

CAPÍTULO VI

Selección de activos para construir carteras de inversión en base a su asimetría y curtosis

M. Angeles Carnero
Ángel León
Trino-Manuel Níguez

El objetivo de este trabajo es evaluar la rentabilidad de carteras de inversión construidas con acciones seleccionadas según algunas medidas de rendimiento basadas en los cuatro primeros momentos de la distribución de rentabilidades (media, varianza, asimetría y curtosis). Dichos momentos se estiman a partir de un modelo de volatilidad condicional con innovaciones potencialmente asimétricas. Usando los activos del índice Russell 1000 observados diariamente durante los últimos 22 años, comparamos los rendimientos de las distintas carteras obtenidas a partir de medidas de selección tales como extensiones de la ratio de Sharpe que tienen en cuenta la asimetría y curtosis de las rentabilidades. Además, analizamos la diferencia entre estimar los momentos marginales de la distribución de las rentabilidades asumiendo que éstas siguen un modelo TGARCH con innovaciones posiblemente asimétricas y usar los correspondientes estimadores muestrales.

Palabras clave: TGARCH, volatilidad condicional, ratio de Sharpe, VaR, Cornish-Fisher.

L. INTRODUCCIÓN

En finanzas, la selección de activos para construir carteras de inversión es una tarea crucial. El uso de grandes bancos de datos puede ayudar a anticipar tendencias en el mercado y comportamientos de diferentes activos, permitiendo a los inversores ajustar sus carteras de manera eficiente. Además, la capacidad de acceder y analizar datos en tiempo real proporciona a los inversores una ventaja competitiva al tomar decisiones rápidas y fundamentadas en la información más reciente del mercado. En este sentido, este capítulo ilustra cómo el uso de grandes conjuntos de datos puede ayudar a predecir la rentabilidad que tendrá una determinada cartera de inversión y cómo usar dichas predicciones para seleccionar los activos con los que construir una cartera de inversión.

Los inversores buscan maximizar sus rendimientos teniendo en cuenta el riesgo. Algunos métodos usados en la práctica son: i) evaluar los activos en función de fundamentos económicos y financieros (por ejemplo, ingresos, ganancias, deuda, perspectivas de crecimiento, etc.) y seleccionar aquellos activos con mejores resultados; ii) predecir el comportamiento futuro de los activos a través de modelos estadísticos usando toda la información disponible (por ejemplo, precios históricos de los activos, volúmenes de negociación, etc.); iii) reducir el riesgo de la cartera seleccionando activos de diferentes clases, sectores o regiones buscando que las posibles pérdidas en un activo sean compensadas por las ganancias en otros. La elección de un método de selección de activos dependerá de factores como los objetivos de inversión, el horizonte temporal, la tolerancia al riesgo, etc., por lo que, con frecuencia, se combinan varios métodos.

Una vez seleccionados los activos que formarán parte de la cartera, otro problema importante es determinar qué peso dar a cada activo. Supongamos que se dispone de un euro para invertir en una cartera de cinco activos. Podría construirse una cartera en la que todos los activos tengan el mismo peso (0,2 euros para cada activo) o se podrían determinar los pesos siguiendo otro criterio, por ejemplo, seleccionar los pesos de manera tal que la cartera tenga la menor varianza posible. En esta línea, Brownlees *et al.* (2021) analiza el problema de selección de carteras de inversión con un gran número de activos financieros destacando la importancia que tiene la estimación de la matriz de varianzas y covarianzas de la cartera. Dicho trabajo presenta nueva metodología para modelizar covarianzas y correlaciones dinámicas de elevada dimensionalidad e ilustra sus ventajas a través de un ejercicio empírico usando los 100 activos con mayor capitalización bursátil del S&P 500.

El objetivo de este trabajo es analizar fundamentalmente el problema de cómo seleccionar los activos que formarán parte de la cartera y, en menor medida, cómo seleccionar los pesos de cada activo. Como ilustración usaremos dos carteras, la cartera equiponderada y la cartera de mínima varianza global. En la primera, los pesos son iguales para todas las acciones, mientras en la segunda se seleccionan los pesos tal que minimizan la varianza global de la cartera de rentabilidades que se encuentra en la frontera eficiente de Markowitz (espacio

media-varianza) construida con posiciones largas en todos los activos seleccionados, véase para más información Bodie *et al.* (2023).

Para elegir los activos de nuestras carteras utilizamos varias métricas del rendimiento, que indican la rentabilidad del activo ajustada a su riesgo, donde cada medida se construye a partir de diferentes candidatos de medición de rentabilidad y riesgo como veremos a continuación. En concreto, consideramos los siguientes indicadores: la ratio de Sharpe (SR) (Sharpe, 1966), la ratio de Sharpe modificada (mSR), propuesta por Favre y Galeano (2002) y Gregoriou y Gueyie (2003), así como la ratio de asimetría-curtosis (SKR) de Watanabe (2006). Por un lado, la SR está basada en el análisis tradicional media-varianza, mientras que la mSR y la SKR tienen en cuenta cuantiles y momentos de orden superior, como asimetría y curtosis, de la distribución de la rentabilidad. Obtenemos cada uno de estos indicadores mediante momentos muestrales, por un lado, y, por otro, mediante los momentos incondicionales dados por densidades, basadas en expansiones polinómicas (PA) con estructura TGARCH en la varianza condicional (TGARCH-PA), véase Carnero *et al.* (2023), y media condicional constante. En particular, utilizamos densidades PA construidas a partir de: i) la densidad secante hiperbólica (HS) dando lugar a la distribución PAHS, y de ii) la densidad normal (N), dando lugar a la distribución PAN, o más conocida en la literatura como Gram-Charlier (GC). El modelo TGARCH-PA permite implementar momentos de tercer y cuarto orden incondicionales útiles para evaluar el riesgo y el rendimiento de los activos. Para más información sobre características de este tipo de densidades PA véase Bagnato *et al.* (2015) y las extensiones en León y Níguez (2022). El interés del trabajo se centra en la comparativa del rendimiento de carteras obtenidas mediante indicadores basados en momentos muestrales, y aquellos basados en los momentos incondicionales del modelo TGARCH-PA. Para este fin, implementamos un análisis fuera de muestra (*out-of-sample*) para carteras compuestas a partir de la selección de acciones que constituyen el índice Russell 1000 utilizando varias estrategias alternativas. Las rentabilidades acumuladas de la cartera se obtienen durante el período *out-of-sample* para cada estrategia elegida. Nuestros resultados empíricos muestran evidencia de ganancias considerables en los rendimientos acumulados de las carteras obtenidas mediante indicadores basados en los momentos implícitos del modelo TGARCH-PA.

La metodología usada a lo largo del trabajo se describe en la sección segunda. A continuación, la sección tercera contiene una aplicación empírica usando datos del índice Russell 1000. Por último, la sección cuarta presenta las conclusiones.

2. METODOLOGÍA

Esta sección describe algunos de los indicadores usados en finanzas para medir el rendimiento de una inversión, así como dos métodos alternativos para calcularlos. Además se describen dos estrategias para construir una cartera de inversión a partir de varios activos.

2.1. Indicadores de rendimiento de una inversión

La ratio de Sharpe (SR) es una medida propuesta por Sharpe (1966) y ampliamente utilizada para evaluar el rendimiento de una cartera de inversión en relación con su nivel de riesgo. Dicha ratio viene dada por:

$$SR = \frac{\mu - r_0}{\sigma} \quad [1]$$

donde μ y σ son, respectivamente la media y desviación típica de la rentabilidad de la cartera y r_0 es la rentabilidad que se podría obtener con una inversión libre de riesgo (en este caso, por simplicidad, asumiremos que $r_0 = 0$). Cuanto mayor sea la ratio de Sharpe mejor será el rendimiento de la inversión ajustado al riesgo. Esta medida tiene la ventaja de que permite comparar de manera fácil y rápida varias inversiones aunque también tiene algunas limitaciones. Entre ellas está que su cálculo requiere estimar r_0 , un valor que depende de las condiciones del mercado y/o los tipos de interés y que, por tanto, no es constante en el tiempo. Otra limitación es que, al usar únicamente los dos primeros momentos de la distribución de la rentabilidad de la cartera, implícitamente se está asumiendo que dicha rentabilidad sigue una distribución normal. Con el objetivo de solventar esta última desventaja, Favre y Galeano (2002), y Gregoriou y Gueyie (2003) proponen usar la ratio de Sharpe modificada (mSR), que viene dada por:

$$mSR = \frac{\mu - r_0}{|mVaR(\alpha)|} \quad [2]$$

siendo

$$\begin{aligned} |mVaR(\alpha)| &= -\mu - \sigma \times z_{CF}(\alpha) \\ &= -\mu - \sigma \left[z_\alpha + \frac{1}{6}(z_\alpha^2 - 1)SK + \frac{1}{24}(z_\alpha^3 - 3z_\alpha)(K - 3) - \frac{1}{36}(2z_\alpha^3 - 5z_\alpha)SK^2 \right] \end{aligned}$$

donde z_α es el cuantil $1 - \alpha$ de la distribución normal estándar (es decir, $P(Z \leq z_\alpha) = 1 - \alpha$ donde $Z \sim N(0, 1)$) y Sk y K son, respectivamente, los coeficientes de asimetría y curtosis de la rentabilidad de la cartera. Como puede verse, $mVaR(\alpha)$ es el valor en riesgo (estimación de la pérdida máxima esperada en una cartera de inversión en un período de tiempo específico y bajo cierto nivel de confianza) modificado para no tener que asumir que la distribución de la rentabilidad de la cartera es gaussiana.

Por último, vamos a considerar la ratio de asimetría-curtosis (SKR), propuesta por Watanabe (2006) y Bacon (2008), que proporciona una medida compuesta del riesgo y el rendimiento de una cartera de inversión. Cuanto mayor sea el valor de esta ratio, mayor será el rendimiento potencial de la cartera en relación con su riesgo. Dicha ratio viene dada por:

$$SKR = \frac{\text{asimetría}}{\text{curtosis}} \quad [3]$$

Un problema con estos indicadores surge cuando el numerador (media o asimetría) es negativo. En este caso usaremos la metodología propuesta por Israelsen (2005) y extendida en León y Níguez (2020) que consiste en elevar el denominador de la ratio al signo del numerador.

2.1.1. Cálculo de los indicadores usando los estimadores muestrales

Denotemos por r_1, r_2, \dots, r_T la serie temporal de los rendimientos diarios de una cartera. Lo habitual es estimar su media, desviación típica y los coeficientes de asimetría y curtosis mediante sus respectivos valores muestrales:

$$\bar{r} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T r_t \quad s = \sqrt{\frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T (r_t - \bar{r})^2}$$

$$\widehat{Sk} = \frac{\frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T (r_t - \bar{r})^3}{s^3} \quad \widehat{K} = \frac{\frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T (r_t - \bar{r})^4}{s^4}$$

De este modo tendríamos los correspondientes estimadores muestrales de los tres indicadores:

$$\widehat{SR} = \frac{\bar{r}}{s}; \quad m\widehat{SR} = \frac{\bar{r}}{|\bar{r} - s\hat{z}_{CF}(\alpha)|} \text{ donde}$$

$$\hat{z}_{CF}(\alpha) = z_\alpha + \frac{1}{6}(z_\alpha^2 - 1)\widehat{Sk} + \frac{1}{24}(z_\alpha^3 - 3z_\alpha)(\widehat{K} - 3) - \frac{1}{36}(2z_\alpha^3 - 5z_\alpha)\widehat{Sk}^2$$

y finalmente, $\widehat{SKR} = \frac{\widehat{Sk}}{\widehat{K}}$.

2.1.2. Cálculo de los indicadores usando los estimadores implícitos obtenidos a partir de un modelo de volatilidad condicional

Supongamos que los rendimientos diarios de una inversión siguen un proceso r_t dado por

$$r_t = \mu_t + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t = \sigma_t z_t, \quad [4]$$

donde μ_t y σ_t^2 denotan, respectivamente, la media y varianza de r_t condicionadas a la información disponible en el instante $t-1$ y las innovaciones, z_t , son independientes e idénticamente distribuidas, con media 0 y varianza 1 (i.e. $\{z_t\} \sim iid(0, 1)$). En este caso, el tercer y cuarto momento de z_t son exactamente su asimetría y curtosis que denotaremos por sk_z y k_z respectivamente. Consideremos $\psi_k = E(z_t^k)$, entonces $\psi_1 = 0$, $\psi_2 = 1$, $\psi_3 = sk_z$ y $\psi_4 = k_z$. Asu-

mimos que el error $\{\varepsilon_t\}$ en [4] sigue un proceso TGARCH(1,1) propuesto por Zakoian (1994) que modeliza directamente la volatilidad σ_t y que, como se muestra en Rodríguez y Ruiz (2012), es un modelo tipo GARCH apropiado y flexible que representa bien las propiedades de los rendimientos financieros, en particular, el exceso de curtosis, la heterocedasticidad condicional y el efecto apalancamiento o *leverage*. En este modelo, σ_t viene dado por:

$$\begin{aligned}\sigma_t &= \omega + \beta\sigma_{t-1} + \alpha^+ \varepsilon_{t-1}^+ - \alpha^- \varepsilon_{t-1}^- \\ &= \omega + \sigma_{t-1} \left(\beta + \alpha^+ z_{t-1}^+ - \alpha^- z_{t-1}^- \right),\end{aligned}\quad [5]$$

donde $\omega > 0$, $\beta \geq 0$, $\alpha^+ \geq 0$, y $\alpha^- \geq 0$. Se usa la notación $y_t^+ = \max(y_t, 0)$ y $y_t^- = \min(y_t, 0)$ donde y_t puede ser ε_t o z_t .

Este modelo permite una respuesta asimétrica de la volatilidad a rendimientos pasados positivos y negativos. En particular, la volatilidad tiende a ser mayor después de impactos negativos en los rendimientos que después de impactos positivos de la misma magnitud. Esto generalmente conduce a correlaciones cruzadas negativas entre rendimientos pasados y volatilidad. Como se puede ver en [5], cuando ε_{t-1} es positivo, la respuesta de la volatilidad es lineal en ε_{t-1} con pendiente α^+ , pero si ε_{t-1} es negativo, la pendiente es α^- , y se espera que $\alpha^+ < \alpha^-$. Nótese que cuando $\alpha^+ = \alpha^-$, la volatilidad responde de manera simétrica a rendimientos pasados positivos y negativos y el modelo se reduce al modelo *Absolute Value GARCH* (AVGARCH) propuesto por Taylor (1986) y Schwert (1989). Como puede verse en Francq y Zakoian (2010), el modelo TGARCH es estrictamente estacionario si,

$$E \left[\ln \left(\beta + \alpha^+ z_t^+ - \alpha^- z_t^- \right) \right] < 0,$$

y es estacionario en covarianza si,

$$E \left[\left(\beta + \alpha^+ z_t^+ - \alpha^- z_t^- \right)^2 \right] < 1$$

En Carnero *et al.* (2023) se muestran las expresiones analíticas para los cuatro primeros momentos del modelo TGARCH con innovaciones potencialmente asimétricas. Supongamos que $\{r_t\}$ viene dado por el modelo [4], estrictamente estacionario con momento de orden 4 finito. En el caso más sencillo en que $\mu_t = \mu$, puede demostrarse que los coeficientes de asimetría y curtosis de la rentabilidad r_t vienen dados por:

$$sk_r = sk_z \frac{E(\sigma_t^3)}{E(\sigma_t^2)^{3/2}},$$

$$k_r = k_z \frac{E(\sigma_t^4)}{E(\sigma_t^2)^2}.$$

donde,

$$E(\sigma_t^k) = \frac{\omega^k f_k}{\prod_{j=1}^k (1 - a_j)}, \quad k = 1, 2, 3, 4$$

$$f_1 = 1,$$

$$f_2 = 1 + a_1,$$

$$f_3 = 1 + 2a_1 + 2a_2 + a_1 a_2,$$

$$f_4 = 1 + 3a_1 + 5a_2 + 3a_3 + 3a_1 a_2 + 5a_1 a_3 + 3a_2 a_3 + a_1 a_2 a_3.$$

$$a_k = \beta^k + \sum_{j=1}^k \frac{k!}{j!(k-j)!} \beta^{k-j} \left\{ (\alpha^+)^j \psi_j + [t_j I(j \text{ es par}) - g_j I(j \text{ es impar})] \psi_j^- \right\} \quad [6]$$

$$\psi_j = E[z_t^j], \psi_j^- = E[(z_t^-)^j], g_j = (\alpha^-)^j + (\alpha^+)^j, t_j = (\alpha^-)^j - (\alpha^+)^j$$

Como se deduce de las expresiones anteriores, los coeficientes de asimetría y curtosis de la rentabilidad r_t van a depender de los parámetros del TGARCH (i.e. ω , β , α^+ y α^-) pero también de los valores ψ_j y ψ_j^- que vienen dados por la distribución de las innovaciones z_t . Por ejemplo, si z_t tiene una distribución normal estándar, $\psi_1 = 0$; $\psi_2 = 1$; $\psi_3 = 0$, y $\psi_4 = 3$, y $\psi_1^- = -\frac{1}{\sqrt{2\pi}}$; $\psi_2^- = \frac{1}{2}$; $\psi_3^- = -\sqrt{\frac{2}{\pi}}$; $\psi_4^- = \frac{3}{2}$.

En Carnero *et al.* (2023) se asume que la función de densidad de las innovaciones z_t pertenece a la familia de densidades PA, basadas en expansiones polinómicas ortogonales de una densidad principal seleccionada. Por ejemplo, la densidad Gram-Charlier (GC) expande la normal estándar como densidad principal mediante polinomios de Hermite. Expansiones similares con la secante hiperbólica estandarizada (PAHS) y la logística (PAL) como densidades principales también se han propuesto en Bagnato *et al.* (2015) y Vacca *et al.* (2022) para modelizar los rendimientos de activos financieros. En este capítulo asumimos que los rendimientos r_t vienen dados por el modelo [4], con $\mu_t = \mu$, y este tipo de densidades PA (en concreto, GC y PAHS) para las innovaciones z_t . Bajo dicho supuesto, en lugar de usar los estimadores muestrales para calcular las tres ratios descritas anteriormente, proponemos estimar la media, desviación típica y los coeficientes de asimetría y curtosis de los rendimientos diarios a partir del modelo TGARCH-PA. Para ello, estimamos el modelo para las rentabilidades y usando los parámetros estimados y las expresiones obtenidas en Carnero *et al.* (2023), podemos calcular los valores de μ , σ , Sk y K que implica el modelo.

2.2. Estrategias de inversión

Suponiendo que disponemos de las series de rendimientos diarios de una muestra de activos, la estrategia de inversión que vamos a seguir, asumiendo por simplicidad que los costes de transacción son cero, es la siguiente:

1. Dividimos la muestra total, de tamaño T , en dos muestras, una que llamaremos *in-sample* y que usaremos para elegir los cinco activos que inicialmente formarán nuestra cartera y otra que llamaremos *out-of-sample* en donde evaluamos la rentabilidad acumulada de nuestra cartera de inversión.
2. Elegimos uno de los tres indicadores descritos anteriormente, por ejemplo, la ratio de Sharpe.
3. Con la muestra *in-sample* calculamos dicho indicador para todas las acciones en las que podríamos invertir, las ordenamos de mayor a menor valor y seleccionamos las cinco primeras.
4. Movemos nuestra muestra 25 días descartando las primeras observaciones de la muestra anterior e incluyendo las observaciones siguientes. Con esta nueva muestra repetimos el paso anterior. En este punto, podría suceder que las cinco primeras acciones sigan siendo las que ya forman parte de nuestra cartera, en cuyo caso la composición de mi cartera no cambiaría. Sin embargo, podría suceder que haya acciones en nuestra cartera que no estén entre las cinco primeras con el nuevo orden, lo que nos llevaría a venderlas y comprar las nuevas acciones que aparecen entre las cinco primeras.
5. Repetimos el proceso 100 veces, lo que nos lleva a una muestra *out-of-sample* de 2.500 observaciones en la que podemos evaluar nuestra estrategia observando el valor de nuestra cartera el último día (observación T) después de haber invertido un euro al inicio de la muestra *out-of-sample*.

Un problema muy relevante, que no abordamos aquí, es cómo seleccionar los pesos para cada una de las cinco acciones que formarán parte de nuestra cartera. En este trabajo vamos a hacerlo de dos maneras bien conocidas y estudiadas. En primer lugar vamos a construir una cartera equiponderada, aquella en la que se asigna el mismo peso o proporción a cada una de las acciones seleccionadas. La cartera equiponderada es una estrategia simple que busca diversificar entre todos los activos, sin favorecer a ninguno en particular. Como alternativa a la cartera equiponderada, vamos a construir también la cartera de mínima varianza, seleccionando los pesos de cada activo de manera que se minimice la varianza total de la cartera, teniendo en cuenta las correlaciones entre los activos.

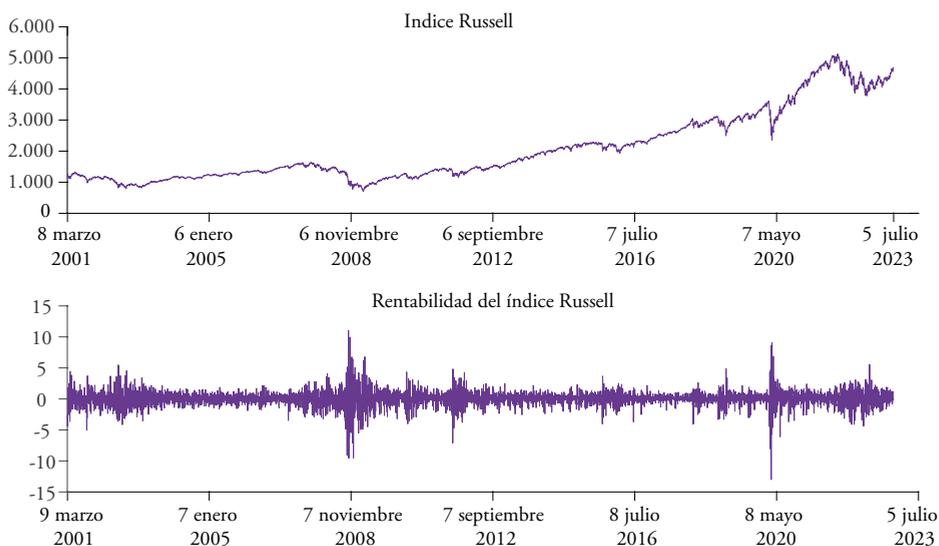
3. APLICACIÓN EMPÍRICA

En esta sección vamos a comparar los rendimientos de las distintas estrategias de inversión, descritas anteriormente, usando los activos del índice Russell 1000 observados diariamente desde el 8 de marzo de 2001 hasta el 5 de julio de 2023. El Russell 1000 es un índice bursátil que proporciona una visión general del rendimiento de las 1.000 empresas más grandes, de diversos sectores, que cotizan en bolsa en los Estados Unidos. Se actualiza anualmente para reflejar cambios en la capitalización de mercado de las empresas y por tanto, refleja

continuamente las 1.000 empresas más grandes en el mercado de valores estadounidense. Este índice está administrado por Russell Investments, una empresa de gestión de activos. La **figura 1** muestra la evolución del índice y su rentabilidad a lo largo de nuestra muestra.

Figura 1.

Índice Russell 1000



Fuente: Elaboración propia.

Nuestro objetivo es seleccionar cinco empresas, de entre las 1.000, con las que construir una cartera de inversión. Disponemos por tanto de una muestra total de tamaño $T = 5.825$. Seguimos nuestra estrategia eligiendo primero la muestra *in-sample*, observada desde el 8 de marzo de 2001 hasta el 4 de diciembre de 2013 dando lugar a un tamaño muestral de 3.325 observaciones. Por otra parte, la muestra *out-of-sample* tendrá un tamaño muestral de 2.500 observaciones y se observa desde el 5 de diciembre de 2013 hasta el 5 de julio de 2023.

Cuadro 1.

Estadísticos descriptivos

<i>Rentabilidad</i>	<i>Índice</i>	<i>Russell</i>
	Total	<i>In-sample</i>
Media	0,0222	0,0120
Desviación típica	1,2232	1,2925
CV	55,10	107,71
Asimetría	-0,4580	-0,2354
Curtosis	14,319	11,684

Fuente: Elaboración propia.

En el **cuadro 1** se muestran los estadísticos descriptivos del índice en la muestra total y en la muestra *in-sample* donde se observan algunas diferencias, especialmente en el coeficiente de variación.

Cuadro 2.

Códigos SIC de los 417 activos del índice Russell en los que poder invertir

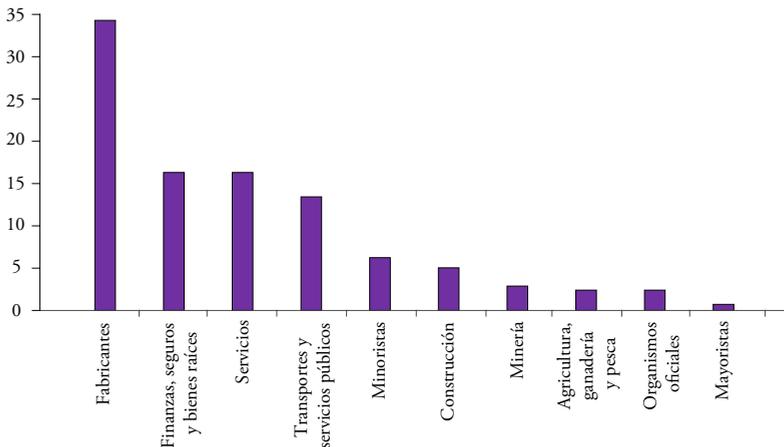
Categoría	No activos	Porcentaje (%)
Agricultura, ganadería y pesca	10	2,40
Minería	12	2,88
Construcción	21	5,04
Fabricantes	143	34,29
Transportes y servicios públicos	56	13,43
Mayoristas	3	0,72
Minoristas	26	6,24
Finanzas, seguros y bienes raíces	68	16,3
Servicios	68	16,3
Organismos oficiales	10	2,40
	417	100

Fuente: Elaboración propia.

Antes de elegir las cinco acciones que formarán parte de nuestra primera cartera, es conveniente destacar que hay un número considerable de empresas que no permanecen en el índice durante largos períodos de tiempo. Con el objetivo de que todas las empresas puedan formar parte de la cartera, en una primera selección nos quedamos con 577 activos que han

Figura 2.

Códigos SIC de los 417 activos del índice Russell en los que poder invertir



Fuente: Elaboración propia.

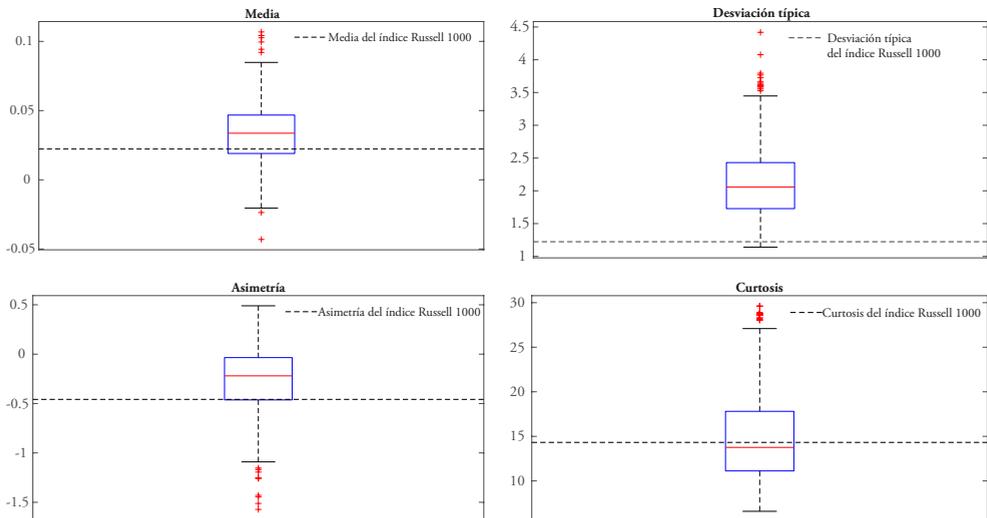
formado parte del índice durante todo el período muestral, esto es, desde el 8 de marzo de 2001 hasta el 5 de julio de 2023. Dichos activos aparecen detallados en el Apéndice 1. Por otra parte, para poder estimar μ , σ , Sk y K a partir del modelo TGARCH-PA es necesario que existan los cuatro primeros momentos de las rentabilidades, y para ello se ha de cumplir que a_k para $k \leq 4$ dado por [6] sea menor que 1. Seleccionamos, por tanto, aquellos 417 activos en los que, una vez estimado el modelo, se cumple dicha condición. Podemos clasificar los 417 activos de acuerdo a los códigos SIC (*Standard Industrial Classification*) en 10 categorías como muestran tanto el cuadro 2 como la figura 2.

La figura 3 presenta la distribución de los cuatro primeros momentos de los 417 activos seleccionados en comparación con el índice Russell. Como podemos ver, tanto la media como los coeficientes de asimetría y curtosis de los activos, se distribuyen, en media, como el índice. Por otra parte, como era de esperar, la desviación típica del índice es menor que la de sus activos componentes.

Con los 417 activos seleccionados procedemos entonces con nuestra estrategia: i) con la muestra *in-sample*, es decir, con la información que tenemos el 4 de diciembre de 2013, para cada activo, calculamos los tres indicadores, dados por [1], [2] y [3] respectivamente, usando los estimadores muestrales y los implícitos según el modelo TGARCH-PA estimado. A continuación, ordenamos las 417 acciones de mayor a menor valor y seleccionamos las cinco primeras, obteniendo así seis carteras, una por cada indicador y cada estimador; ii) movemos la

Figura 3.

Diagramas de caja de los cuatro primeros momentos de los 417 activos del índice Russell



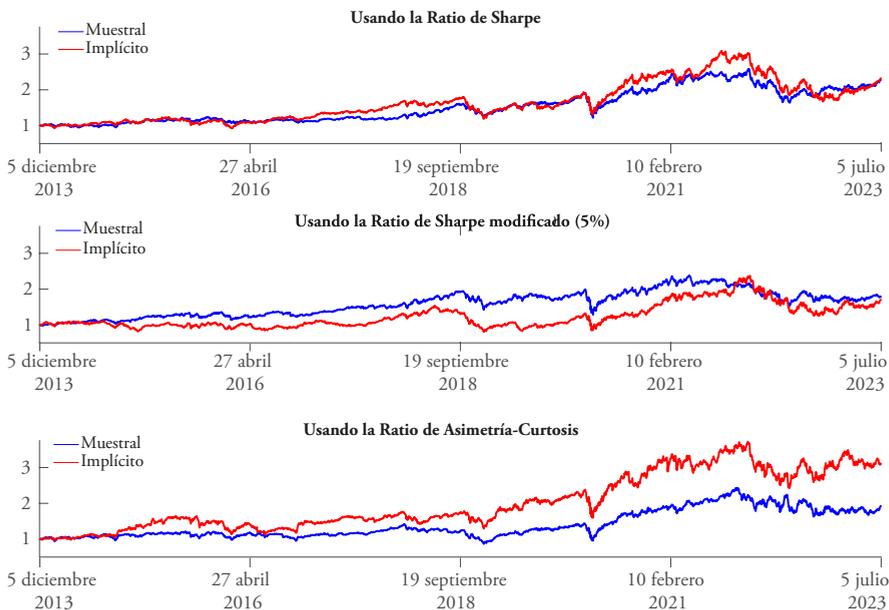
Fuente: Elaboración propia.

muestra 25 días descartando las primeras observaciones de la muestra anterior e incluyendo las observaciones siguientes (es decir, la nueva muestra irá desde el día 12 de abril de 2001 hasta el 8 de enero de 2014). Con esta nueva muestra repetimos el proceso 100 veces, y evaluamos nuestra estrategia observando el valor de nuestra cartera el día 5 de julio de 2023 después de haber invertido un euro el 4 de diciembre de 2013.

En el Apéndice 2 se muestran los activos que han sido seleccionados para cada una de las seis carteras descritas anteriormente, así como la frecuencia con la que dicho activo forma parte de la cartera. Por ejemplo, podemos ver que el activo número 30, que corresponde a APPLE (véase Apéndice 1), ha resultado seleccionado siguiendo la ratio de Sharpe obtenido con ambos estimadores. Además, en las 100 veces que se ha repetido el proceso, esta acción ha sido seleccionada en 81 ocasiones cuando la SR se ha obtenido con el estimador muestral, y en las 100 veces cuando se ha usado el estimador implícito. Sin embargo, APPLE no ha formado parte de ninguna cartera cuando el indicador elegido es la mSR obtenida con el estimador muestral ni cuando seguimos el criterio dado por la SKR. Cabe señalar que únicamente 126 de los 417 activos posibles han formado parte de alguna cartera y, por tanto, hay 291 acciones que, de acuerdo a los indicadores usados, no han quedado nunca entre las cinco primeras y en consecuencia no han formado parte de ninguna cartera. Un ejemplo de este último caso es el activo número 20, que corresponde a American Express o el número 97 correspondiente a

Figura 4.

Evolución de las distintas carteras equiponderadas



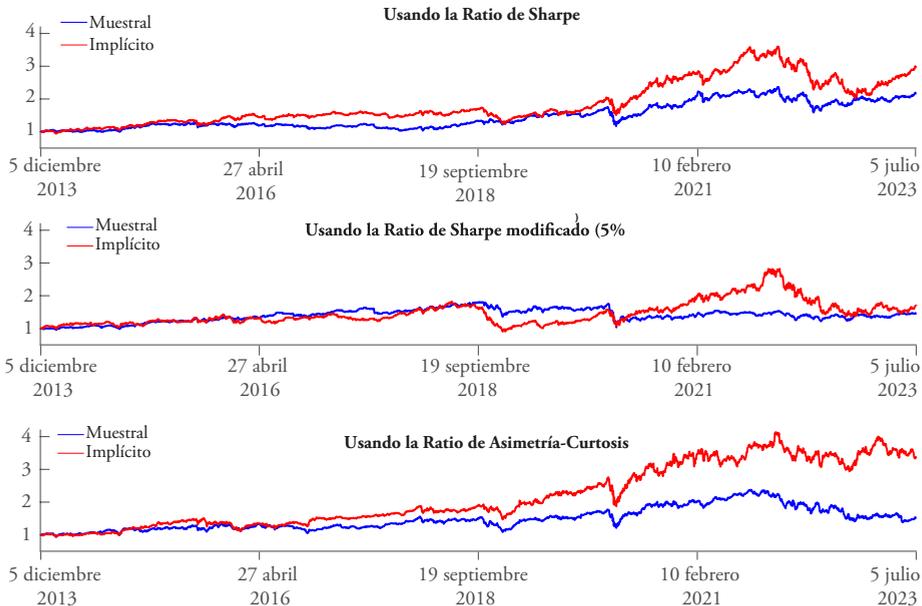
Fuente: Elaboración propia.

Coca Cola. El Apéndice 3 contiene una tabla en la que pueden verse aquellos activos comunes en grupos de dos carteras cada una asociada a un indicador diferente. Como se puede observar, el activo número 478, que corresponde a Amazon.com, es el que más se repite cuando comparamos todas las carteras. Dicho activo ha formado parte de todas las carteras excepto de la formada siguiendo la mSR obtenida con el estimador implícito. En cambio, el activo número 372, que corresponde a Starbucks, únicamente ha formado parte de las carteras formadas siguiendo la SR obtenida con ambos estimadores.

La figura 5 muestra la evolución de una cartera equiponderada (de mínima varianza) a lo largo de la muestra *out-of-sample*. Se observan carteras que han evolucionado mejor que otras. El gráfico de arriba de la figura 4 compara la evolución de las carteras equiponderadas elegidas de acuerdo a la SR estimada usando los estimadores muestrales (línea azul) y usando los estimadores implícitos por el modelo TGARCH-PA (línea roja). Como puede verse, las diferencias son muy pequeñas en los primeros años, alternándose luego períodos en los que una mejora ligeramente a la otra. Sin embargo, no parece que una cartera evolucione sistemáticamente mejor que la otra, lo cual no es sorprendente puesto que ambas carteras tienen muchos activos en común (véase Apéndice 3). Esto cambia si nos fijamos en el gráfico de arriba de la figura 5, donde podemos hacer la misma comparación pero con la cartera de mínima varianza. En este caso puede verse que la evolución de la cartera elegida según la SR

Figura 5.

Evolución de las distintas carteras de mínima varianza



Fuente: Elaboración propia.

estimada usando los estimadores implícitos por el modelo TGARCH-PA es sistemáticamente mejor que aquella construida usando los estimadores muestrales.

En los gráficos centrales de ambas figuras se compara la evolución de las carteras elegidas según la mSR. Se observa que, tanto para las carteras equiponderadas como de mínima varianza, la diferencia debida al estimador elegido es marginal, especialmente al final del horizonte de inversión. Por último, como puede verse en ambas figuras, la rentabilidad acumulada de la cartera construida según la SKR implícita es sistemáticamente mejor que la correspondiente a la cartera seleccionada con la SKR muestral.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha llevado a cabo un ejercicio para evaluar la rentabilidad de carteras de inversión construidas con acciones seleccionadas según tres medidas de rendimiento basadas en los cuatro primeros momentos de la distribución de rentabilidades (media, varianza, asimetría y curtosis); en concreto, la ratio de Sharpe, la ratio de Sharpe modificada y la ratio de asimetría-curtosis. Usando los activos del índice Russell 1000 observados diariamente desde el 5 de diciembre de 2013 hasta el 5 de julio de 2023, se han comparado los rendimientos de las distintas carteras obtenidas a partir de dichas medidas de selección. Los resultados muestran la diferencia entre estimar los momentos marginales de la distribución de las rentabilidades asumiendo que éstas siguen un modelo TGARCH con innovaciones posiblemente asimétricas y usar los correspondientes estimadores muestrales. Cuando la cartera elegida es la equiponderada, de acuerdo con los indicadores SR y mSR, parece no haber grandes diferencias entre el uso de los estimadores muestrales y los implícitos. Sin embargo, las diferencias son notables cuando se elige la cartera equiponderada o de mínima varianza, de acuerdo con la ratio de asimetría-curtosis, en donde usar los estimadores implícitos mejora la rentabilidad acumulada.

Referencias

- BACON, C. R. (2008). *Practical portfolio performance measurement and attribution*. John Wiley & Sons.
- BAGNATO, L., POTL, V. y ZOIA, M. G. (2015). The role of orthogonal polynomials in adjusting hyperbolic secant and logistic distributions to analyse financial asset returns. *Statistical Papers*, 56, pp. 1205-1234.
- BODIE, Z., KANE, A. y MARCUS, A. J. (2023). *Investments*. McGraw-Hill Education, edición n.º 13.
- BROWNLEES, C., LLORENS, J. y SENAR, N. (2021). Modelos de selección de carteras con muchos activos. En D. PEÑA, P. PONCELA y E. RUIZ, *Nuevos métodos de predicción económica con datos masivos* (pp. 33-60). Madrid: Funcas.
- CARNERO, M. A., LEÓN, A. y ÑÍGUEZ, T.-M. (2023). *Analytic moments of TGARCH models with polynomially adjusted densities*. SSRN 3973456.
- FAVRE, L. y GALEANO, J. A. (2002). Mean-modified value-at-risk optimization with hedge funds. *Journal of Alternative Investments*, 5(2), pp. 21-25.

- FRANCO, C. y ZAKOIAN, J. M. (2010). *GARCH Models: Structure, Statistical Inference and Financial Applications*. Wiley.
- GREGORIOU, G. N. y GUEYIE, J. P. (2003). Risk-adjusted performance of funds of hedge funds using a modified Sharpe ratio. *Journal of Wealth Management*, 6(3), pp. 77-83.
- ISRAELSEN, C. L. (2005). A refinement of the Sharpe ratio and information ratio. *Journal of Asset Management*, 5(6), pp. 423-427.
- LEÓN, Á. y ÑÍGUEZ, T.-M. (2020). Modeling asset returns under time-varying seminonparametric distributions. *Journal of Banking and Finance*, 118, 105870.
- LEÓN, Á. y ÑÍGUEZ, T.-M. (2022). Polynomial adjusted Student-t densities for modeling asset returns. *European Journal of Finance*, 28(9), pp. 907-929.
- RODRÍGUEZ, M. J. y RUIZ, E. (2012). GARCH models with leverage effect: differences and similarities. *Journal of Financial Econometrics*, 10, pp. 637-668.
- SCHWERT, G. W. (1989). Why does stock market volatility change over time? *Journal of Finance*, 45, pp. 1129-1155.
- SHARPE, W. F. (1966). Mutual Fund Performance. *The Journal of Business*, 39(1), pp. 119-138.
- TAYLOR, S. J. (1986). *Modelling Financial Time Series*. Wiley.
- VACCA, G., ZOIA, M. G. y BAGNATO, L. (2022). Forecasting in GARCH models with polynomially modified innovations. *International Journal of Forecasting*, 38, pp. 117-141.
- WATANABE, Y. (2006). Is Sharpe ratio still effective? *Journal of Performance Measurement*, 11(1), p. 55.
- ZAKOIAN, J. M. (1994). Threshold heteroskedastic models. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 18, pp. 931-955.

APÉNDICE 1

Acciones seleccionadas del índice Russell 1000 durante el período 8/03/2001 hasta 5/07/2023

1	AFLAC	46	BAKER HUGHES A	91	CINCINNATI FINL.
2	AGCO	47	BALL	92	CIRRUS LOGIC
3	AES	48	BAXTER INTL.	93	CISCO SYSTEMS
4	ABBOTT LABORATORIES	49	BECTON DICKINSON	94	CINTAS
5	ACTIVISION BLIZZARD	50	VERIZON COMMUNICATIONS	95	CLEVELAND CLIFFS
6	ADOBE (NAS)	51	W R BERKLEY	96	CLOROX
7	ADVANCED MICRO DEVICES	52	BERKSHIRE HATHAWAY 'B'	97	COCA COLA
8	AFFILIATED MANAGERS	53	BEST BUY	98	COGNEX
9	AIR PRDS.& CHEMS.	54	BIO-RAD LABORATORIES 'A'	99	COLGATE-PALM.
10	ALASKA AIR GROUP	55	H&R BLOCK	100	COMERICA
11	ALBEMARLE	56	BOEING	101	COMMERCE BC.SH.
12	HONEYWELL INTL.	57	BORGWARNER	102	NNN REIT
13	HANOVER INSURANCE GROUP	58	BOSTON BEER 'A'	103	DXC TECHNOLOGY
14	ALLSTATE ORD SHS	59	BOSTON SCIENTIFIC	104	CONAGRA BRANDS
15	HOWMET AEROSPACE	60	BOYD GAMING	105	CONSOLIDATED EDISON
16	HESS	61	BRISTOL MYERS SQUIBB	106	COOPER COS.
17	U HAUL HOLDING	62	BROWN-FORMAN 'A'	107	MOLSON COORS BEVERAGE CO. B
18	AMEREN	63	BROWN-FORMAN 'B'	108	COPART
19	AMER.ELEC.PWR.	64	BRUNSWICK	109	INGREDION
20	AMERICAN EXPRESS	65	SIRIUS XM HOLDINGS	110	CORNING
21	AMERICAN FINL.GPOHIO	66	CIGNA	111	COUSINS PROPS.
22	AMERICAN INTL.GP	67	CMS ENERGY	112	CREDIT ACCEP.
23	AMERISOURCEBERGEN	68	CNA FINANCIAL	113	WOLFSPEED
24	AMETEK	69	CSX	114	CROWN HDG.
25	AMGEN	70	CVS HEALTH	115	CULLEN FO.BANKERS
26	AMPHENOL 'A'	71	COTERRA ENERGY	116	CUMMINS
27	ANALOG DEVICES	72	CACI INTERNATIONAL 'A'	117	CURTISS WRIGHT
28	AON CLASS A	73	CADENCE DESIGN SYS.	118	D R HORTON
29	APA	74	CAMDEN PROPERTY TST.	119	DTE ENERGY
30	APPLE	75	CAMPBELL SOUP	120	DANAHER
31	APPLIED MATS.	76	CONSTELLATION BRANDS 'A'	121	DARDEN RESTAURANTS
32	APTARGROUP	77	CAPITAL ONE FINL.	122	DARLING INGREDIENTS
33	ARCHER DANIELS MIDLAND	78	CARDINAL HEALTH	123	TARGET
34	ARROW ELECTRONICS	79	CARLISLE COS.	124	DECKERS OUTDOOR
35	ASHLAND	80	CARNIVAL	125	DEERE
36	ASPEN TECHNOLOGY	81	CASEY'S GENERAL STORES	126	DENT'SPLY SIRONA
37	ATMOS ENERGY	82	CATERPILLAR	127	WALT DISNEY
38	AUTODESK	83	AVIS BUDGET GROUP	128	DOLLAR TREE
39	AUTOMATIC DATA PROC.	84	EAGLE MATERIALS	129	DOMINION ENERGY
40	AUTOZONE	85	JP MORGAN CHASE & CO.	130	DONALDSON CO.
41	AVALONBAY COMMNS.	86	CHEMED	131	DOVER
42	AVERY DENNISON	87	CHEVRON	132	DUKE ENERGY
43	AVNET	88	CHURCH & DWIGHT CO.	133	EASTMAN CHEMICAL
44	TRUIST FINANCIAL	89	CHURCHILL DOWNS	134	EATON
45	BOK FINL.	90	CIENA	135	ECOLAB

Acciones seleccionadas del índice Russell 1000 durante el período 8/03/2001 hasta 5/07/2023

(continuación)

136	EDISON INTL.	180	HARTFORD FINL.SVS.GP.	224	KOHL'S
137	ELECTRONIC ARTS	181	HASBRO	225	KROGER
138	EMERSON ELECTRIC	182	HAWAIIAN ELECTRIC INDS.	226	LAB. CORP.OF AM. HDG.
139	EOG RES.	183	HEALTHPEAK PROPERTIES	227	LAM RESEARCH
140	ENTERGY	184	WELLTOWER	228	LANDSTAR SYSTEM
141	EQUIFAX	185	JACK HENRY AND ASSOC.	229	LATTICE SEMICONDUCTOR
142	EQT	186	HERSHEY	230	ESTEE LAUDER COS.'A'
143	EQUITY RESD.TST.PROPS. SHBI	187	HP	231	LEGGETT&PLATT
144	ERIE INDEMNITY 'A'	188	HEXCEL	232	LENNAR 'A'
145	NEWMARKET	189	HIGHWOODS PROPERTIES	233	JEFFERIES FINANC. GROUP
146	EVEREST RE GP.	190	HF SINCLAIR	234	ELI LILLY
147	EXPEDITOR INTL.OF WASH.	191	HOLOGIC	235	BATH AND BODY WORKS
148	EXXON MOBIL	192	HOME DEPOT	236	LINCOLN ELECTRIC HDG.
149	FMC	193	HORMEL FOODS	237	LINCOLN NATIONAL
150	FNB	194	HOST HOTELS & RESORTS R	238	LITTELFUSE
151	NEXTERA ENERGY	195	HUBBELL	239	LOCKHEED MARTIN
152	FAIR ISAAC	196	HUMANA	240	LOEWS
153	FASTENAL	197	HUNT JB TRANSPORT SVS.	241	RANGE RES.
154	FEDEX	198	HUNTINGTON BCSH.	242	LOUISIANA PACIFIC
155	FEDERAL REALTY INV.TST.	199	ICU MEDICAL	243	LOWE'S COMPANIES
156	MACY'S	200	MOSAIC	244	M&T BANK
157	FIFTH THIRD BANCORP	201	ITT	245	MDU RESOURCES GROUP
158	FIRST CTZN.BCSHA	202	IDACORP	246	MGIC INVESTMENT
159	FIRST INDL.REALTY TST.	203	IDEX	247	MGM RESORTS INTL.
160	FIRST HORIZON	204	IDEXX LABORATORIES	248	MSC INDL.DIRECT 'A'
161	FISERV	205	ILLINOIS TOOL WORKS	249	MANPOWERGROUP
162	FIRSTENERGY	206	TRANE TECHNOLOGIES	250	EQUITY LIFESTYLE PROPS.
163	FLOWSERVE	207	INTEGRA LFSC.HDG.	251	MARKEL GROUP
164	FRANKLIN RESOURCES	208	INTEL	252	MARSH & MCLENNAN
165	FREEMPORT-MCMORAN	209	INTERNATIONAL BUS.MCHS.	253	MARRIOTT INTL.'A'
166	WHITE MOUNTAINS IN.GP.	210	INTL.FLAVORS & FRAG.	254	MARTIN MRTA.MATS.
167	ARTHUR J GALLAGHER	211	INTERNATIONAL PAPER	255	MASCO
168	GARTNER 'A'	212	INTERPUBLIC GROUP	256	MASTEC
169	GENERAL DYNAMICS	213	INTUIT	257	MATTEL
170	GENERAL ELECTRIC	214	IONIS PHARMACEUTICALS	258	MCCORMICK & COMPANY NV.
171	GENERAL MILLS	215	JABIL	259	MCDONALDS
172	GENTEX	216	JACOBS SOLUTIONS	260	S&P GLOBAL
173	GENUINE PARTS	217	JOHNSON & JOHNSON	261	MCKESSON
174	GILEAD SCIENCES	218	KLA	262	MEDTRONIC
175	GRACO	219	KELLOGG	263	BANK OF NEW YORK MELLON
176	WW GRAINGER	220	KEYCORP	264	MICROSOFT
177	HALLIBURTON	221	KIMBERLY-CLARK	265	MICROCHIP TECH.
178	HARLEY-DAVIDSON	222	KIMCO REALTY	266	MICRON TECHNOLOGY
179	L3HARRIS TECHNOLOGIES	223	KIRBY	267	MID-AMER.APT COMMUNITIES

Acciones seleccionadas del índice Russell 1000 durante el período 8/03/2001 hasta 5/07/2023

(continuación)

268	MSA SAFETY	312	PENTAIR	356	SCOTTS MIRACLE-GRO
269	3M	313	PEPSICO	357	SEABOARD
270	MOHAWK INDUSTRIES	314	PERRIGO	358	SEALED AIR
271	MORGAN STANLEY	315	PFIZER	359	SEMPRA
272	MOTOROLA SOLUTIONS	316	ESSENTIAL UTILITIES	360	SERVICE CORPINTL.
273	VIATRIS	317	ALTRIA GROUP	361	SHERWIN-WILLIAMS
274	NCR	318	CONOCOPHILLIPS	362	SIMON PROPERTY GROUP
275	NVR	319	PVH	363	SMITH (AO)
276	NATIONAL FUEL GAS	320	PINNACLE WEST CAP	364	SNAP-ON
277	NATIONAL INSTS.	321	PIONEER NTRL.RES.	365	SONOCO PRODUCTS
278	NETAPP	322	POLARIS INDUSTRIES	366	SOUTHERN
279	NEUROCRINE BIOSCIENCES	323	POPULAR	367	SOUTHWEST AIRLINES
280	NEW YORK TIMES 'A'	324	T ROWE PRICE GROUP	368	SOUTHWESTERN ENERGY
281	NEWMONT	325	PROCTER & GAMBLE	369	LIFE STORAGE
282	NIKE 'B'	326	PROGRESSIVE OHIO	370	STANLEY BLACK & DECKER
283	NORDSON	327	PUB.SER.ENTER.GP	371	US BANCORP
284	NORDSTROM	328	PUBLIC STORAGE	372	STARBUCKS
285	NORFOLK SOUTHERN	329	PULTEGROUP	373	STATE STREET
286	EVERSOURCE ENERGY	330	QUANTA SERVICES	374	STIFEL FINANCIAL
287	XCEL ENERGY	331	NEW YORK COMMUNITY BANC.	375	STRYKER
288	NORTHERN TRUST	332	RPM INTERNATIONAL	376	SUN COMMUNITIES
289	NORTHROP GRUMMAN	333	RAYMOND JAMES FINL.	377	GEN DIGITAL
290	WELLS FARGO & CO	334	RAYONIER	378	SYNOPSIS
291	NUCOR	335	REALTY INCOME	379	SYNOVUS FINANCIAL
292	OGE ENERGY	336	REGAL REXNORD	380	SYSCO
293	OCCIDENTAL PTL.	337	REGENERON PHARMS.	381	TJX
294	OLD DOMINION FGT.LINES	338	REGENCY CENTERS	382	BIO-TECHNE
295	OLD REPUBLIC INTL	339	RELIANCE STEEL AND ALMN	383	TELEFLEX
296	OLIN	340	REPLIGEN	384	TENET HEALTHCARE
297	OMNICOM GROUP	341	RESMED	385	TERADYNE (XSC)
298	OMEGA HLTHCR.INVRS.	342	ARCH CAP.GP.	386	TETRA TECH
299	ONEOK	343	ROBERT HALF INTERNAT.	387	TEXAS INSTRUMENTS
300	ORACLE	344	ROCKWELL AUTOMATION	388	TEXTRON
301	O REILLY AUTOMOTIVE	345	ROLLINS	389	THERMO FISHER SCIENT.
302	EXELON	346	ROPER TECHNOLOGIES	390	THOR INDUSTRIES
303	PG&E	347	ROSS STORES	391	TIMKEN
304	PNC FINL.SVS.GP.	348	ROYAL GOLD	392	TOLL BROTHERS
305	PPL	349	RYDER SYSTEM	393	GLOBE LIFE
306	PPG INDUSTRIES	350	AT&T	394	TORO
307	PACCAR	351	SEI INVESTMENTS	395	DAVITA
308	BANK OF HAWAII	352	TRAVELERS COS.	396	TRACTOR SUPPLY
309	PTC	353	HENRY SCHEIN	397	CITIGROUP
310	PARKER-HANNIFIN	354	SCHLUMBERGER	398	WENDY'S CLASS A
311	PAYCHEX	355	CHARLES SCHWAB	399	YUM! BRANDS

Acciones seleccionadas del índice Russell 1000 durante el período 8/03/2001 hasta 5/07/2023

(continuación)

400	TRIMBLE	444	MOODY'S	488	COGNIZANT TECH.SLTN.'A'
401	TYSON FOODS 'A'	445	QUEST DIAGNOSTICS	489	CROWN CASTLE
402	UGI	446	STEEL DYNAMICS	490	EAST WEST BANCORP
403	MARATHON OIL	447	STERICYCLE	491	EBAY
404	WASTE MANAGEMENT	448	SOUTHERN COPPER	492	GOLDMAN SACHS GP.
405	IAC	449	FACTSET RESEARCH SYS.	493	LITHIA MOTORS
406	UNITED STATES STEEL	450	PROLOGIS REIT	494	MKS INSTRUMENTS
407	UNION PACIFIC	451	UNITED RENTALS	495	MERCURY SYSTEMS
408	UDR	452	CENTERPOINT EN.	496	NVIDIA
409	UNITEDHEALTH GROUP	453	NEWELL BRANDS (XSC)	497	BOOKING HOLDINGS
410	RAYTHEON TECHNOLOGIES	454	BOSTON PROPERTIES	498	REPUBLIC SVS.'A'
411	KEMPER	455	ESSEX PROPERTY TST.	499	POOL
412	UNIVERSAL HEALTH SVS.'B'	456	ALEXANDRIA RLST.EQTIES.	500	TREX
413	V F	457	CH ROBINSON WWD.	501	WESCO INTL.
414	VAIL RESORTS	458	CHOICE HOTELS INTL.	502	UNUM GROUP
415	VALERO ENERGY	459	COLUMBIA BKG.SYS.	503	COSTAR GP.
416	VALMONT INDUSTRIES	460	COLUMBIA SPORTSWEAR	504	COSTCO WHOLESALE
417	VENTAS	461	EASTGROUP PROPS.	505	DEVON ENERGY
418	VERISIGN	462	DISH NETWORK 'A'	506	REVVITY
419	VERTEX PHARMS.	463	EPR PROPERTIES	507	TAKE TWO INTACT.SFTW.
420	VORNADO REALTY TRUST	464	HEICO	508	TELEDYNE TECHS.
421	VULCAN MATERIALS	465	KILROY REALTY	509	UNITED PARCEL SER.'B'
422	WALMART	466	MANHATTAN ASSOCS.	510	JUNIPER NETWORKS
423	WALGREENS BOOTS ALLIANCE	467	METTLER TOLEDO INTL.	511	LENNOX INTL.
424	WATERS	468	PEGASYSTEMS	512	AMDOCS
425	WATSCO	469	IRON MOUNTAIN	513	WORLD WRESTLING ENTMA'
426	WEBSTER FINANCIAL	470	SL GREEN REALTY	514	RENAISSANCERE HDG.
427	WESTERN DIGITAL	471	SILGAN HOLDINGS	515	RB GLOBAL (NYS)
428	EVERGY	472	PENSKE AUTOMOTIVE GP	516	WP CAREY
429	WABTEC	473	WEST PHARM.SVS.	517	HEICO NEW 'A'
430	WEYERHAEUSER	474	WOODWARD	518	WINTRUST FINANCIAL
431	WHIRLPOOL	475	NISOURCE	519	ANNALY CAPITAL MAN.
432	WILLIAMS	476	SKYWORKS SOLUTIONS	520	EDWARDS LIFESCIENCES
433	WILLIAMS-SONOMA	477	BANK OF AMERICA	521	AGILENT TECHS.
434	WEC ENERGY GROUP	478	AMAZON.COM	522	VIASAT
435	SPECTRUM BRANDS HOLDINGS	479	AUTONATION	523	BIOMARIN PHARM.
436	ZEBRA TECHNOLOGIES 'A'	480	BROWN & BROWN	524	BLACKROCK
437	ZIONS BANCORP.	481	JONES LANG LASALLE	525	EXELIXIS
438	CHUBB	482	LAMAR ADVERTISING 'A'	526	F5
439	QIAGEN	483	NOV	527	COHERENT
440	JOHNSON CONTROLS INTL.	484	RALPH LAUREN CL.A	528	METLIFE
441	ROYAL CARIBBEAN GROUP	485	ALLIANT ENERGY (XSC)	529	PACKAGING CORPOF AM.
442	AMERICAN TOWER	486	LUMEN TECHNOLOGIES	530	PENN ENTERTAINMENT
443	AZENTA	487	TYLER TECHNOLOGIES	531	PLUG POWER

Acciones seleccionadas del índice Russell 1000 durante el período 8/03/2001 hasta 5/07/2023

(continuación)

532	SBA COMMS.	548	EXACT SCIS.	563	QUIDELORTHO
533	ON SEMICONDUCTOR	549	FTI CONSULTING	564	SSR MINING
534	UNITED THERAPEUTICS	550	ILLUMINA	565	TEXAS PACIFIC LAND TRUST
535	UNIVERSAL DISPLAY	551	INTUITIVE SURGICAL	566	J M SMUCKER
536	FORD MOTOR	552	PROSPERITY BCSH.	567	COMCAST A
537	PDC ENERGY	553	AMEDISYS	568	GRAPHIC PACKAGING HLDG.
538	BANK OZK	554	CLEAN HARBORS	569	REGIONS FINL.NEW
539	SLM	555	EURONET WWD.	570	PARAMOUNT GLOBAL B
540	GLOBAL PAYMENTS	556	EQUINIX REIT	571	PARAMOUNT GLOBAL A
541	TAPESTRY	557	PACWEST BANCORP	572	REINSURANCE GROUP OF AM.
542	ALIGN TECHNOLOGY	558	GARMIN	573	MERCK & COMPANY
543	ANSYS	559	MONSTER BEVERAGE	574	QORVO
544	BRUKER	560	MIDDLEBY	575	STERIS
545	CHAS.RVR.LABS.INTL.	561	MARVELL TECHNOLOGY	576	KNIGHT-SWIFT TRSP.HDG. 'A'
546	CARMAX	562	PINNACLE FINANCIAL PTNS.	577	LINDE
547	ENTEGRIS				

Nota: Se han seleccionado inicialmente un total de 577 acciones. A partir de ese conjunto inicial se realiza el filtrado que se detalla en la sección tercera, siendo 417 el número final de activos con el que se lleva a cabo el análisis.

Fuente: Elaboración propia.

APÉNDICE 2

Activos seleccionados de acuerdo al indicador considerado y frecuencia con la que forman parte de la cartera

Ratio de Sharpe (SR)				Ratio de Sharpe modificado (mSR)				Ratio Asimetría-Curtosis (SKR)			
Muestral		Implícito		Muestral		Implícito		Muestral		Implícito	
Activo	Frecuencia	Activo	Frecuencia	Activo	Frecuencia	Activo	Frecuencia	Activo	Frecuencia	Activo	Frecuencia
30	0.81	30	1	76	1	451	0.61	25	0.57	340	0.91
487	0.74	478	0.90	550	0.74	190	0.50	201	0.57	89	0.57
88	0.58	451	0.50	409	0.67	415	0.46	54	0.48	229	0.57
478	0.41	108	0.47	340	0.45	533	0.37	229	0.45	523	0.43
301	0.37	445	0.29	468	0.41	476	0.36	270	0.37	60	0.36
40	0.21	467	0.26	81	0.37	448	0.34	421	0.37	414	0.27
204	0.20	473	0.24	259	0.20	500	0.34	396	0.29	54	0.24
560	0.20	487	0.21	298	0.20	266	0.32	478	0.28	214	0.19
294	0.16	124	0.20	471	0.16	92	0.30	400	0.20	52	0.16
347	0.16	193	0.12	478	0.16	496	0.25	137	0.19	421	0.15
473	0.16	340	0.08	317	0.14	30	0.18	241	0.19	372	0.13
409	0.12	560	0.08	40	0.08	356	0.16	368	0.14	396	0.13
467	0.12	318	0.07	566	0.07	503	0.11	192	0.13	315	0.11
317	0.11	499	0.07	152	0.06	124	0.09	230	0.13	26	0.10
396	0.11	239	0.06	108	0.05	537	0.09	468	0.12	524	0.10
94	0.08	496	0.06	434	0.04	95	0.08	473	0.11	535	0.10
108	0.07	23	0.05	548	0.04	112	0.08	112	0.10	270	0.09
174	0.07	396	0.04	86	0.03	10	0.07	5	0.08	112	0.07
405	0.07	41	0.03	88	0.02	108	0.05	476	0.06	273	0.06
504	0.06	116	0.03	301	0.02	109	0.04	51	0.05	555	0.06
538	0.06	562	0.03	380	0.02	227	0.03	142	0.02	478	0.04
193	0.04	252	0.02	39	0.01	488	0.03	471	0.02	254	0.03
259	0.03	260	0.02	201	0.01	348	0.02	547	0.02	275	0.03
120	0.02	317	0.02	251	0.01	26	0.01	234	0.01	364	0.02
314	0.01	353	0.02	368	0.01	93	0.01	343	0.01	562	0.02
361	0.01	503	0.02	428	0.01	191	0.01	372	0.01	93	0.01
488	0.01	504	0.02	458	0.01	241	0.01	437	0.01	357	0.01
496	0.01	540	0.02	499	0.01	261	0.01	472	0.01	413	0.01
		93	0.01			427	0.01	535	0.01	481	0.01
		168	0.01			495	0.01			491	0.01
		184	0.01			508	0.01			496	0.01
		294	0.01			547	0.01				
		362	0.01			548	0.01				
		448	0.01			550	0.01				
		480	0.01			562	0.01				

Nota: La acción correspondiente a cada número de la columna Activo puede verse en el Apéndice 1. El número de acciones diferentes seleccionadas según el indicador en los 100 períodos correspondientes donde se cambia la composición de la cartera son: 28 (SR muestral), 35 (SR implícito), 28 (mSR muestral), 35 (mSR implícito), 29 (SKR muestral), 31 (SKR implícito).

Fuente: Elaboración propia.

APÉNDICE 3

Activos comunes en grupos de dos carteras cada una asociada a un indicador diferente

<i>Indicador 1</i>	<i>Indicador 2</i>	<i>Total activos (Indicador 2)</i>	<i>Total activos (Indicador 2)</i>	<i>N. de activos comunes</i>	<i>Activos comunes</i>												
SR muestral	SR implícito	28	35	13	30	108	193	294	317	396	467	473	478	487	496	504	560
SR muestral	mSR muestral	28	28	8	40	88	108	259	301	317	409	478					
SR muestral	mSR implícito	28	35	4	30	108	488	496									
SR muestral	SKR muestral	28	29	3	396	473	478										
SR muestral	SKR implícito	28	31	3	396	478	496										
SR implícito	mSR muestral	35	28	5	108	317	340	478	499								
SR implícito	mSR implícito	35	35	9	30	93	108	124	448	451	496	503	562				
SR implícito	SKR muestral	35	29	3	396	473	478										
SR implícito	SKR implícito	35	31	6	93	340	396	478	496	562							
mSR muestral	mSR implícito	28	35	3	108	548	550										
mSR muestral	SKR muestral	28	29	5	201	368	468	471	478								
mSR muestral	SKR implícito	28	31	2	340	478											
mSR implícito	SKR muestral	35	29	4	112	241	476	547									
mSR implícito	SKR implícito	35	31	5	26	93	112	496	562								
SKR muestral	SKR implícito	29	31	9	54	112	229	270	372	396	421	478	535				

Fuente: Elaboración propia.