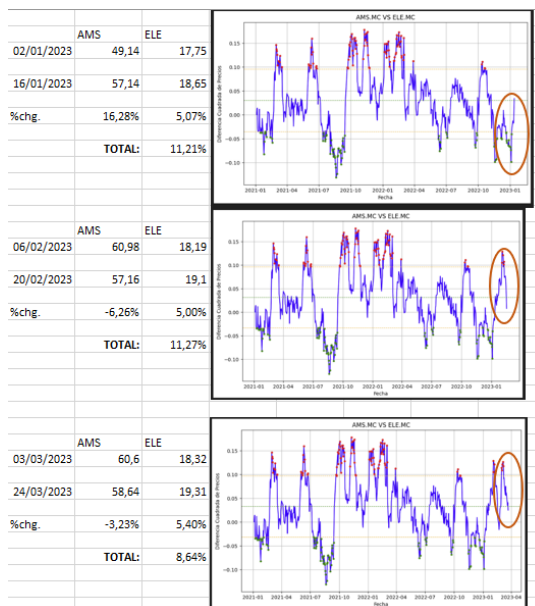
Pareja: AENA – AMS



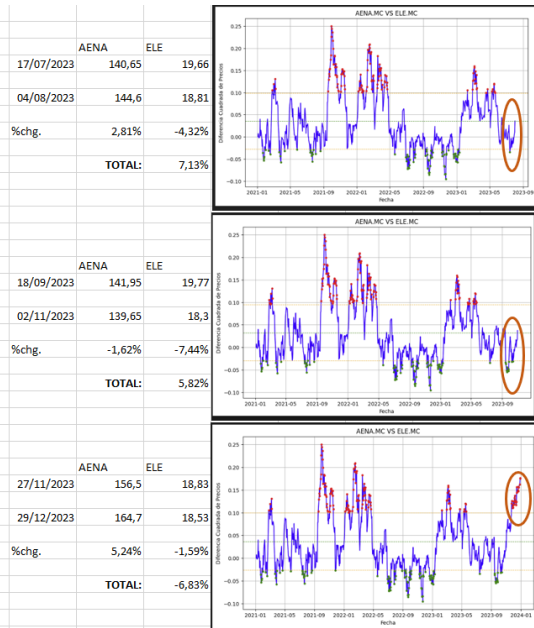
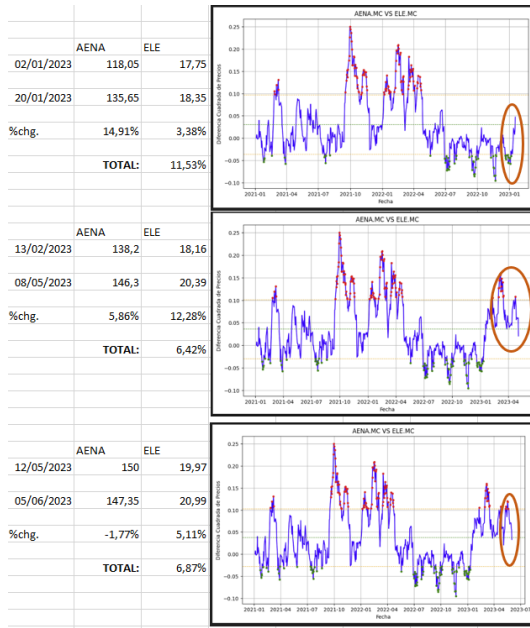
Pareja: ELE – IBE



Pareja: AMS – ELE

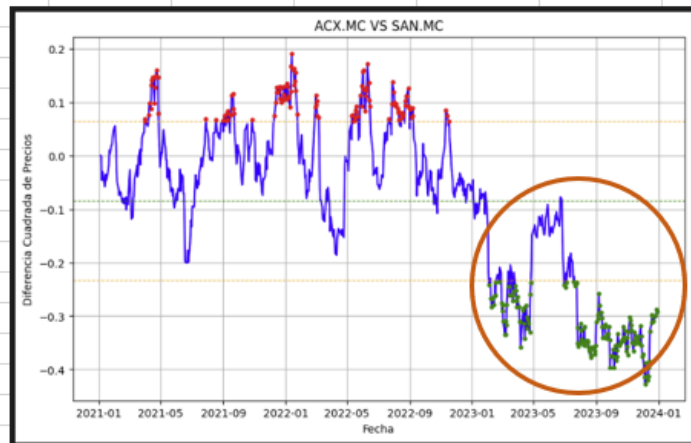


Pareja: AENA – ELE



Pareja: ACX – SAN

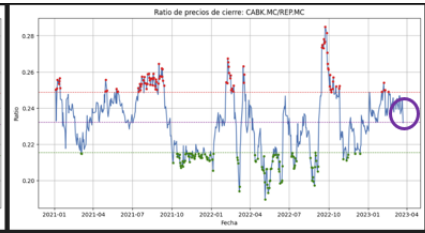
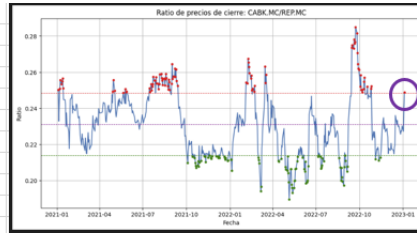
	ACX	SAN
06/01/2023	9,7	2,99
29/12/2023	10,74	3,7855
%chg.	10,72%	26,61%
TOTAL:	-15,88%	



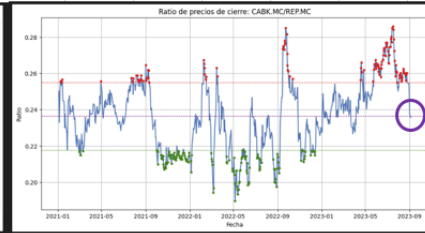
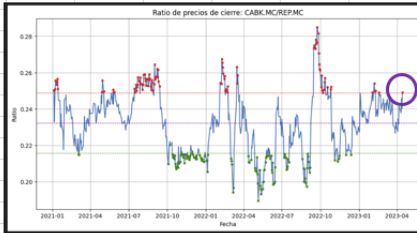
Anexo 3: Resultados completos (2/1) ratio

Pareja: CABK – REP

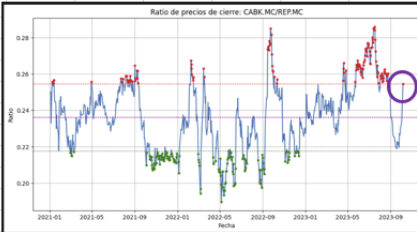
	CABK	REP
06/01/2023	3,907	14,8
27/03/2023	3,55	13,97
%chg.	-9,14%	-5,61%
TOTAL:		3,53%



	CABK	REP
17/04/2023	3,56	13,94
06/09/2023	3,624	14,66
%chg.	1,80%	5,16%
TOTAL:		3,37%

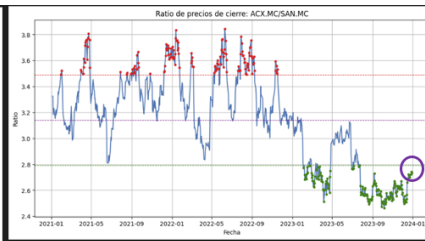
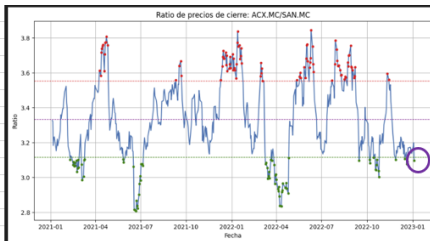


	CABK	REP
09/10/2023	3,767	14,52
29/12/2023	3,4259	13,05
%chg.	-9,05%	-10,12%
TOTAL:		-1,07%



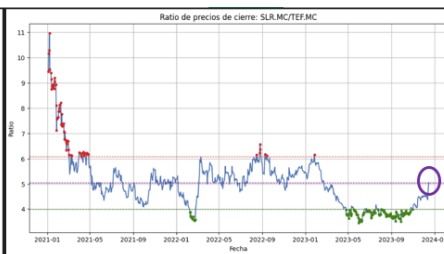
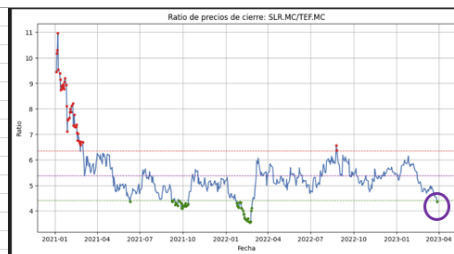
Pareja: ACX – SAN

	ACX	SAN
06/01/2023	9,7	2,99
29/12/2023	10,33	3,7795
%chg.	6,49%	26,40%
TOTAL:		-19,91%

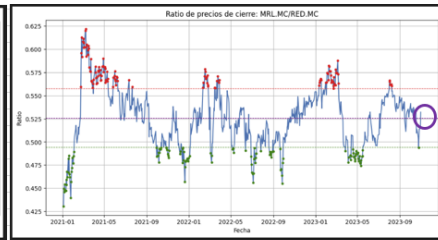
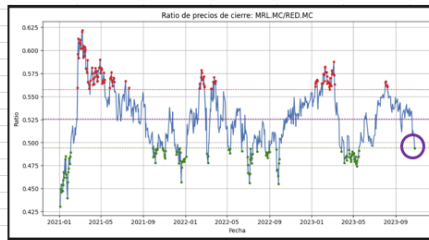


Pareja: SLR – TEF

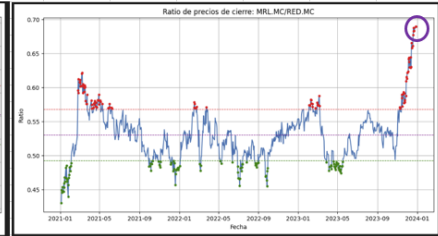
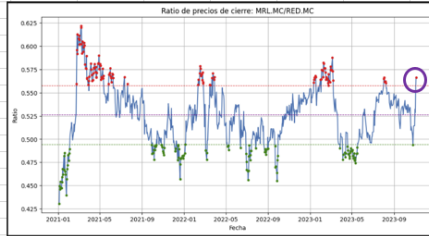
	SLR	TEF
30/03/2023	15,59	3,92
18/12/2023	18,18	3,613
%chg.	16,61%	-7,83%
TOTAL:		24,44%



	MRL	RED
27/10/2023	7,63	14,92
02/11/2023	7,93	14,9
%chg.	3,93%	-0,13%
TOTAL:		4,07%



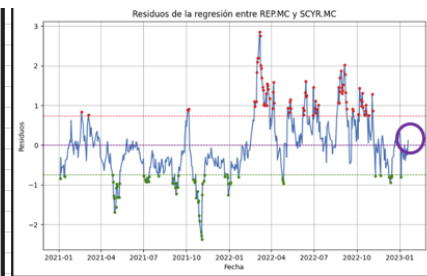
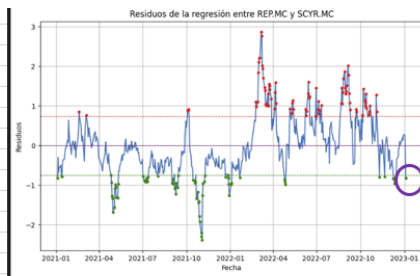
	MRL	RED
06/11/2023	8,48	14,97
29/12/2023	10,06	14,64
%chg.	18,63%	-2,20%
TOTAL:		-20,84%



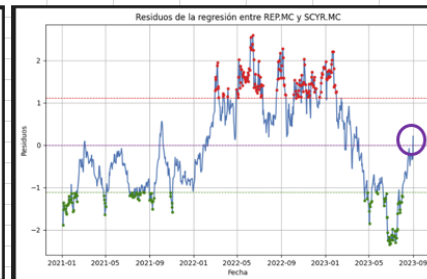
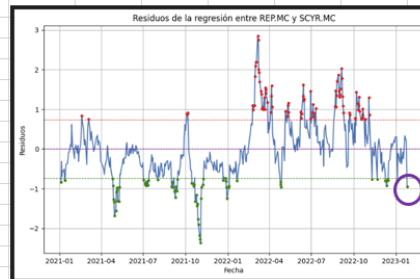
Anexo 4: Resultados completos (2/1) cointegración

Pareja: REP – SCRY

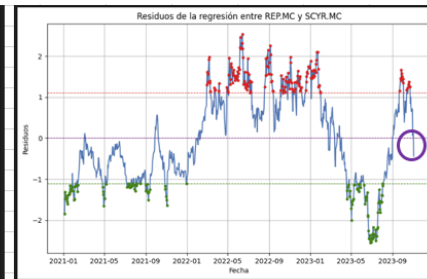
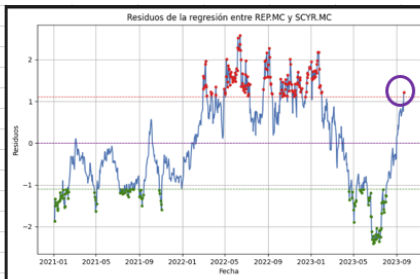
	REP	SCYR
06/01/2023	14,84	2,5976
23/01/2023	15,31	2,5957
%chg.	3,17%	-0,07%
TOTAL:		3,24%



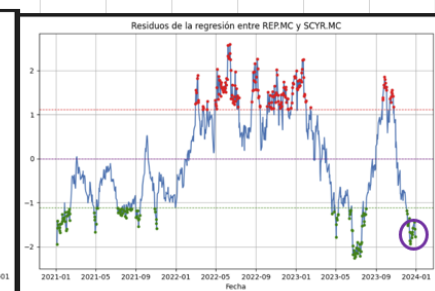
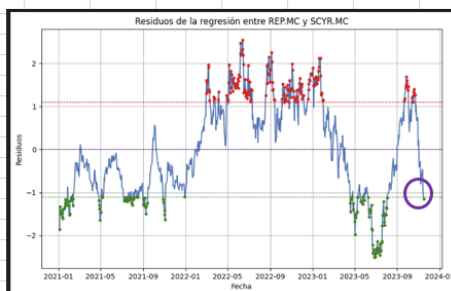
	REP	SCYR
27/01/2023	15,19	2,7477
04/09/2023	14,8	2,926
%chg.	-2,57%	6,49%
TOTAL:		-9,06%



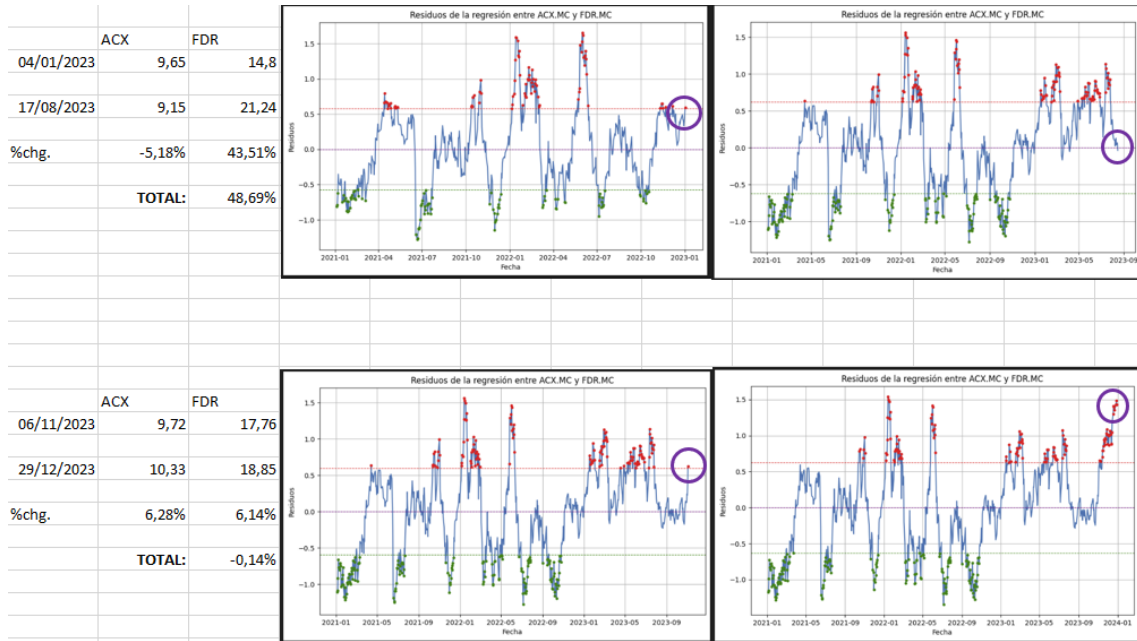
	REP	SCYR
25/09/2023	15,59	2,862
06/11/2023	13,77	2,84
%chg.	-11,67%	-0,77%
TOTAL:		10,91%



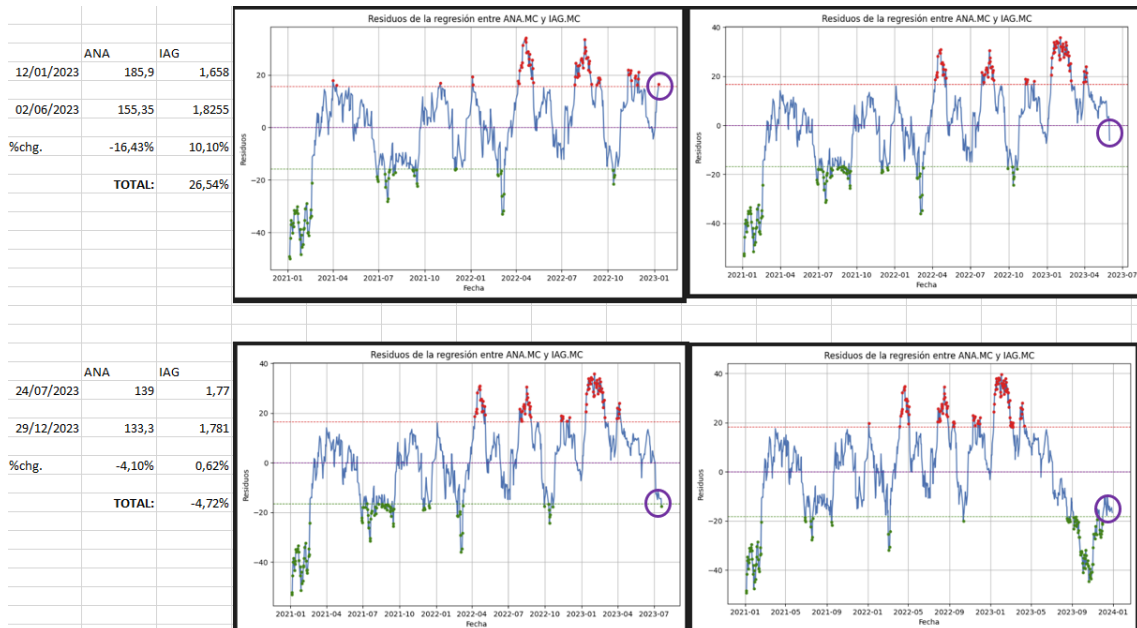
	REP	SCYR
20/11/2023	13,89	3
29/12/2023	13,05	3,0661
%chg.	-6,05%	2,20%
TOTAL:		-8,25%



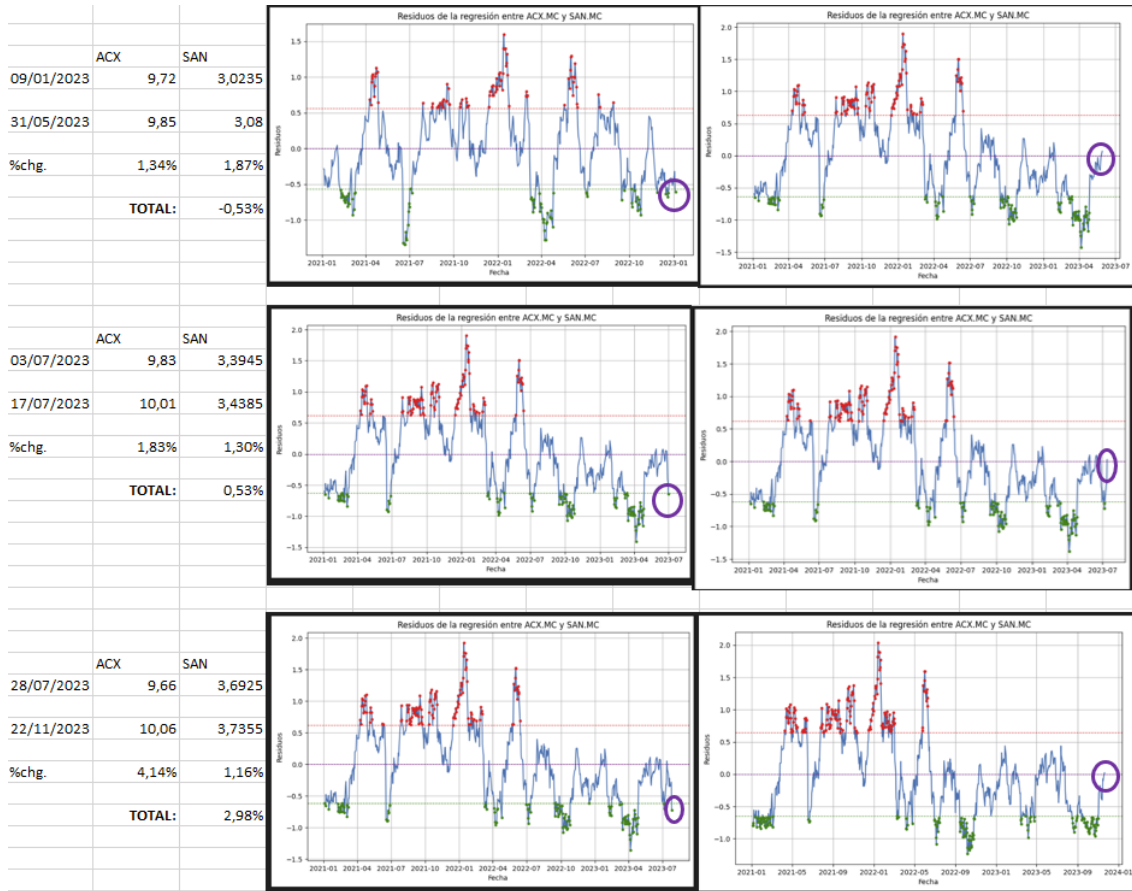
Pareja: ACX – FDR



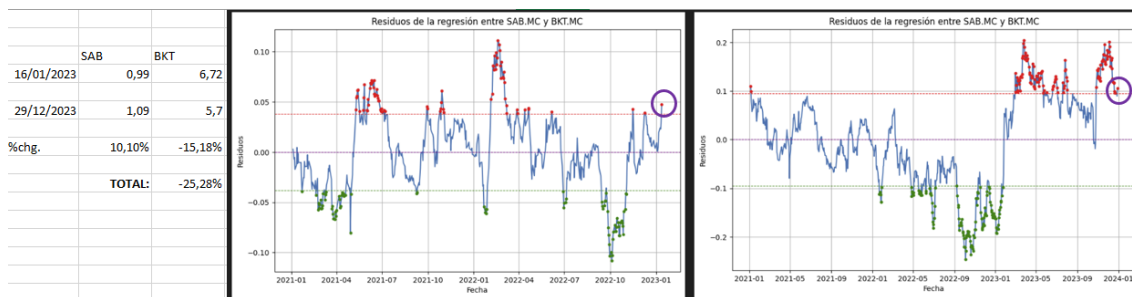
Pareja: ANA – IAG



Pareja: ACX – SAN



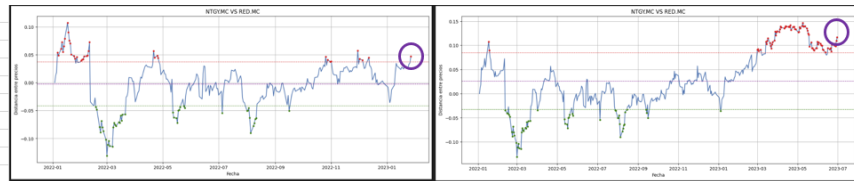
Pareja: SAB – BKT



Anexo 5: Resultados completos (1/0.5) distancia mínima

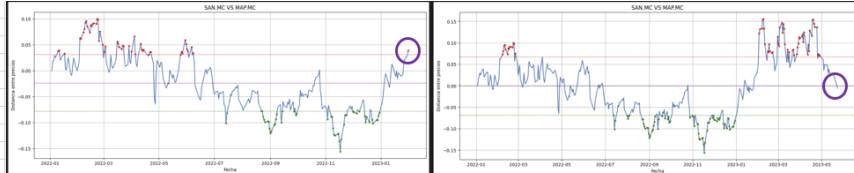
Pareja: NTGY – RED

	NTGY	RED
30/01/2023	26,06	16,24
30/06/2023	25,75	15,1
%chg.	-1,19%	-7,02%
TOTAL:		-5,83%

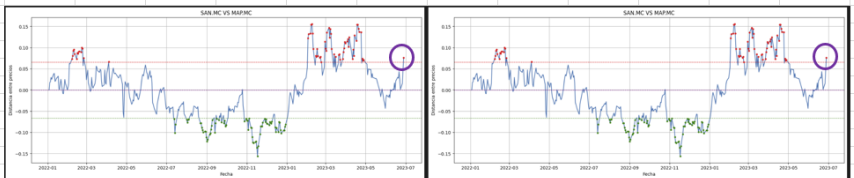


Pareja: SAN – MAP

	SAN	MAP
02/02/2023	3,3	1,848
25/05/2023	3,132	1,85
%chg.	-5,09%	0,11%
TOTAL:		5,20%

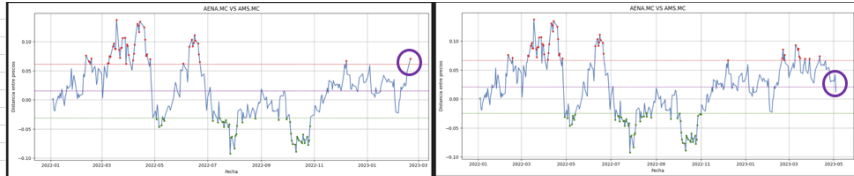


	SAN	MAP
30/06/2023	3,37	1,816
30/06/2023	3,2434	1,6954
%chg.	-3,76%	-6,64%
TOTAL:		-2,88%

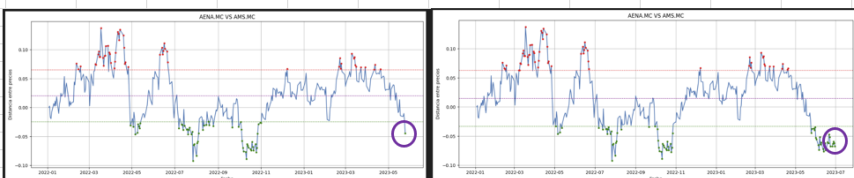


Pareja: AENA – AMS

	AENA	AMS
22/02/2023	140	54,92
06/05/2023	146,3	62,62
%chg.	4,50%	14,02%
TOTAL:		9,52%

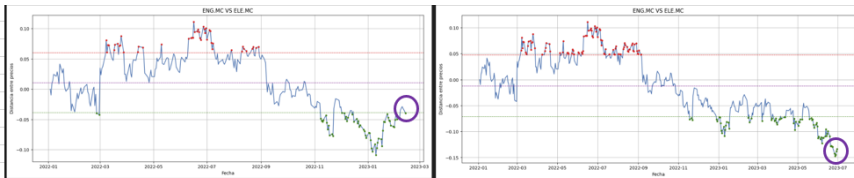


	AENA	AMS
29/05/2023	147,75	67,5
30/06/2023	148	68,45
%chg.	0,17%	1,41%
TOTAL:		-1,24%



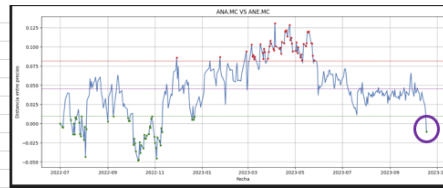
Pareja: ENG – ELE

	ENG	ELE
15/03/2023	17,27	19,05
30/06/2023	16,24	19,14
%chg.	-5,96%	0,47%
TOTAL:		-6,44%



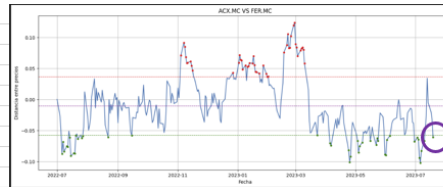
Pareja: ANA – ANE

	ANA	ANE
20/10/2023	118,25	25,5
13/12/2023	130,4	26,2
%chg.	10,27%	2,75%
TOTAL:	7,53%	



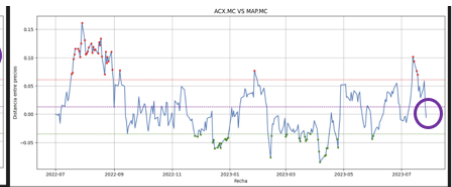
Pareja: AXC – FER

	ACX	FER
	10	30
	10,33	33,02
%chg.	3,30%	10,07%
TOTAL:	-6,77%	



Pareja: ACX – MAP

	ACX	MAP
17/07/2023	10,01	1,781
31/07/2023	9,55	1,914
%chg.	-4,60%	7,47%
TOTAL:	12,06%	

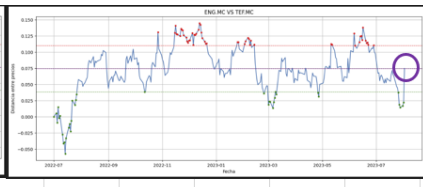
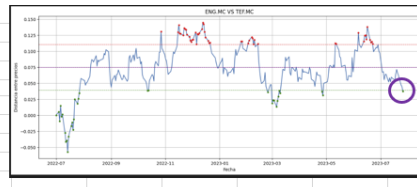


	ACX	MAP
31/07/2023	9,55	1,914
18/12/2023	10,39	1,96
%chg.	8,80%	2,40%
TOTAL:	6,39%	



Pareja: ENG - TEF

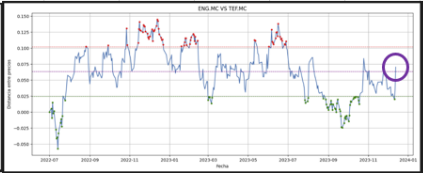
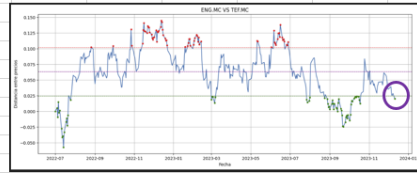
	ENG	TEF
28/07/2023	16,37	3,928
04/08/2023	15,75	3,538
%chg.	-3,79%	-9,93%
TOTAL:	6,14%	



	ENG	TEF
17/08/2023	15,41	3,585
27/10/2023	15,94	3,562
%chg.	3,44%	-0,64%
TOTAL:	4,08%	

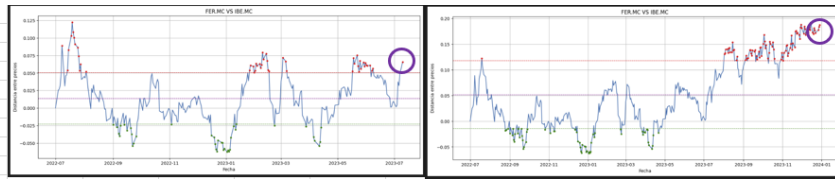


	ENG	TEF
13/12/2023	16,8	3,789
15/12/2023	16,92	3,682
%chg.	0,71%	-2,82%
TOTAL:	3,54%	



Pareja: FER – IBE

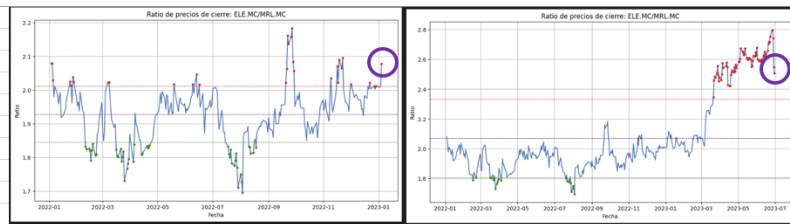
	FER	IBE
12/07/2023	29,08	11,17
29/12/2023	33,02	11,67
%chg.	13,55%	4,48%
TOTAL:	-9,07%	



Anexo 6: Resultados completos (1/0.5) ratio

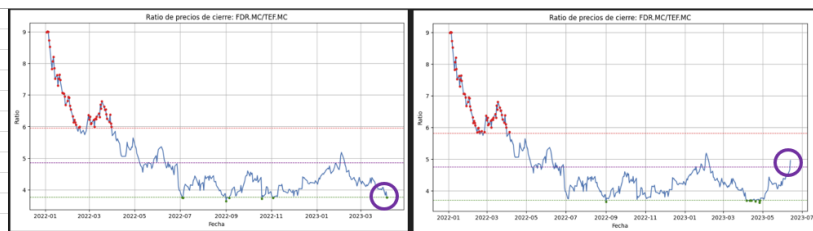
Pareja: ELE – MRL

	ELE	MRL
06/01/2023	18,51	8,85
30/06/2023	19,14	7,66
%chg.	3,40%	-13,45%
TOTAL:	-16,85%	



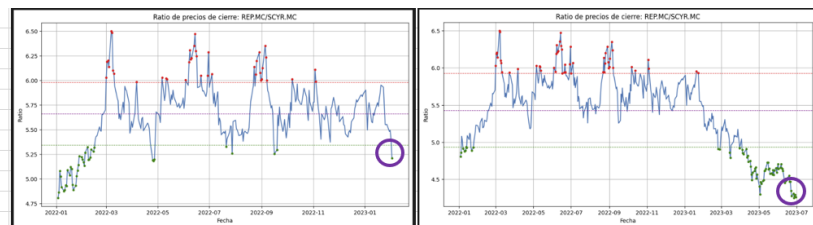
Pareja: FDR – TEF

	FDR	TEF
11/04/2023	15	4,071
15/06/2023	17,83	3,633
%chg.	18,87%	-10,76%
TOTAL:	29,63%	



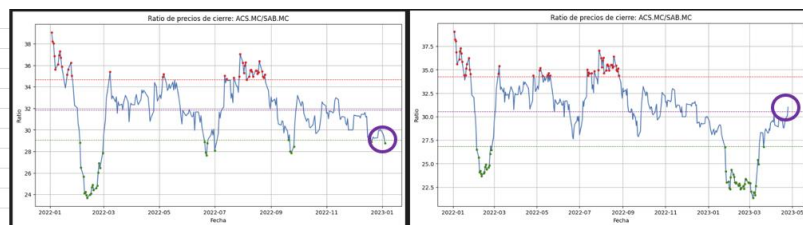
Pareja: REP – SCRY

	REP	SCYR
06/02/2023	14,45	2,7438
30/06/2023	12,6	3,068
%chg.	-12,80%	11,82%
TOTAL:	-24,62%	

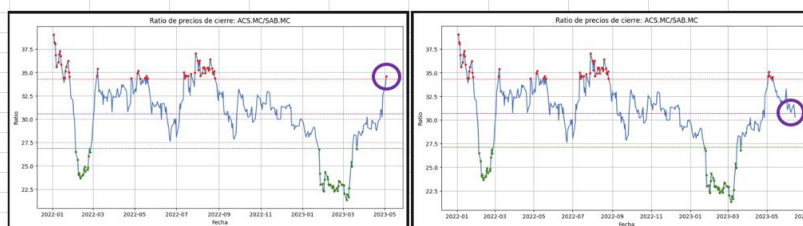


Pareja: ACS – SAB

	ACS	SAB
06/01/2023	27,18	0,96
27/04/2023	30,97	1
%chg.	13,94%	4,17%
TOTAL:	9,78%	

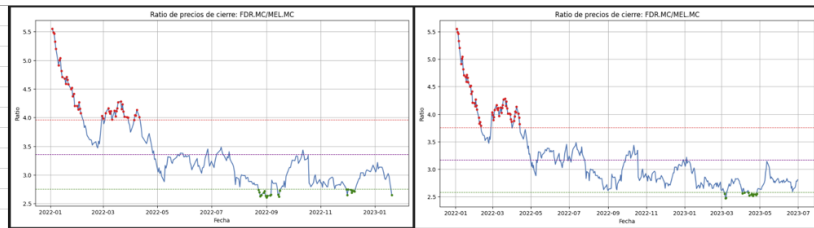


	ACS	SAB
05/05/2023	31,07	0,889
16/06/2023	30,97	1,0055
%chg.	-0,32%	13,10%
TOTAL:	13,43%	



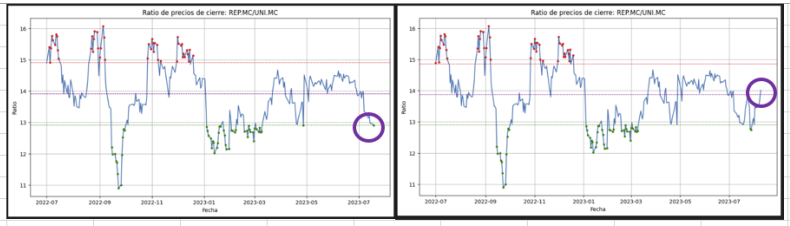
Pareja: FDR – MEL

	FDR	MEL
23/01/2023	16,28	6,16
30/06/2023	17,16	6,35
%chg.	5,41%	3,08%
TOTAL:		2,32%

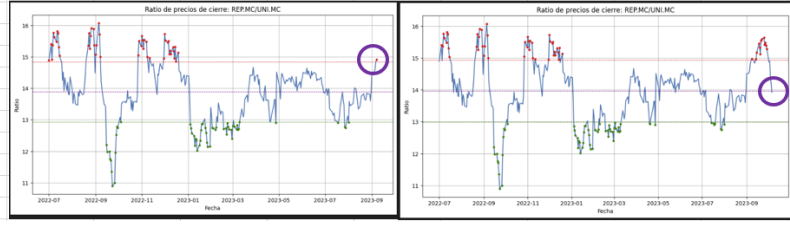


Pareja: REP – UNI

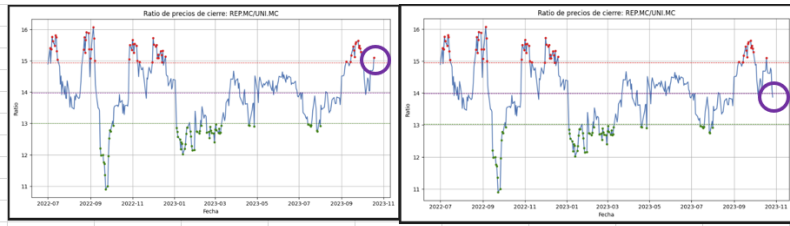
	REP	UNI
20/07/2023	12,94	1
11/08/2023	14,04	1,013
%chg.	8,50%	1,30%
TOTAL:		7,20%



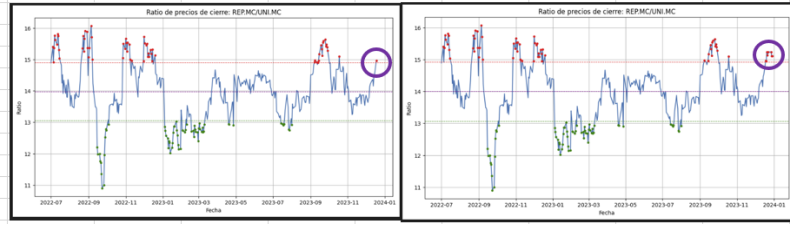
	REP	UNI
11/09/2023	14,89	1,01
09/10/2023	14,52	1,01
%chg.	-2,48%	0,00%
TOTAL:		2,48%



	REP	UNI
20/10/2023	14,93	1,011
30/10/2023	13,95	1,005
%chg.	-6,56%	-0,59%
TOTAL:		5,97%

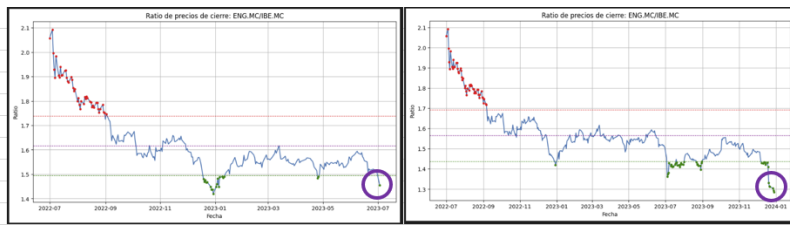


	REP	UNI
20/12/2023	13,6	0,91
29/12/2023	13,05	0,8509
%chg.	-4,04%	-6,49%
TOTAL:		-2,45%



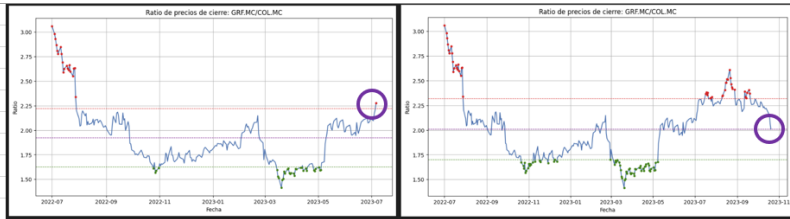
Pareja: ENG – IBE

	ENG	IBE
05/07/2023	16,56	12,16
30/12/2023	15,27	11,67
%chg.	-7,79%	-4,03%
TOTAL:		-3,76%



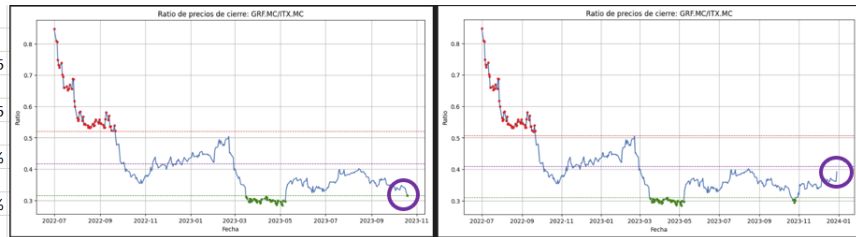
Pareja: GRF – COL

	GRF	COL	
10/07/2023	12,15	5,3	
23/10/2023	10,45	5,18	
%chg.	-13,99%	-2,26%	
TOTAL:	11,73%		



Pareja: GRF – ITX

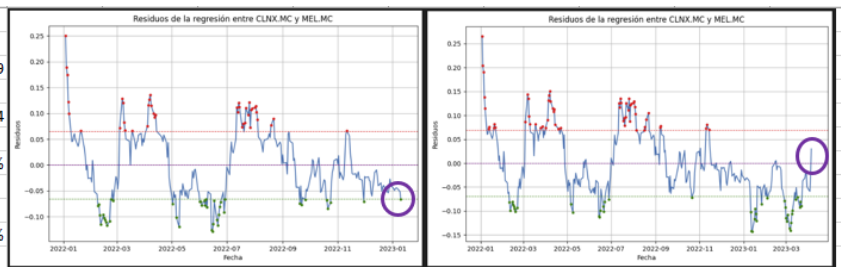
	GRF	ITX	
23/10/2023	10,45	33,66	
29/12/2023	15,45	38,76	
%chg.	47,85%	15,15%	
TOTAL:	32,70%		



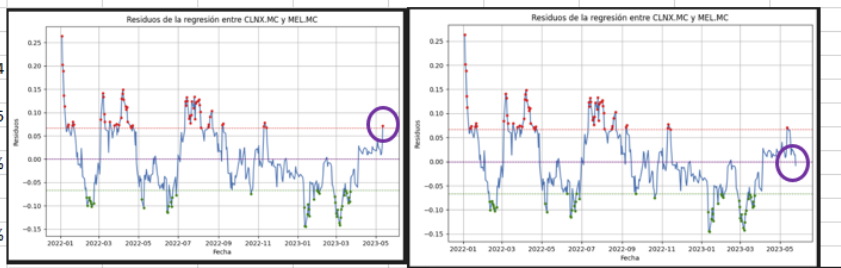
Anexo 7: Resultados completos (1/0.5) cointegración

Pareja: CLNX – MEL

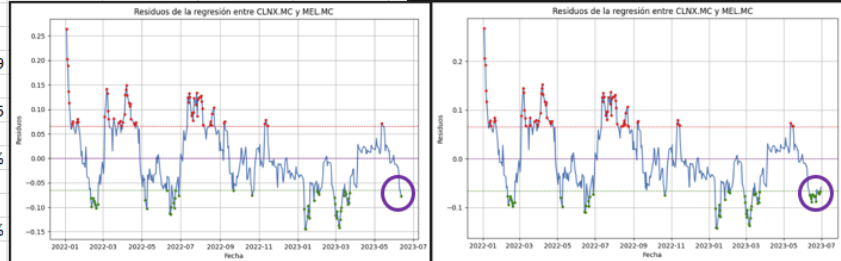
	CLNX	MEL	
12/01/2023	31,17	5,39	
11/04/2023	37,73	5,84	
%chg.	21,05%	8,35%	
BETA:	0,66		
TOTAL:	15,52%		



	CLNX	MEL	
15/05/2023	38,03	5,4	
29/05/2023	37,3	5,95	
%chg.	-1,92%	10,19%	
BETA:	0,65		
TOTAL:	8,57%		

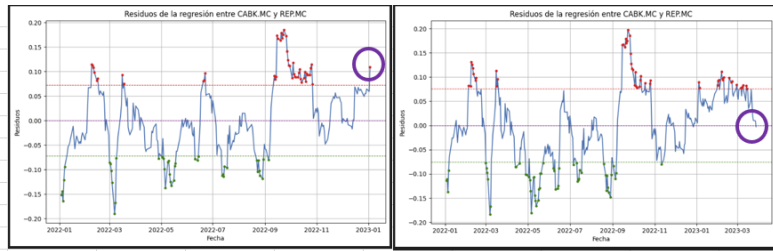


	CLNX	MEL	
14/06/2023	36,48	6,39	
30/06/2023	36,95	6,35	
%chg.	1,29%	-0,63%	
BETA:	0,65		
TOTAL:	1,69%		

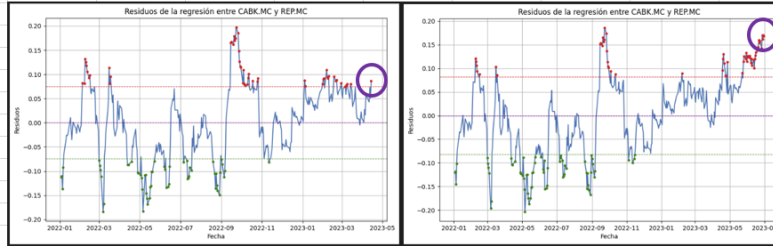


Pareja: CABK – REP

	CABK	REP
05/01/2023	3,842	14,51
30/03/2023	3,657	14,29
%chg.	-4,82%	-1,52%
BETA:	0,66	
TOTAL:		3,82%

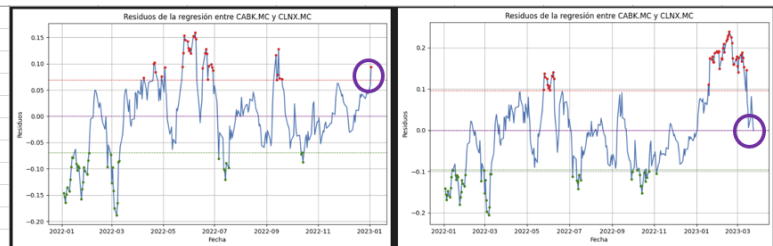


	CABK	REP
17/04/2023	3,56	13,94
30/06/2023	3,4819	12,6
%chg.	-2,19%	-9,61%
BETA:	0,89	
TOTAL:		-6,38%

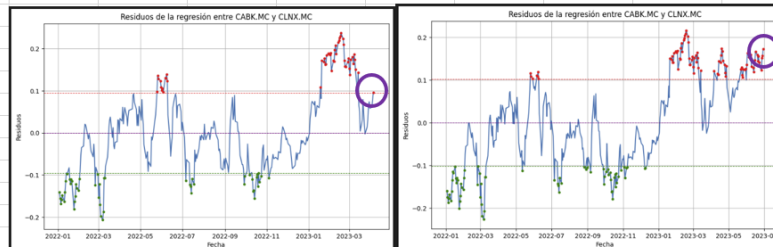


Pareja: CABK – CLNX

	CABK	CLNX
05/01/2023	3,842	31,96
27/03/2023	3,55	33,92
%chg.	-7,60%	6,13%
BETA:	-0,57	
TOTAL:		4,12%

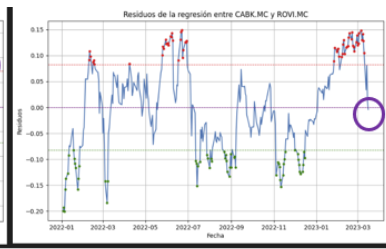
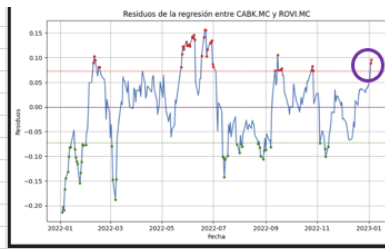


	CABK	CLNX
11/04/2023	3,537	37,73
30/06/2023	3,4819	36,95
%chg.	-1,56%	-2,07%
BETA:	-0,70	
TOTAL:		3,00%

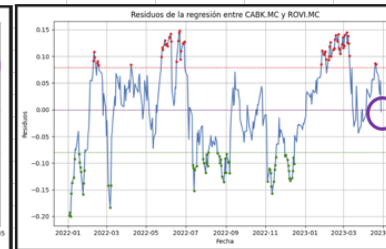
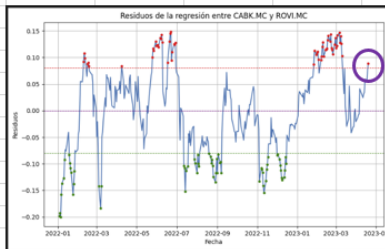


Pareja: CABK – ROVI

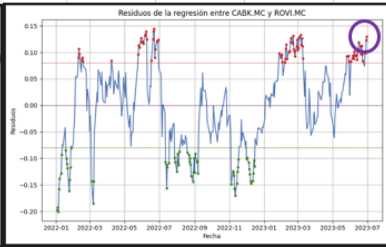
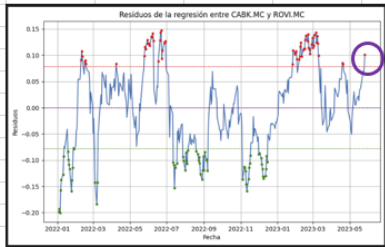
	CABK	ROVI
06/01/2023	3,907	36,22
20/03/2023	3,46	39,3
%chg.	-11,44%	8,50%
BETA:	-0,32	
TOTAL:		8,71%



	CABK	ROVI
21/04/2023	3,618	41
02/05/2023	3,37	40,48
%chg.	-6,85%	-1,27%
BETA:	-0,44	
TOTAL:		7,41%

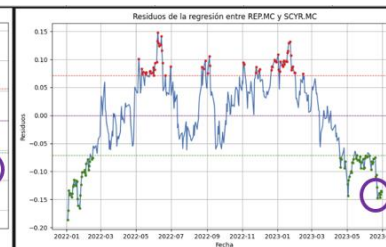
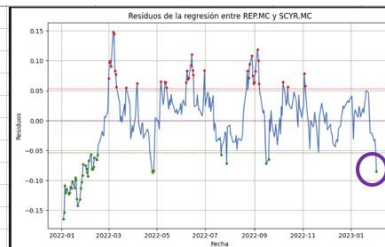


	CABK	ROVI
29/05/2023	3,6	44,72
30/06/2023	3,4819	41,05
%chg.	-3,28%	-8,21%
BETA:	-0,45	
TOTAL:		6,94%



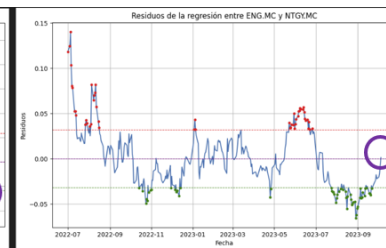
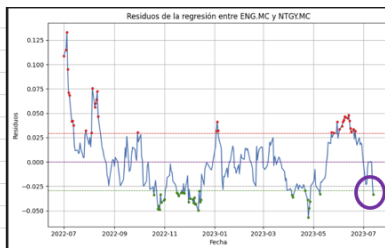
Pareja: REP – SCYR

	REP	SCYR
06/02/2023	14,45	2,7925
03/05/2023	12,73	2,8744
%chg.	-11,90%	2,93%
BETA:	1,03	
TOTAL:		-14,91%

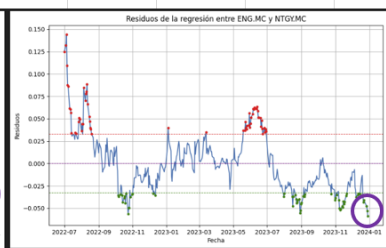
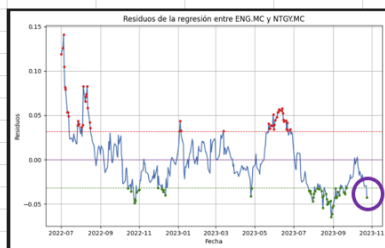


Pareja: ENG – NTGY

	ENG	NTGY
17/07/2023	15,98	26,76
09/10/2023	15,8	25,58
%chg.	-1,13%	-4,41%
BETA:	1,07	
TOTAL:		3,60%

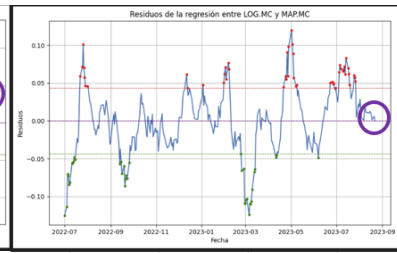
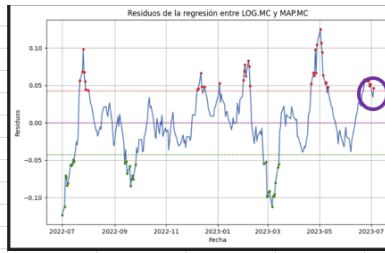


	ENG	NTGY
26/10/2023	16,1	26,78
29/12/2023	15,27	26,48
%chg.	-5,16%	-1,12%
BETA:	0,98	
TOTAL:		-4,05%

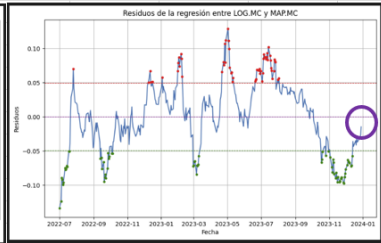
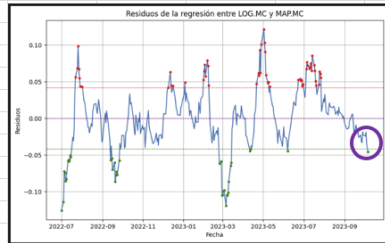


Pareja: LOG – MAP

	LOG	MAP
06/07/2023	24,62	1,787
24/08/2023	24,68	1,899
%chg.	0,24%	6,27%
BETA:	1,15	
TOTAL:		6,97%

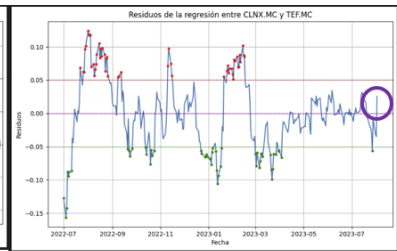
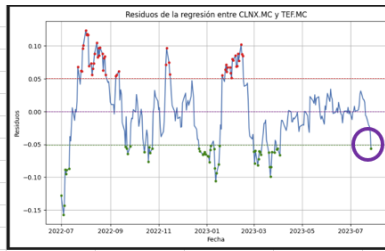


	LOG	MAP
09/10/2023	23,92	1,945
29/12/2023	23,27	1,8646
%chg.	-2,72%	-4,13%
BETA:	1,17	
TOTAL:		2,12%

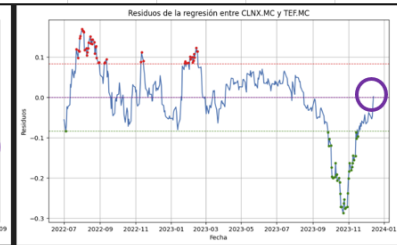
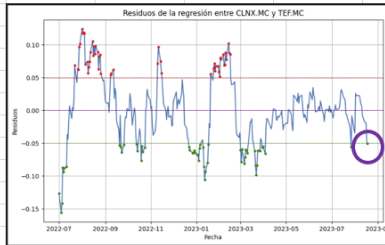


Pareja: CLNX – TEF

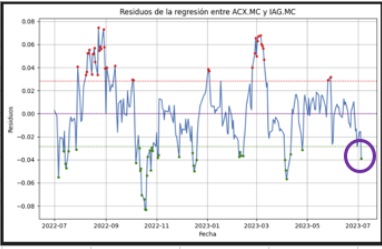
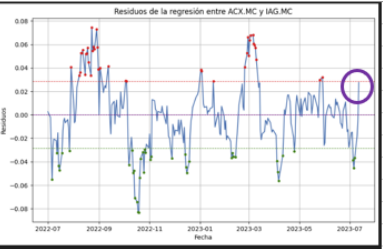
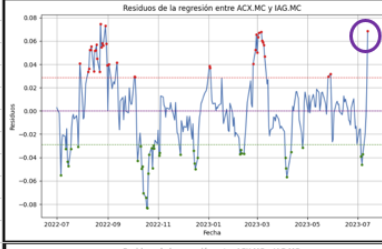
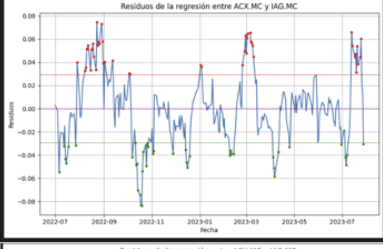


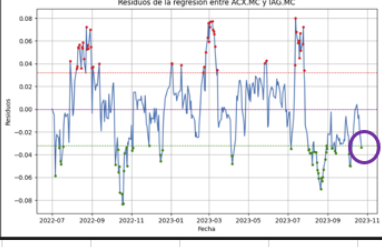
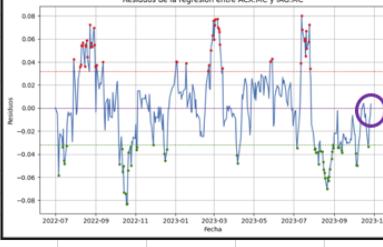
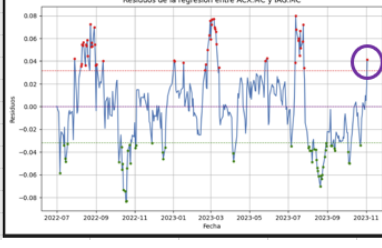

	CLNX	TEF
31/07/2023	37,95	3,93
04/08/2023	35,99	3,538
%chg.	-5,16%	-9,97%
BETA:	0,85	
TOTAL:		3,35%



	CLNX	TEF
21/08/2023	34,24	3,602
18/12/2023	36,1	3,613
%chg.	5,43%	0,31%
BETA:	0,85	
TOTAL:		5,17%



Pareja: ACX – IAG

	ACX	IAG			
07/07/2023	9,44	1,8215			
14/07/2023	10,18	1,821			
%chg.	7,84%	-0,03%			
BETA:	0,42				
	TOTAL:	7,85%			
	ACX	IAG			
17/07/2023	10,01	1,8			
31/07/2023	9,55	1,92			
%chg.	-4,60%	6,67%			
BETA:	0,42				
	TOTAL:	7,40%			
	ACX	IAG			
31/07/2023	9,55	1,92			
18/10/2023	9,16	1,676			
%chg.	-4,08%	-12,71%			
BETA:	0,43				
	TOTAL:	1,36%			
	ACX	IAG			
25/10/2023	8,86	1,63			
30/10/2023	9,07	1,638			
%chg.	2,37%	0,49%			
BETA:	0,38				
	TOTAL:	2,18%			
	ACX	IAG			
06/11/2023	9,72	1,7455			
29/12/2023	10,33	1,781			
%chg.	6,28%	2,03%			
BETA:	0,38				
	TOTAL:	-5,50%			

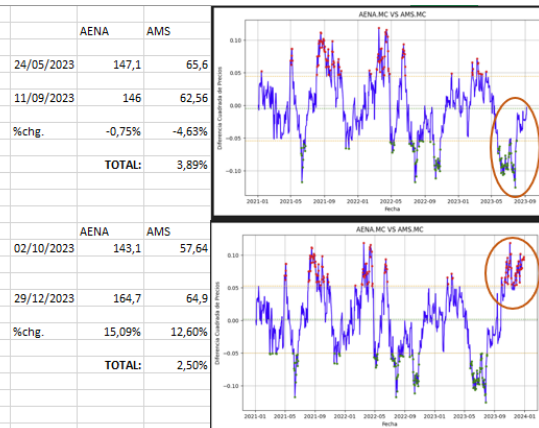
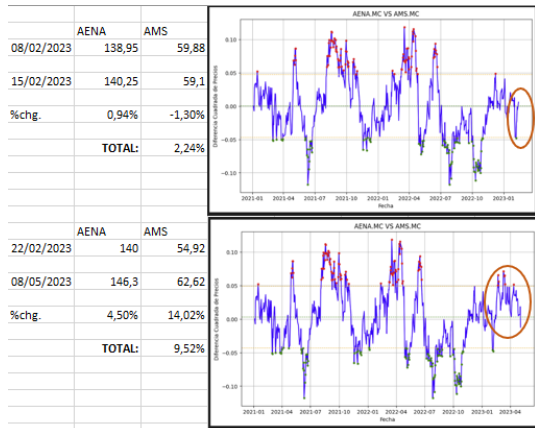
8. Anexos

Anexo 1: Tabla de abreviaciones

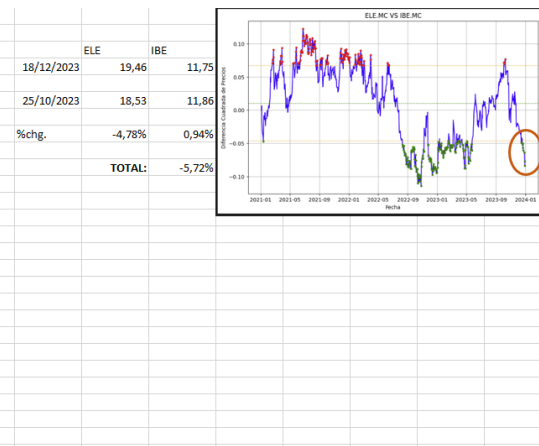
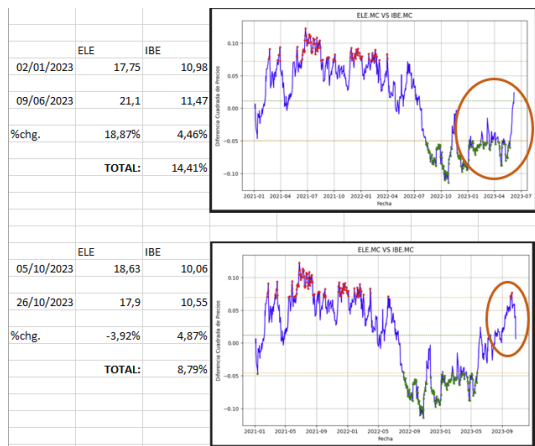
Nombre Empresa	Abreviación
Acciona	ANA
Acciona Energía	ANE
Acerinox	ACX
ACS	ACS
Aena	AENA
Amadeus	AMS
Arcelor Mittal	MTS
Banco Sabadell	SAB
Banco Santander	SAN
Bankinter	BKT
BBVA	BBVA
CaixaBank	CABK
Cellnex Telecom	CLNX
Enagás	ENG
Endesa	WLW
Ferrovial	FER
Fluidra	FDR
Grifols	GRF
IAG	IAG
Iberdrola	IBE
Inditex	ITX
Indra	IDR
Inmobiliaria Colonial	COL
Laboratorios Rovi	ROVI
Logista	LOG
Mapfre	MAP
Meliá Hotels	MEL
Merlín Properties	MRL
Naturgy	NTGY
Redeia Corporación	RED
Repsol	REP
Sacyr	SCYR
Solaria	SLR
Telefónica	TEF
Unicaja	UNI

Anexo 2: Resultados completos (2/1) distancia mínima

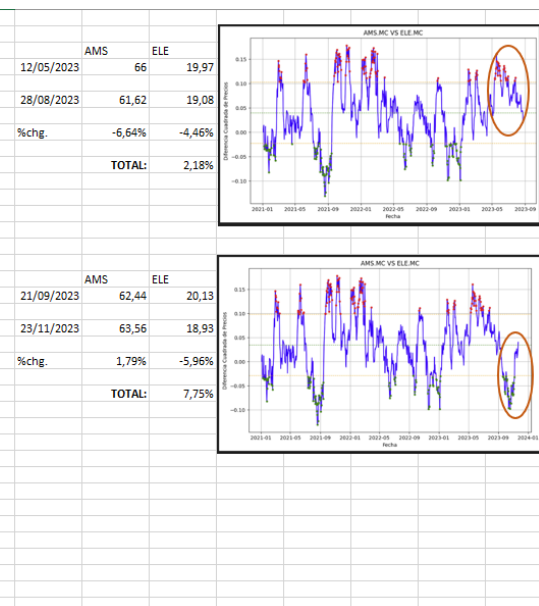
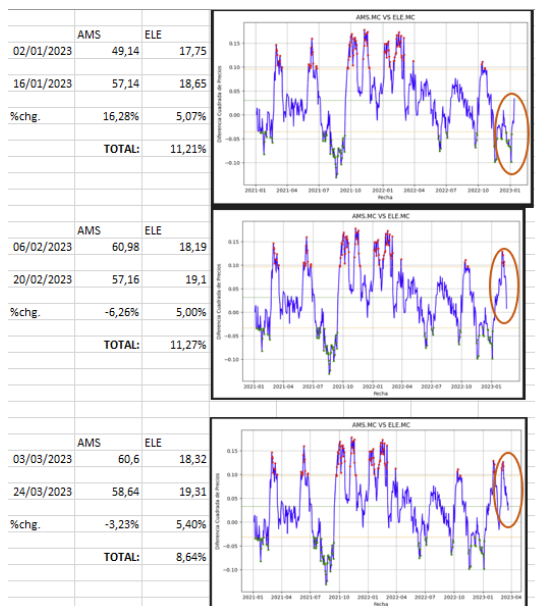
Pareja: AENA – AMS



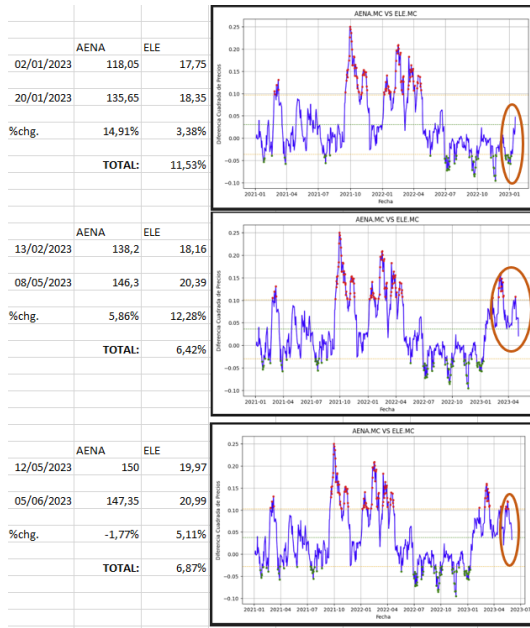
Pareja: ELE – IBE



Pareja: AMS – ELE

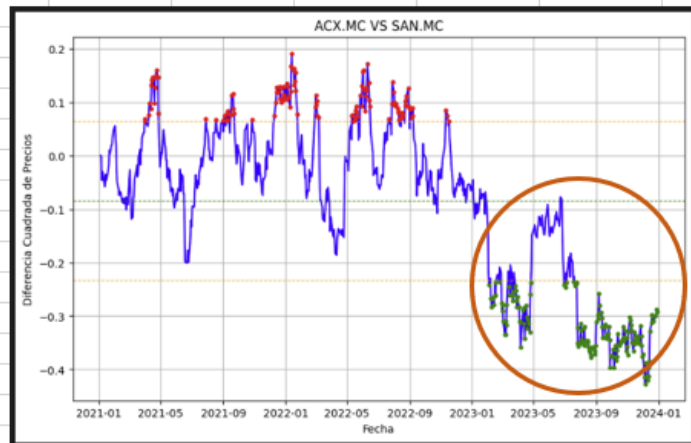


Pareja: AENA – ELE



Pareja: ACX – SAN

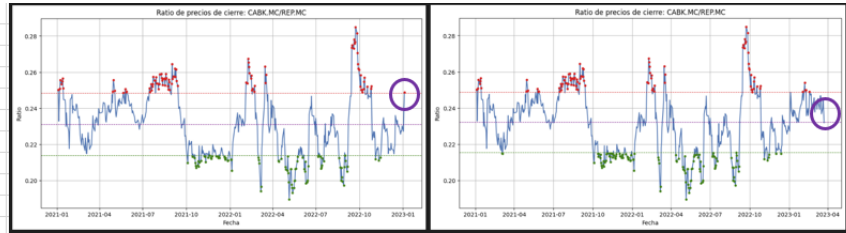
	ACX	SAN
06/01/2023	9,7	2,99
29/12/2023	10,74	3,7855
%chg.	10,72%	26,61%
TOTAL:	-15,88%	



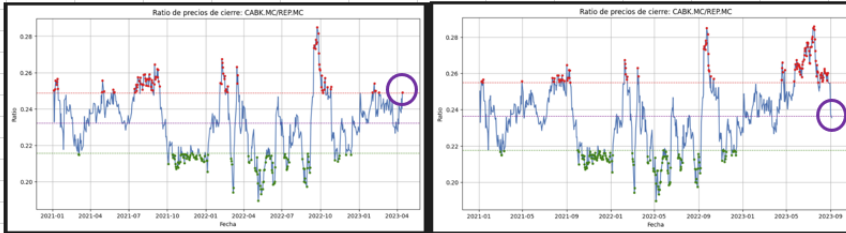
Anexo 3: Resultados completos (2/1) ratio

Pareja: CABK – REP

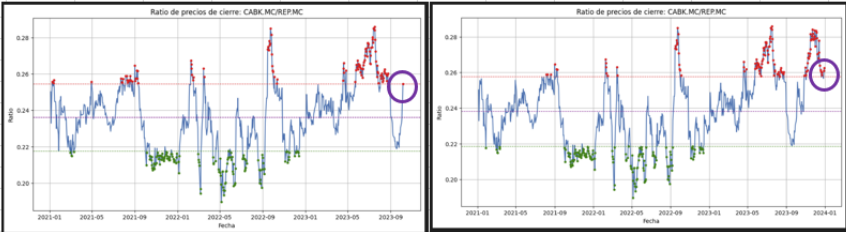
	CABK	REP
06/01/2023	3,907	14,8
27/03/2023	3,55	13,97
%chg.	-9,14%	-5,61%
TOTAL:		3,53%



	CABK	REP
17/04/2023	3,56	13,94
06/09/2023	3,624	14,66
%chg.	1,80%	5,16%
TOTAL:		3,37%

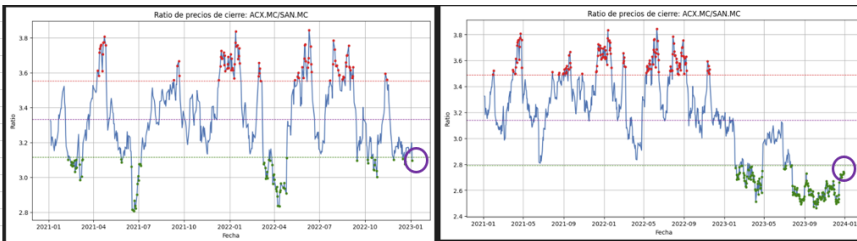


	CABK	REP
09/10/2023	3,767	14,52
29/12/2023	3,4259	13,05
%chg.	-9,05%	-10,12%
TOTAL:		-1,07%



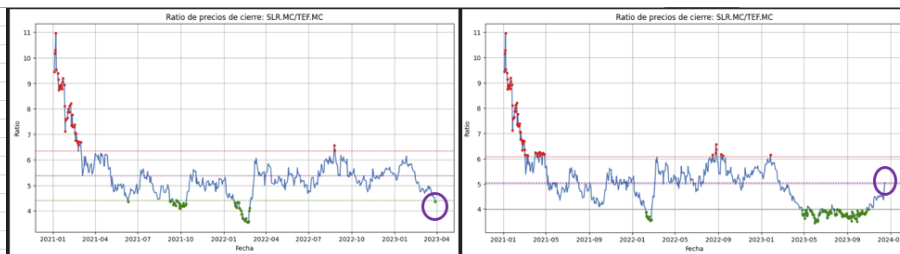
Pareja: ACX – SAN

	ACX	SAN
06/01/2023	9,7	2,99
29/12/2023	10,33	3,7795
%chg.	6,49%	26,40%
TOTAL:		-19,91%



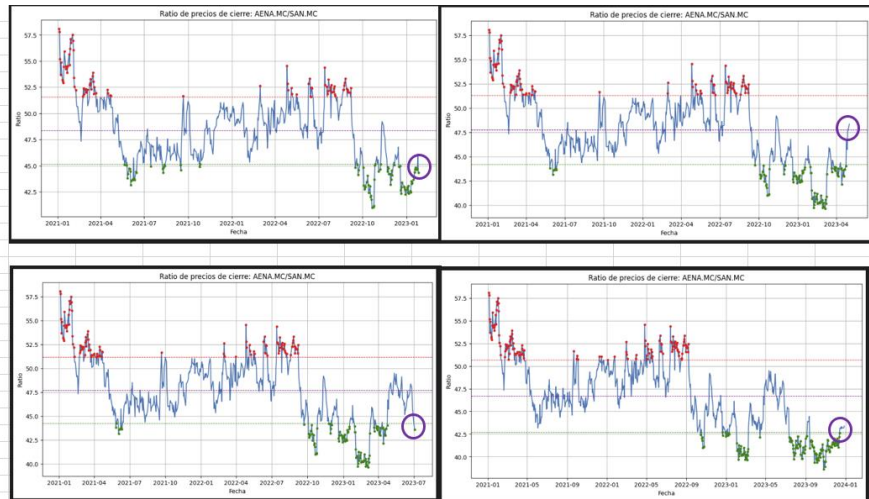
Pareja: SLR – TEF

	SLR	TEF
30/03/2023	15,59	3,92
18/12/2023	18,18	3,613
%chg.	16,61%	-7,83%
TOTAL:		24,44%



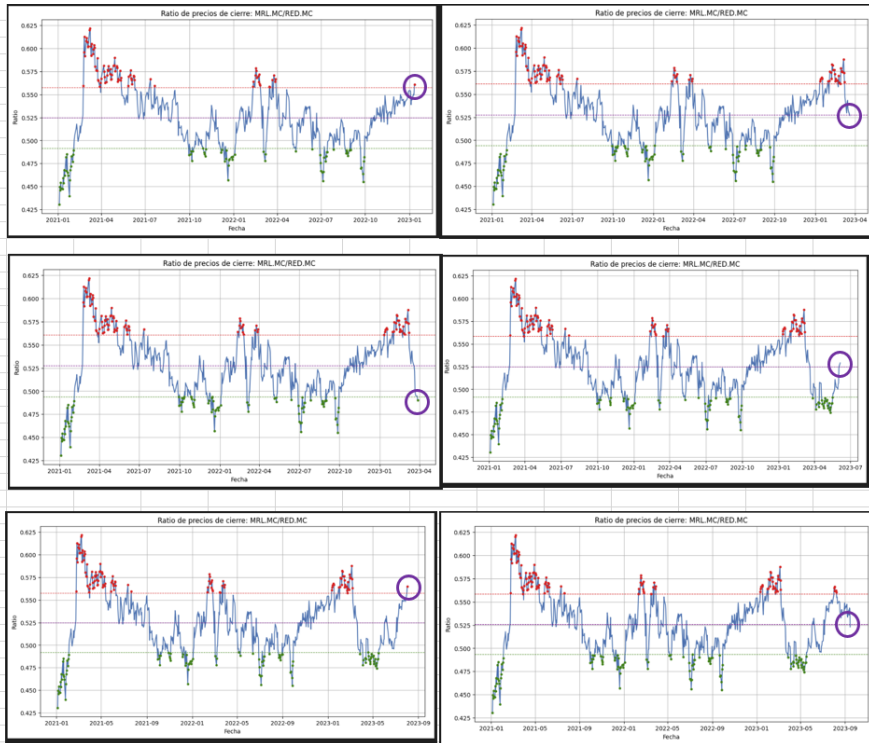
Pareja: AENA – SAN

	AENA	SAN
30/01/2023	140,75	3,168
04/05/2023	144,1	3,1055
%chg.	2,38%	-1,97%
TOTAL:		4,35%
	AENA	SAN
05/07/2023	146,3	3,35
29/12/2023	164,1	3,7795
%chg.	12,17%	12,82%
TOTAL:		-0,65%

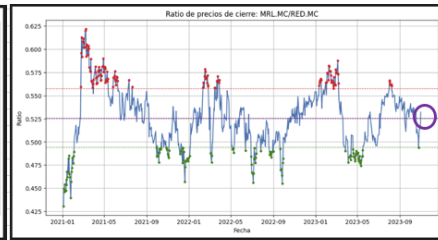
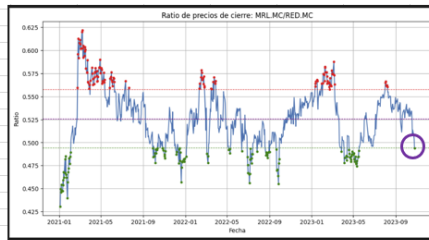


Pareja: MRL – RED

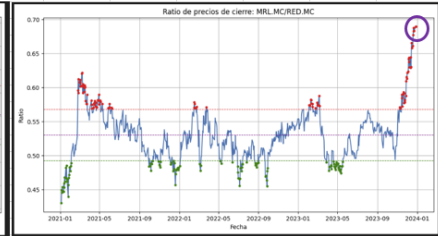
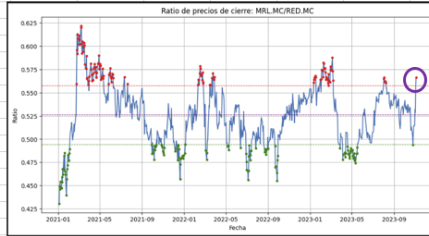
	MRL	RED
13/01/2023	9,24	16,48
22/03/2023	8,1	15,76
%chg.	-12,34%	-4,37%
TOTAL:		7,97%
	MRL	RED
30/03/2023	7,86	15,95
07/06/2023	8,09	16,22
%chg.	2,93%	1,69%
TOTAL:		1,23%
	MRL	RED
04/08/2023	8,4	14,81
18/09/2023	8,04	15,35
%chg.	-4,29%	3,65%
TOTAL:		7,93%



	MRL	RED
27/10/2023	7,63	14,92
02/11/2023	7,93	14,9
%chg.	3,93%	-0,13%
TOTAL:		4,07%



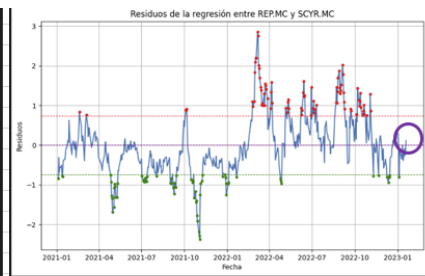
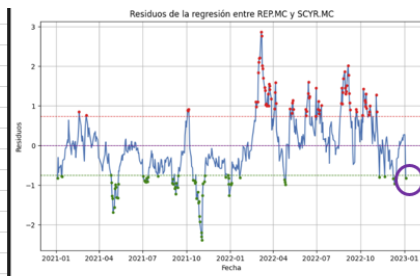
	MRL	RED
06/11/2023	8,48	14,97
29/12/2023	10,06	14,64
%chg.	18,63%	-2,20%
TOTAL:		-20,84%



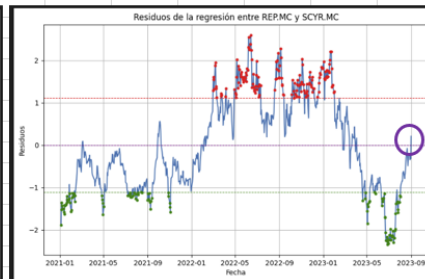
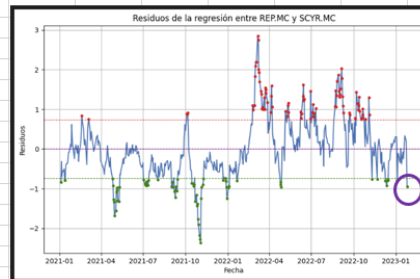
Anexo 4: Resultados completos (2/1) cointegración

Pareja: REP – SCRY

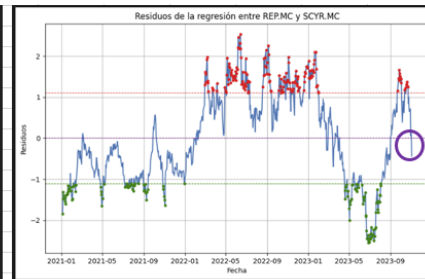
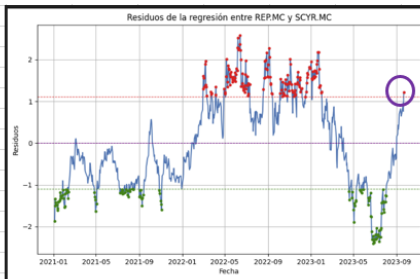
	REP	SCYR
06/01/2023	14,84	2,5976
23/01/2023	15,31	2,5957
%chg.	3,17%	-0,07%
TOTAL:		3,24%



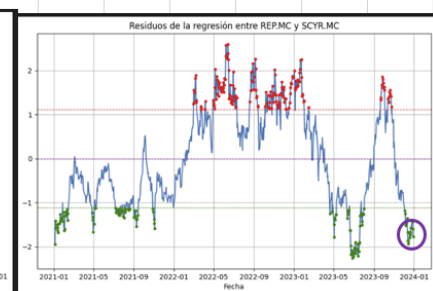
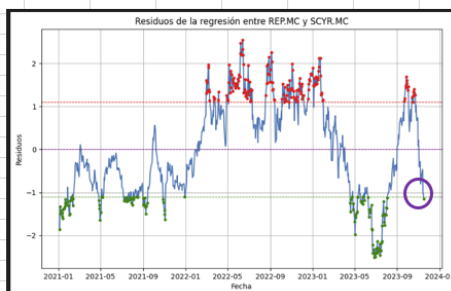
	REP	SCYR
27/01/2023	15,19	2,7477
04/09/2023	14,8	2,926
%chg.	-2,57%	6,49%
TOTAL:		-9,06%



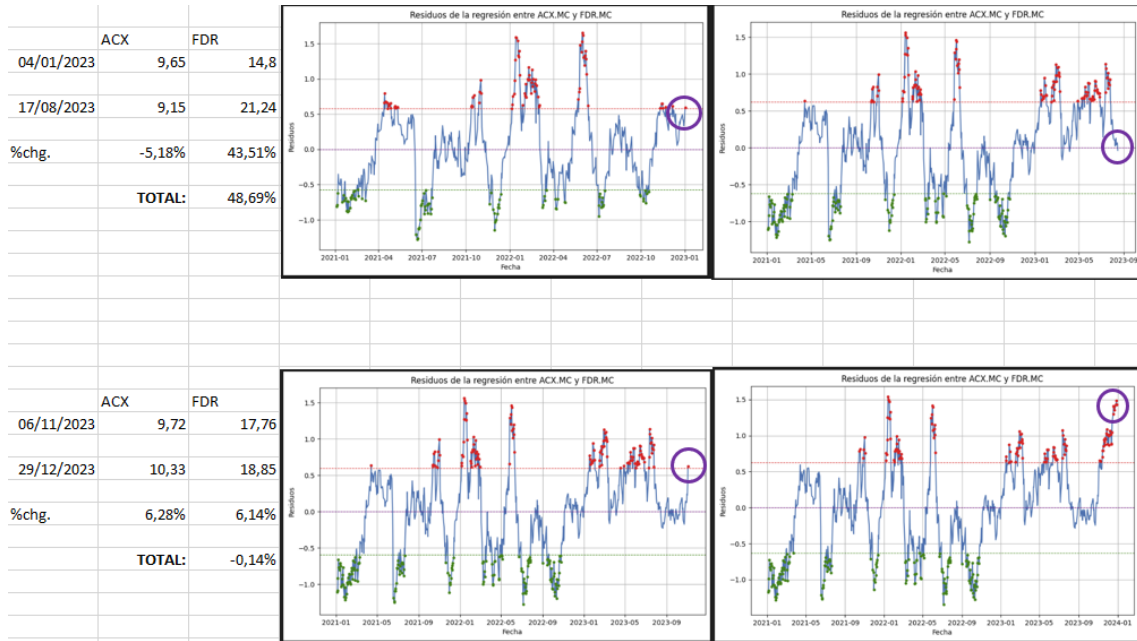
	REP	SCYR
25/09/2023	15,59	2,862
06/11/2023	13,77	2,84
%chg.	-11,67%	-0,77%
TOTAL:		10,91%



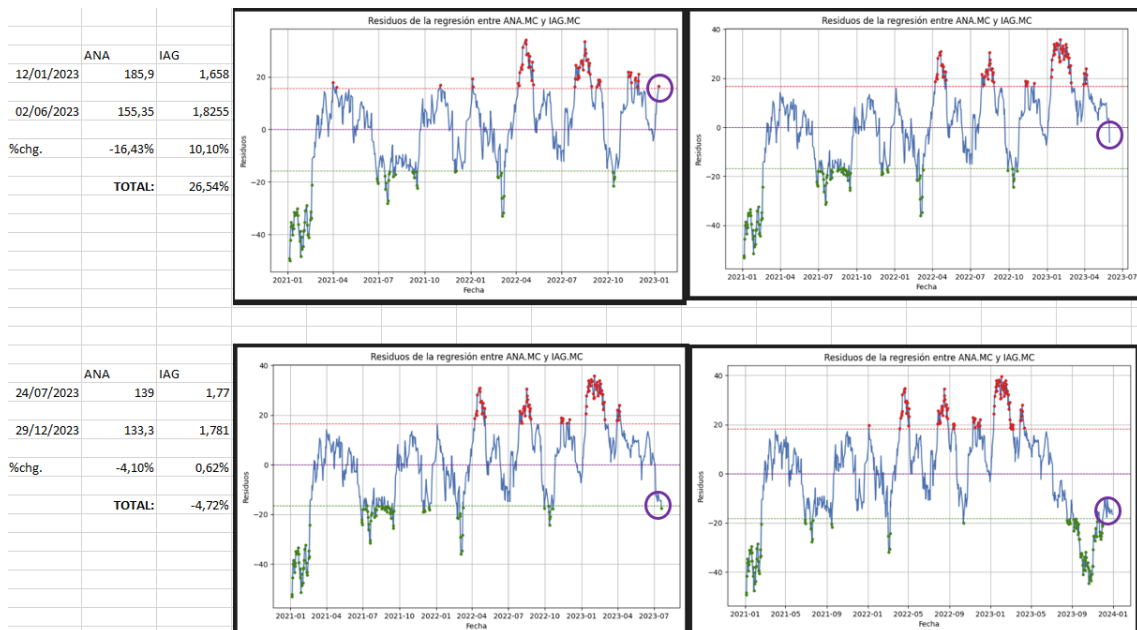
	REP	SCYR
20/11/2023	13,89	3
29/12/2023	13,05	3,0661
%chg.	-6,05%	2,20%
TOTAL:		-8,25%



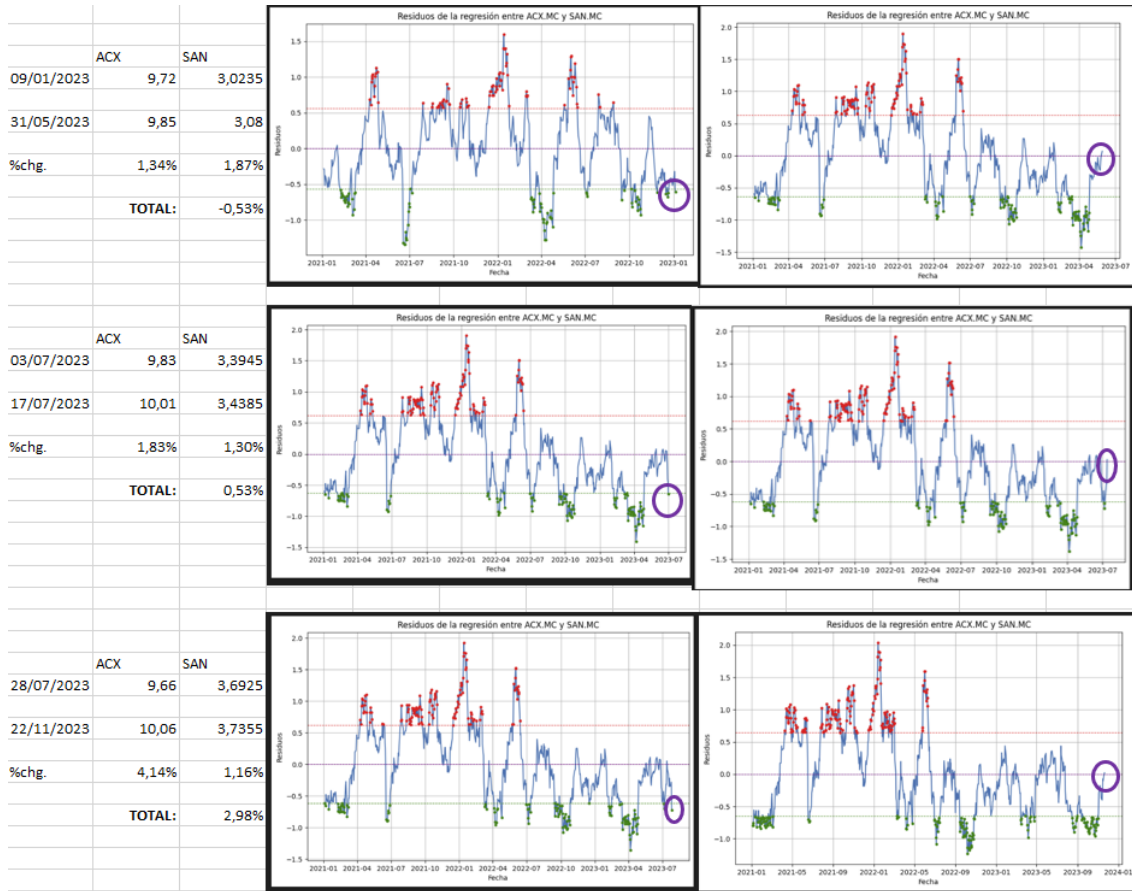
Pareja: ACX – FDR



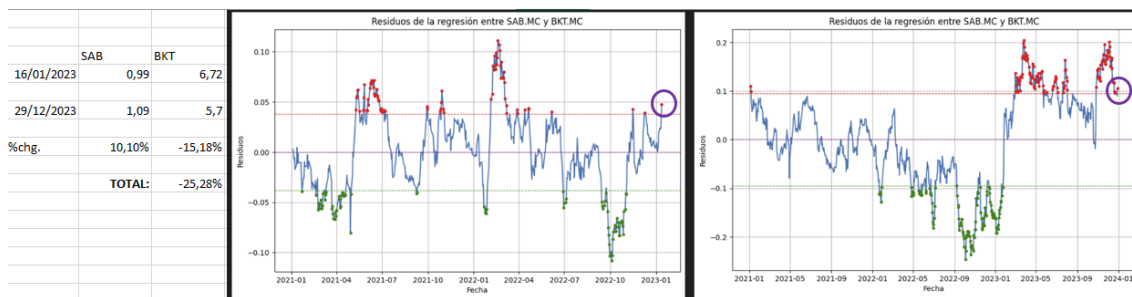
Pareja: ANA – IAG



Pareja: ACX – SAN



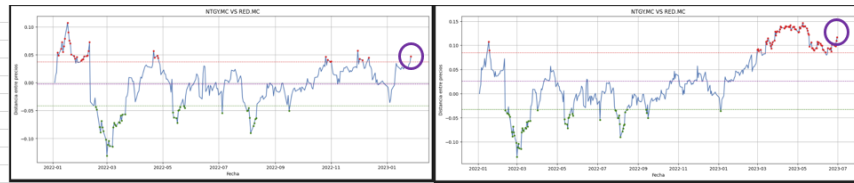
Pareja: SAB – BKT



Anexo 5: Resultados completos (1/0.5) distancia mínima

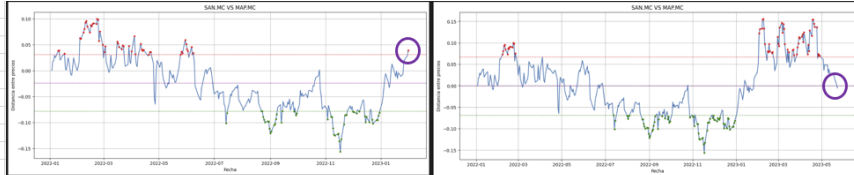
Pareja: NTGY – RED

	NTGY	RED
30/01/2023	26,06	16,24
30/06/2023	25,75	15,1
%chg.	-1,19%	-7,02%
TOTAL:		-5,83%

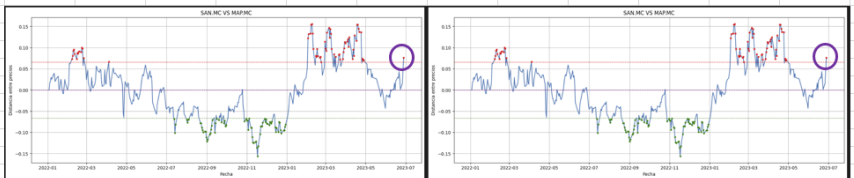


Pareja: SAN – MAP

	SAN	MAP
02/02/2023	3,3	1,848
25/05/2023	3,132	1,85
%chg.	-5,09%	0,11%
TOTAL:		5,20%

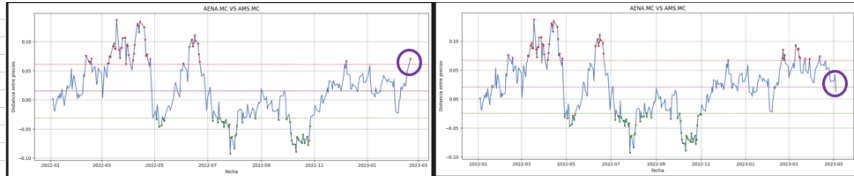


	SAN	MAP
30/06/2023	3,37	1,816
30/06/2023	3,2434	1,6954
%chg.	-3,76%	-6,64%
TOTAL:		-2,88%

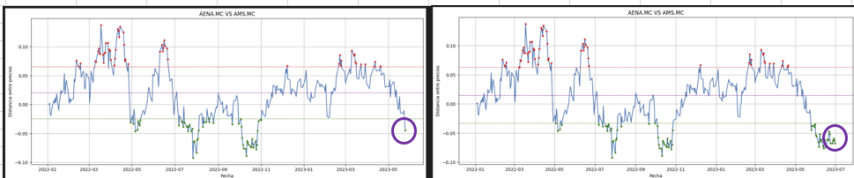


Pareja: AENA – AMS

	AENA	AMS
22/02/2023	140	54,92
06/05/2023	146,3	62,62
%chg.	4,50%	14,02%
TOTAL:		9,52%

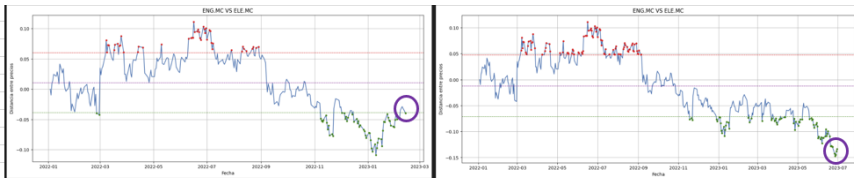


	AENA	AMS
29/05/2023	147,75	67,5
30/06/2023	148	68,45
%chg.	0,17%	1,41%
TOTAL:		-1,24%



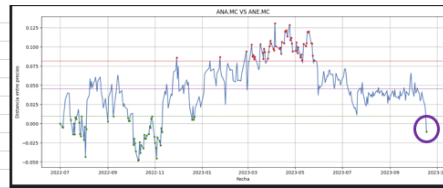
Pareja: ENG – ELE

	ENG	ELE
15/03/2023	17,27	19,05
30/06/2023	16,24	19,14
%chg.	-5,96%	0,47%
TOTAL:		-6,44%



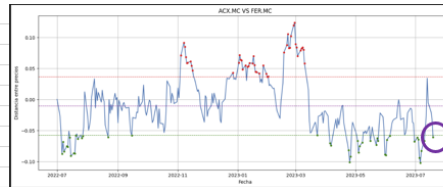
Pareja: ANA – ANE

	ANA	ANE
20/10/2023	118,25	25,5
13/12/2023	130,4	26,2
%chg.	10,27%	2,75%
TOTAL:	7,53%	



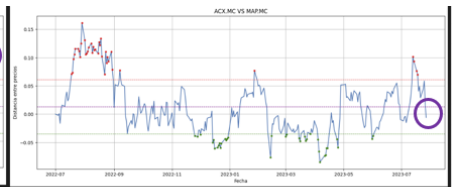
Pareja: AXC – FER

	ACX	FER
	10	30
	10,33	33,02
%chg.	3,30%	10,07%
TOTAL:	-6,77%	



Pareja: ACX – MAP

	ACX	MAP
17/07/2023	10,01	1,781
31/07/2023	9,55	1,914
%chg.	-4,60%	7,47%
TOTAL:	12,06%	

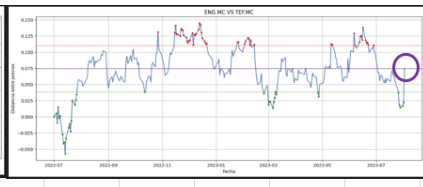
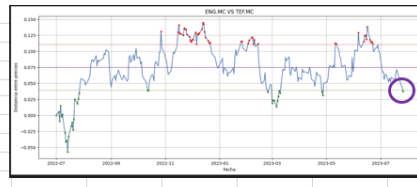


	ACX	MAP
31/07/2023	9,55	1,914
18/12/2023	10,39	1,96
%chg.	8,80%	2,40%
TOTAL:	6,39%	



Pareja: ENG - TEF

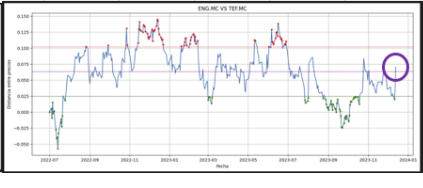
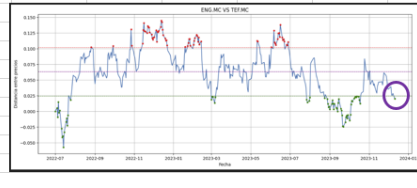
	ENG	TEF
28/07/2023	16,37	3,928
04/08/2023	15,75	3,538
%chg.	-3,79%	-9,93%
TOTAL:	6,14%	



	ENG	TEF
17/08/2023	15,41	3,585
27/10/2023	15,94	3,562
%chg.	3,44%	-0,64%
TOTAL:	4,08%	

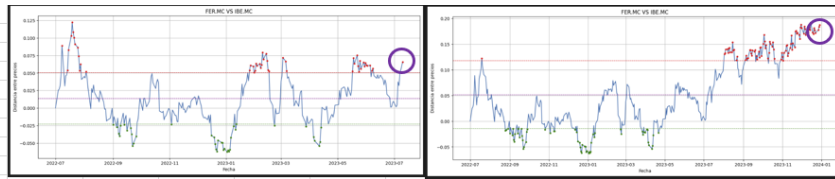


	ENG	TEF
13/12/2023	16,8	3,789
15/12/2023	16,92	3,682
%chg.	0,71%	-2,82%
TOTAL:	3,54%	



Pareja: FER – IBE

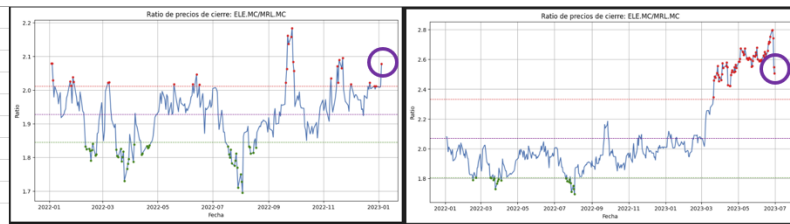
	FER	IBE
12/07/2023	29,08	11,17
29/12/2023	33,02	11,67
%chg.	13,55%	4,48%
TOTAL:	-9,07%	



Anexo 6: Resultados completos (1/0.5) ratio

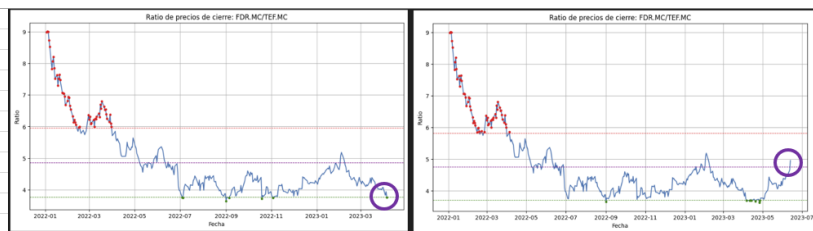
Pareja: ELE – MRL

	ELE	MRL
06/01/2023	18,51	8,85
30/06/2023	19,14	7,66
%chg.	3,40%	-13,45%
TOTAL:	-16,85%	



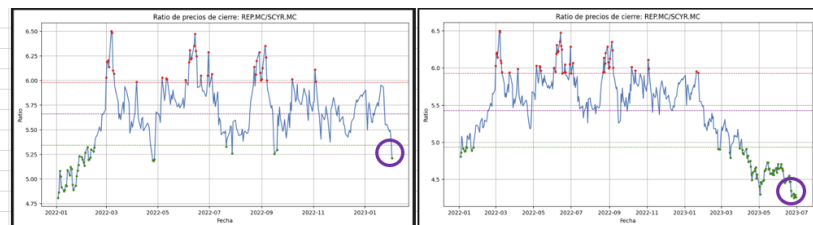
Pareja: FDR – TEF

	FDR	TEF
11/04/2023	15	4,071
15/06/2023	17,83	3,633
%chg.	18,87%	-10,76%
TOTAL:	29,63%	



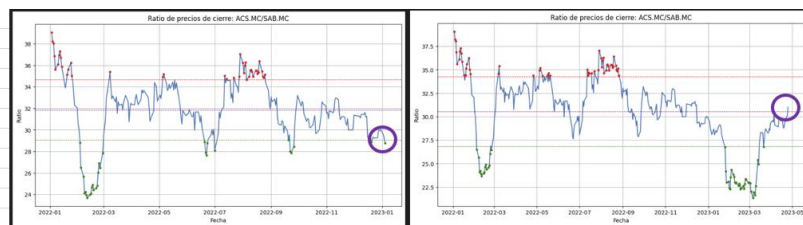
Pareja: REP – SCRY

	REP	SCYR
06/02/2023	14,45	2,7438
30/06/2023	12,6	3,068
%chg.	-12,80%	11,82%
TOTAL:	-24,62%	

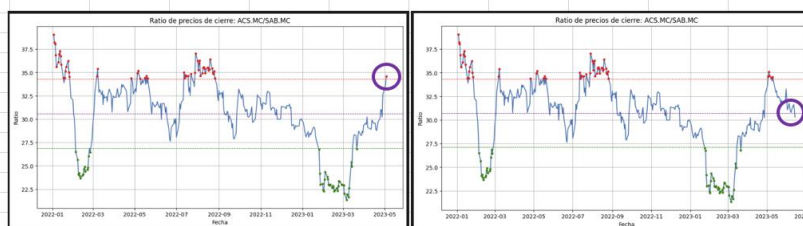


Pareja: ACS – SAB

	ACS	SAB
06/01/2023	27,18	0,96
27/04/2023	30,97	1
%chg.	13,94%	4,17%
TOTAL:	9,78%	

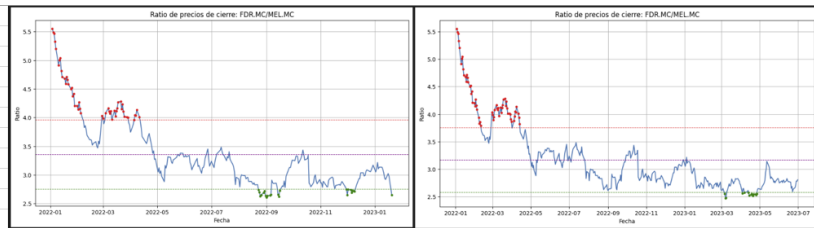


	ACS	SAB
05/05/2023	31,07	0,889
16/06/2023	30,97	1,0055
%chg.	-0,32%	13,10%
TOTAL:	13,43%	



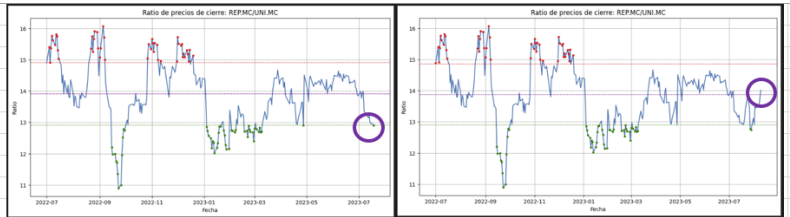
Pareja: FDR – MEL

	FDR	MEL
23/01/2023	16,28	6,16
30/06/2023	17,16	6,35
%chg.	5,41%	3,08%
TOTAL:		2,32%

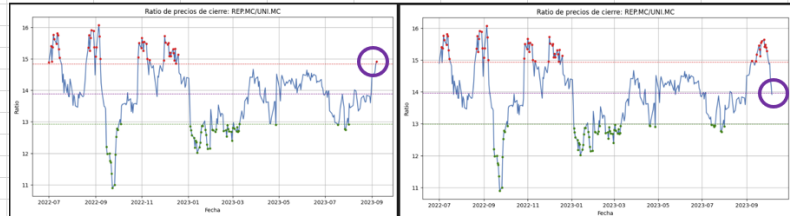


Pareja: REP – UNI

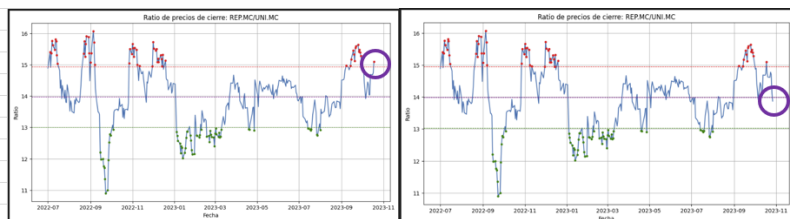
	REP	UNI
20/07/2023	12,94	1
11/08/2023	14,04	1,013
%chg.	8,50%	1,30%
TOTAL:		7,20%



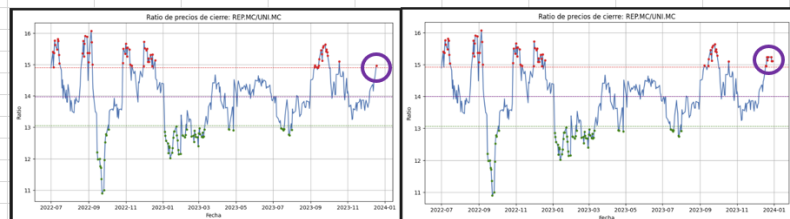
	REP	UNI
11/09/2023	14,89	1,01
09/10/2023	14,52	1,01
%chg.	-2,48%	0,00%
TOTAL:		2,48%



	REP	UNI
20/10/2023	14,93	1,011
30/10/2023	13,95	1,005
%chg.	-6,56%	-0,59%
TOTAL:		5,97%

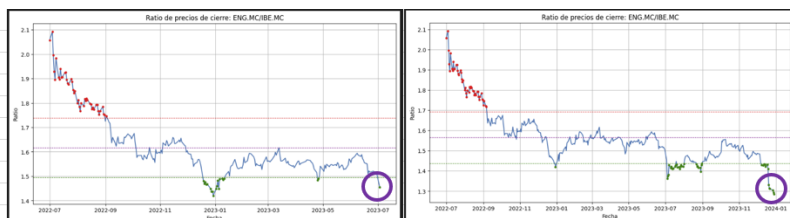


	REP	UNI
20/12/2023	13,6	0,91
29/12/2023	13,05	0,8509
%chg.	-4,04%	-6,49%
TOTAL:		-2,45%



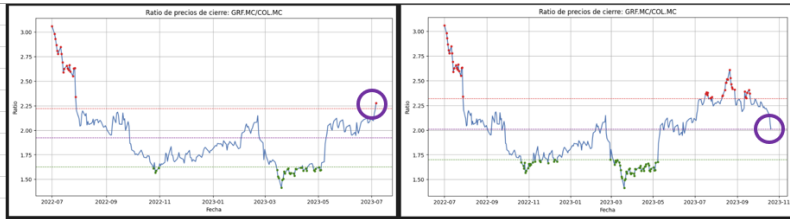
Pareja: ENG – IBE

	ENG	IBE
05/07/2023	16,56	12,16
30/12/2023	15,27	11,67
%chg.	-7,79%	-4,03%
TOTAL:		-3,76%



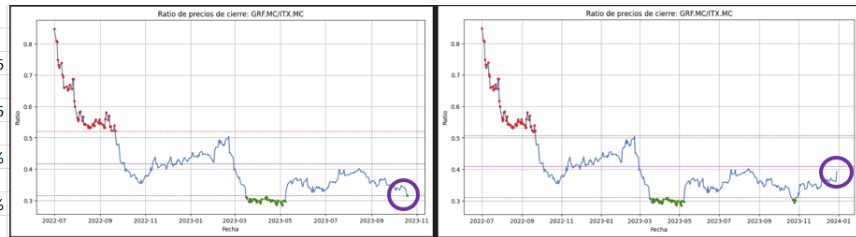
Pareja: GRF – COL

	GRF	COL	
10/07/2023	12,15	5,3	
23/10/2023	10,45	5,18	
%chg.	-13,99%	-2,26%	
TOTAL:	11,73%		



Pareja: GRF – ITX

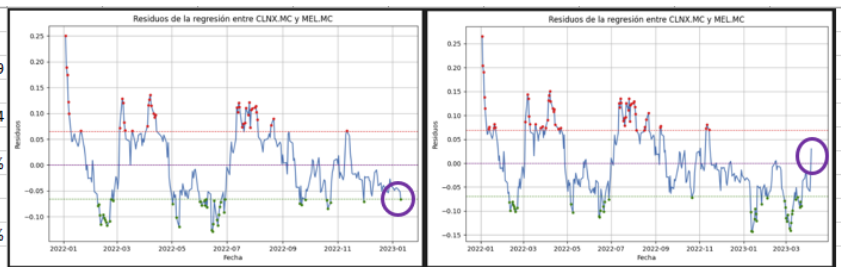
	GRF	ITX	
23/10/2023	10,45	33,66	
29/12/2023	15,45	38,76	
%chg.	47,85%	15,15%	
TOTAL:	32,70%		



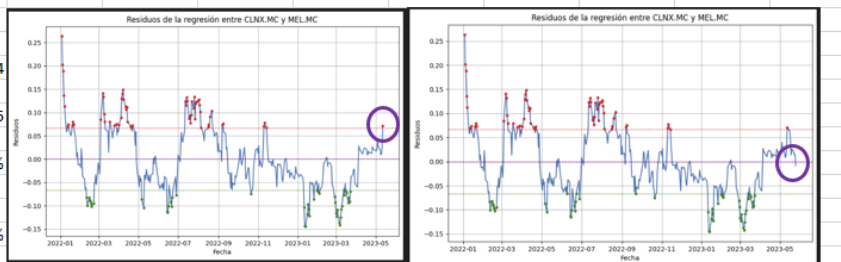
Anexo 7: Resultados completos (1/0.5) cointegración

Pareja: CLNX – MEL

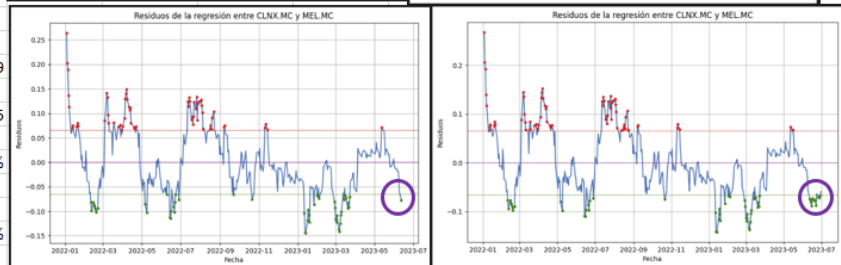
	CLNX	MEL	
12/01/2023	31,17	5,39	
11/04/2023	37,73	5,84	
%chg.	21,05%	8,35%	
BETA:	0,66		
TOTAL:	15,52%		



	CLNX	MEL	
15/05/2023	38,03	5,4	
29/05/2023	37,3	5,95	
%chg.	-1,92%	10,19%	
BETA:	0,65		
TOTAL:	8,57%		

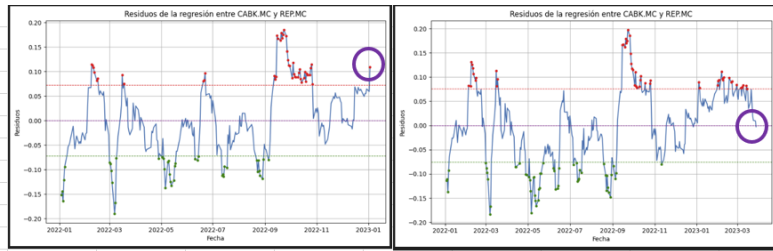


	CLNX	MEL	
14/06/2023	36,48	6,39	
30/06/2023	36,95	6,35	
%chg.	1,29%	-0,63%	
BETA:	0,65		
TOTAL:	1,69%		

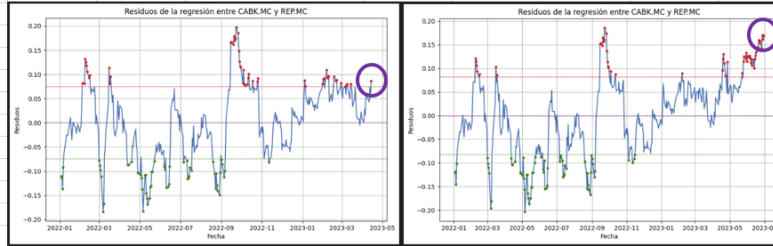


Pareja: CABK – REP

	CABK	REP
05/01/2023	3,842	14,51
30/03/2023	3,657	14,29
%chg.	-4,82%	-1,52%
BETA:	0,66	
TOTAL:		3,82%

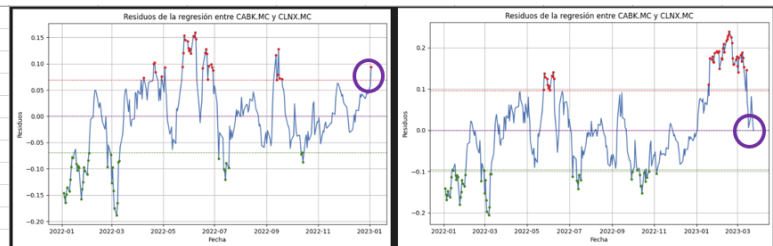


	CABK	REP
17/04/2023	3,56	13,94
30/06/2023	3,4819	12,6
%chg.	-2,19%	-9,61%
BETA:	0,89	
TOTAL:		-6,38%

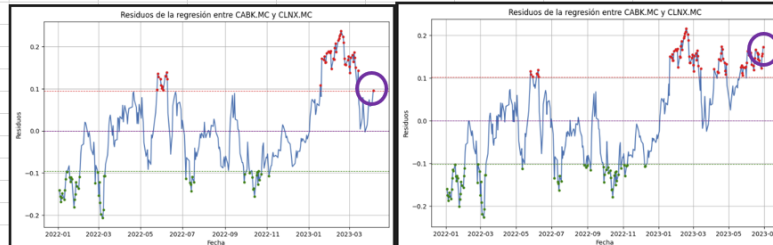


Pareja: CABK – CLNX

	CABK	CLNX
05/01/2023	3,842	31,96
27/03/2023	3,55	33,92
%chg.	-7,60%	6,13%
BETA:	-0,57	
TOTAL:		4,12%

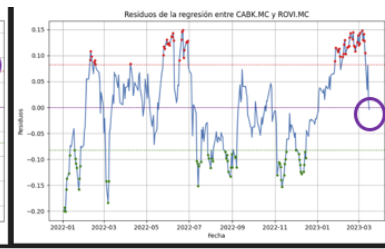
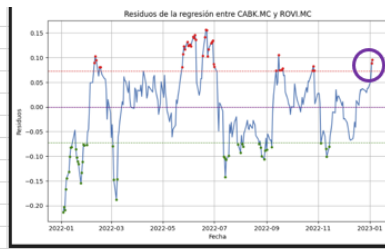


	CABK	CLNX
11/04/2023	3,537	37,73
30/06/2023	3,4819	36,95
%chg.	-1,56%	-2,07%
BETA:	-0,70	
TOTAL:		3,00%

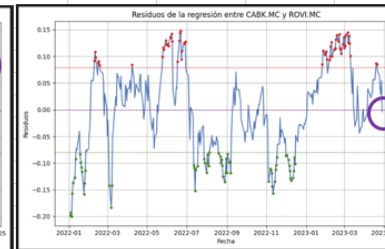
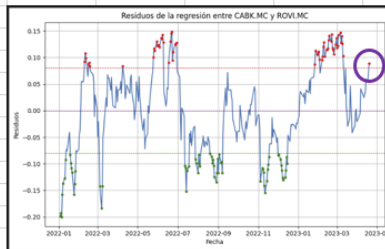


Pareja: CABK – ROVI

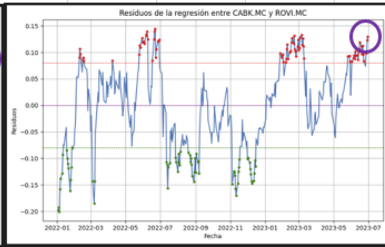
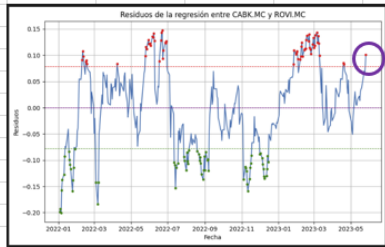
	CABK	ROVI
06/01/2023	3,907	36,22
20/03/2023	3,46	39,3
%chg.	-11,44%	8,50%
BETA:	-0,32	
TOTAL:		8,71%



	CABK	ROVI
21/04/2023	3,618	41
02/05/2023	3,37	40,48
%chg.	-6,85%	-1,27%
BETA:	-0,44	
TOTAL:		7,41%

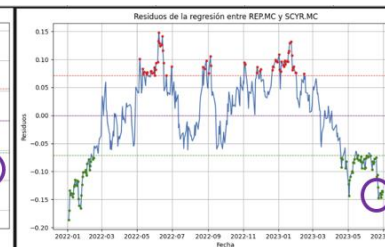
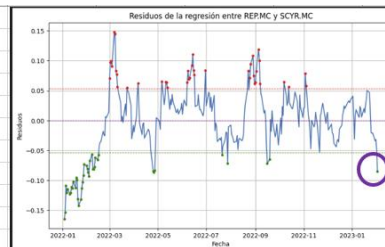


	CABK	ROVI
29/05/2023	3,6	44,72
30/06/2023	3,4819	41,05
%chg.	-3,28%	-8,21%
BETA:	-0,45	
TOTAL:		6,94%



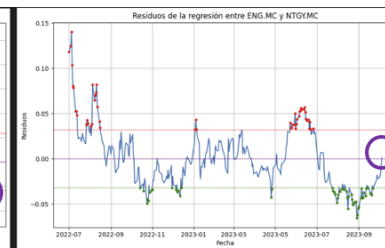
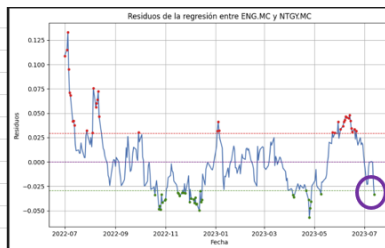
Pareja: REP – SCYR

	REP	SCYR
06/02/2023	14,45	2,7925
03/05/2023	12,73	2,8744
%chg.	-11,90%	2,93%
BETA:	1,03	
TOTAL:		-14,91%

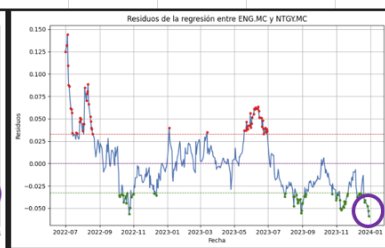
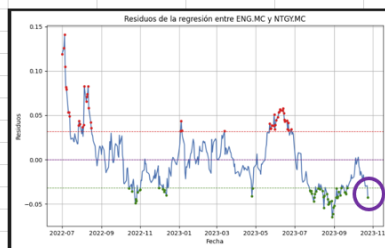


Pareja: ENG – NTGY

	ENG	NTGY
17/07/2023	15,98	26,76
09/10/2023	15,8	25,58
%chg.	-1,13%	-4,41%
BETA:	1,07	
TOTAL:		3,60%

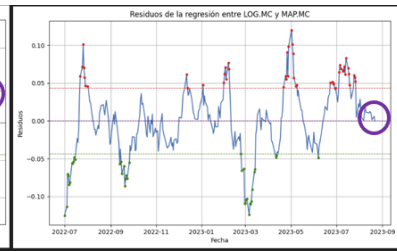
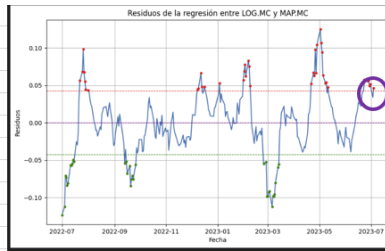


	ENG	NTGY
26/10/2023	16,1	26,78
29/12/2023	15,27	26,48
%chg.	-5,16%	-1,12%
BETA:	0,98	
TOTAL:		-4,05%

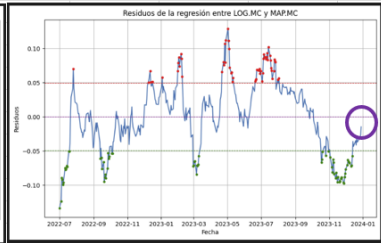
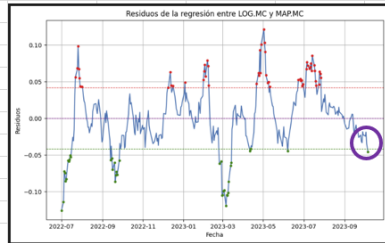


Pareja: LOG – MAP

	LOG	MAP
06/07/2023	24,62	1,787
24/08/2023	24,68	1,899
%chg.	0,24%	6,27%
BETA:	1,15	
TOTAL:		6,97%

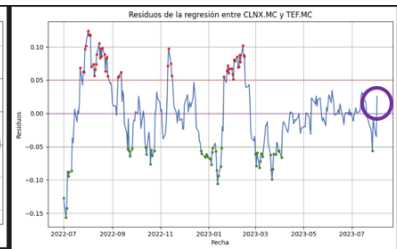
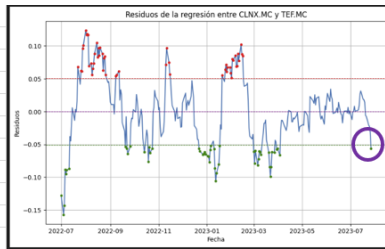


	LOG	MAP
09/10/2023	23,92	1,945
29/12/2023	23,27	1,8646
%chg.	-2,72%	-4,13%
BETA:	1,17	
TOTAL:		2,12%

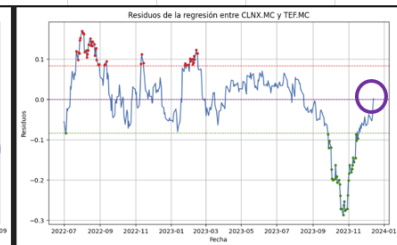
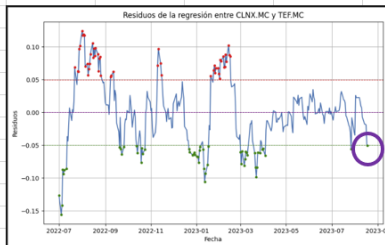


Pareja: CLNX – TEF

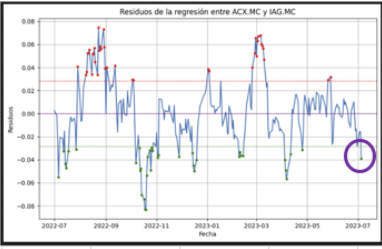
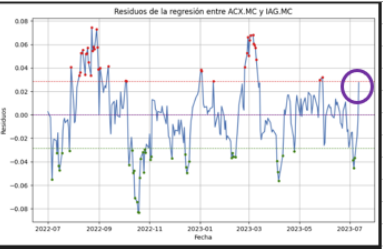
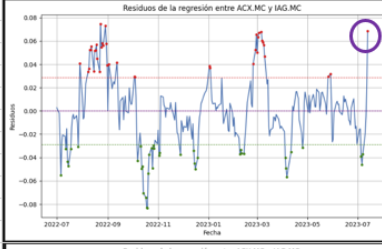
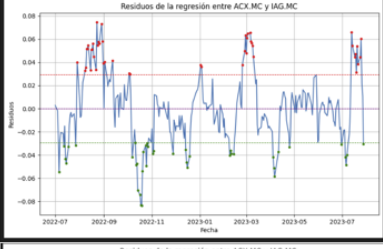


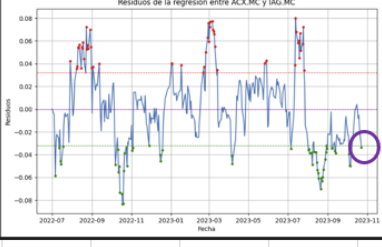
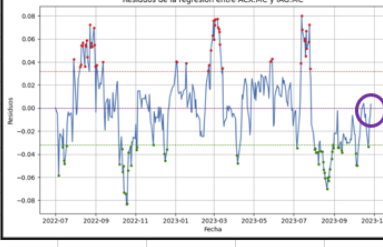
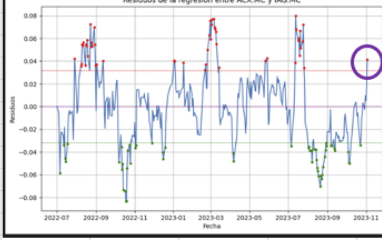

	CLNX	TEF
31/07/2023	37,95	3,93
04/08/2023	35,99	3,538
%chg.	-5,16%	-9,97%
BETA:	0,85	
TOTAL:		3,35%



	CLNX	TEF
21/08/2023	34,24	3,602
18/12/2023	36,1	3,613
%chg.	5,43%	0,31%
BETA:	0,85	
TOTAL:		5,17%



Pareja: ACX – IAG

	ACX	IAG		
07/07/2023	9,44	1,8215		
14/07/2023	10,18	1,821		
%chg.	7,84%	-0,03%		
BETA:	0,42			
	TOTAL:	7,85%		
	ACX	IAG		
17/07/2023	10,01	1,8		
31/07/2023	9,55	1,92		
%chg.	-4,60%	6,67%		
BETA:	0,42			
	TOTAL:	7,40%		
	ACX	IAG		
31/07/2023	9,55	1,92		
18/10/2023	9,16	1,676		
%chg.	-4,08%	-12,71%		
BETA:	0,43			
	TOTAL:	1,36%		
	ACX	IAG		
25/10/2023	8,86	1,63		
30/10/2023	9,07	1,638		
%chg.	2,37%	0,49%		
BETA:	0,38			
	TOTAL:	2,18%		
	ACX	IAG		
06/11/2023	9,72	1,7455		
29/12/2023	10,33	1,781		
%chg.	6,28%	2,03%		
BETA:	0,38			
	TOTAL:	-5,50%		