

EVIDENCIA EMPIRICA DEL COMPORTAMIENTO ALEATORIO Y DE LA HIPOTESIS DE NORMALIDAD EN LOS PRECIOS DE LAS ACCIONES.

AUTORA: Yolanda GARCIA GARCIA

Departamento de Economía Financiera y Contabilidad.

Escuela Universitaria de Estudios Empresariales.

Universidad de Extremadura.

RESUMEN

El presente artículo tiene por objeto efectuar un análisis empírico del comportamiento aleatorio en las variaciones de los precios y de la hipótesis de normalidad en las acciones representadas por los valores de Banco Bilabao Vizcaya, Endesa, Repsol y Telefónica. El análisis se realiza en base a los precios diarios de cierre a lo largo de 1993. Los resultados muestran claramente, que las cuatro series sometidas a estudio, se comportan de acuerdo a la teoría de paseo aleatorio, sin embargo la hipótesis de normalidad debe ser rechazada, por presentar distribuciones con cierta

asimetría a la derecha y exceso de curtosis.

1 -INTRODUCCION.

Existe una teoría bursátil denominada, "Random Walk" (paseo aleatorio), por la cual, todas las informaciones que llegan a un mercado bursátil, se descuentan inmediatamente. De tal manera, que resulta imposible prever el día de mañana, porque va a depender de las informaciones que se producirán mañana. Los mercados que no actúan así se les considera no eficientes, por lo tanto se calcula el grado de eficiencia de un mercado por la impredecibilidad de rendimientos futuros.

Como señala Suarez (1993):

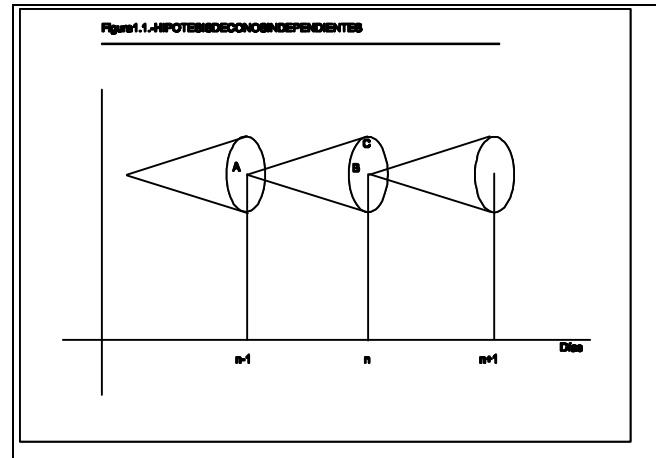
"Un mercado de valores es "eficiente" cuando la competencia entre distintos agentes (inversores) que intervienen en el mismo, guiados por el principio del máximo beneficio, conduce a una situación de equilibrio en la que en todo momento el precio de cualquier activo financiero (acciones, obligaciones, fondos públicos, etc.) constituye una buena estimación de su valor "intrínseco"".

La teoría de "Random Walk", concuerda con la llamada Hipótesis de Conos Independientes, la cual considera al mercado, como lugar de concurrencia de la Oferta y la Demanda, en el que existe negociación de forma continua de valores y demás productos financieros, y el cual, genera información y recibe información permanentemente. Esta información en manos de los inversores se procesa día a día, determinando el valor diario en función de las innumerables transacciones realizadas en cada sesión. Es decir, en el mercado concurren los inversores y cada uno de ellos puede tener una información distinta (o la misma) y en base a ella, toman su decisión de compra o de venta del valor. En definitiva, una gran masa de información da lugar a la formación del precio. Por tanto, cualquier información que afecte al precio del valor, sea del tipo que sea, se encontrará reflejada en el precio del valor. Así entendida la formación del precio, podemos observar que refleja, de forma cierta, los movimientos de oferta y demanda.

Mostramos a continuación de forma gráfica (ver figura 1.1) la hipótesis de conos independientes, la cual, establece: un origen o nivel de precio inicial, representado en la figura por el punto A, un CONO (representado por el lugar C) que representa los posibles valores en función de la información producida y generada y un nivel de precio final del día, representado en la figura

por el punto B, a partir del cual, se generarán de forma independiente, los posibles precios del valor.

Desde el momento de inicio de la sesión (n-1) con precio inicial del valor negociable en el punto A, se abre un amplio abanico de posibles precios representados en la figura por el cono C, que muestra el lugar, donde pueden tomar valores todos los precios probables. Al finalizar la sesión en el momento n, sólo uno de los posibles precios se toma como precio de cierre, o nivel final del precio. A partir de este momento, empieza de



modo independiente, la formación del precio del momento n, conformándose otro amplio abanico de posibles precios que darán lugar al nivel del precio final de la sesión n+1. De manera que la formación se realiza independientemente, resultando imposible prever el precio final de la sesión siguiente, porque dependerá, de los posibles precios que tengan lugar en dicha sesión, y no del amplio abanico de posibles precios de hoy. La independencia en la formación del precio, por tanto, garantiza de igual modo, la eficiencia del mercado.

La consecuencia inmediata de la eficiencia del mercado es el considerar un comportamiento aleatorio en los precios pues en ellos, se encuentra toda la información relevante, no siendo posible predecir los precios de mañana, porque no se conoce la información que se va a producir mañana. Si el mercado actúa de esta manera, la mejor estimación del precio futuro, es el precio actual pues, en éste se encuentra reflejada toda la información. De este modo, las múltiples estimaciones del valor o precio de una acción deben oscilar de forma aleatoria en torno a su verdadero valor intrínseco.

En función de la hipótesis de mercado eficiente podemos afirmar, que los **sucesivos cambios en los precios de los distintos valores son variables aleatorias independientes**, es decir el mercado no tiene memoria. En este sentido, todos los inversores se hallan en igualdad de condiciones, la mayor rentabilidad que algunos inversores puedan obtener será producto del azar.

La serie histórica de precios de cualquier valor en un mercado eficiente no nos proporciona más información que una serie de números aleatorios.

Recientemente, investigaciones llevadas a cabo señalan la posibilidad de previsibilidad de los rendimientos futuros, teoría que enfrenta a la hipótesis de eficiencia de los mercados bursátiles. En contrapartida, los defensores de la hipótesis de eficiencia, señalan que la previsibilidad no es sinónimo de pérdida de eficiencia, pues eficiencia es el uso racional de la información en un contexto de equilibrio, y un cierto grado de previsibilidad puede tener cabida en este sentido, pues los rendimientos están relacionados con otras variables, tales como producción, tipos de interés, etc., entendiendo la previsibilidad de los rendimientos como consecuencia inmediata de la previsibilidad de las variables antes mencionadas.

Bajo la hipótesis de mercado eficiente, los sucesivos cambios en los precios de los distintos valores son aleatorios, esto conlleva a, que desde un punto de vista estadístico los precios en un mercado eficiente tiendan a distribuirse normalmente, es decir siguen una distribución de probabilidad normal. Esta hipótesis de normalidad, se puede fundamentar a su vez, en el Teorema Central del Límite. Los cambios en los precios en los sucesivos periodos de tiempo, vienen determinados por la suma de todos los cambios sufridos en las innumerables transacciones llevadas a cabo en cada uno de estos periodos, (recordemos en este sentido la hipótesis de conos de independencia). La muestra tiende, por tanto, a crecer a un número lo suficientemente grande, como para poder aplicar dicho Teorema.

La teoría tradicional, mantiene la idea de eficiencia en los mercados de valores y por tanto, que los cambios en los precios conforman una variable aleatoria cuya distribución de probabilidad es normal. Sin embargo hay abundante literatura que contemplan pautas no normales en el comportamiento de los precios, desde que Fama (1965) y Mandelbrot (1966), reconocieran que la distribución asociada a esta variable tiende a tener colas más gruesas que en la distribución normal, han surgido estudios en los que se contempla la no normalidad. Fama (1965) en su estudio para los sucesivos cambios en los logaritmos en los precios de 30 acciones del Índice Industrial Dow Jones, desde 1957 hasta 1962, determinó que los rendimientos de un activo financiero tienden a seguir una distribución de probabilidad no normal, en su forma, tanto por la asimetría como por su exceso de curtosis. Sin embargo posteriores análisis empíricos parecieron confirmar de nuevo, la teoría tradicional de normalidad en las variaciones en los precios, así Granger y Morgenstern (1970)

afirmaron que los precios de los activos en los mercados financieros variaban conforme al principio de Random Walk y su consecuencia inmediata de normalidad en su comportamiento. Esta afirmación fue ampliamente aceptada durante los 70 y principios de los 80.

Sin embargo, en los últimos años hay un volumen creciente de literatura que pretende que la teoría tradicional no es demasiado realista y que otras clases de modelos pueden ser más útiles. En los últimos tiempos en los que se reconoce la ausencia del comportamiento normal en las variaciones de los precios, las teorías tienden a aproximar a distribuciones del tipo de la t de Student, log-normal/normal, Poisson, exponencial, etc.

Nuestro estudio empírico consistirá por tanto, en contrastar, si efectivamente los sucesivos cambios en los precios siguen un comportamiento aleatorio y como consecuencia, si la distribución correspondiente se puede ajustar a una distribución normal. La evidencia empírica (gráficos, test de independencia y de normalidad, etc.) nos demostrará lo acertado o no de este planteamiento. El contraste se ha realizado sin pretender averiguar, si su comportamiento conlleva en uno o en otro sentido, a la consideración de que el mercado funciona de una manera eficiente.

La base de datos utilizada comprende los precios diarios de cierre a lo largo del año 1993, de las acciones correspondientes a los siguientes valores: Banco Bilbao Vizcaya, Endesa, Repsol y Telefónica. Contamos por tanto, con cuatro series de valores, cada una de las cuales está formada por 252 datos correspondientes a los precios de cierre diarios que tuvieron lugar a lo largo del año sometido a estudio. La nomenclatura a utilizar será la siguiente:

- BBV: serie original de precios del valor del Banco Bilbao Vizcaya.
- END: serie original de precios del valor de Endesa.
- REP: serie original de precios del valor de Repsol.
- TEL: serie original de precios del valor de Telefónica.

Para finalizar con esta parte introductoria, quisiéramos resaltar, el reconocimiento por nuestra parte de la poca representatividad que tiene una muestra de sólo cuatro valores negociables, para poder inferir o generalizar los resultados obtenidos a todo el mercado, hecho que por otra parte, queremos aclarar que no se pretende perseguir en este estudio. Siendo la finalidad perseguida, determinar si los cambios en los precios de estos cuatro valores sometidos a estudio, siguen o no, un comportamiento aleatorio y normal en su distribución.

2.- PRESENTACION Y OBTENCION DE LAS SERIES GENERADAS DE RENDIMIENTOS.

De acuerdo con la tesis de mercado eficiente, se presupone que la fluctuación en los precios es una variable aleatoria independiente. El rendimiento o rentabilidad de un activo financiero, se mide a través de las variaciones (fluctuaciones) sufridas por los precios del mismo, en un periodo de tiempo establecido. Podemos considerar, por tanto, que el rendimiento de un valor, se comportará de igual modo que lo hacen, los cambios en los precios del mismo. Nuestro análisis versará sobre el comportamiento aleatorio e independiente de los rendimientos de los cuatro títulos con los que contamos en nuestra base de datos.

Para ello, como paso previo a la realización del estudio empírico, conformamos las series de las rentabilidades diarias de cada valor, obtenidas a partir de las series originales de precios de cierre de nuestra base de datos. La formulación utilizada para calcular las rentabilidades se realiza a través del logaritmo de las variaciones en los precios. La nomenclatura utilizada para estas cuatro nuevas series es la siguiente:

- LBBV= $L(BBV/BBV(-1))$; serie de rendimientos generada de la serie original de precios del valor del Banco Bilbao Vizcaya.
- LEND= $L(END/END(-1))$; serie de rendimientos generada de la serie original de precios del valor de Endesa.
- LREP= $L(REP/REP(-1))$; serie de rendimientos generada de la serie original de precios del valor de Repsol.
- LTEL= $L(TEL/TEL(-1))$; serie de rendimientos generada de la serie original de precios del valor de Telefónica.

3.-ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO ALEATORIO DE LAS SERIES DE RENDIMIENTOS.

El instrumento técnico básico para identificar la independencia en los cambios de una serie, es el coeficiente de autocorrelación, el cual mide la correlación existente entre la variable y ella misma, en K periodos retardados. Utilizaremos pues, los coeficientes de correlación para contrastar la hipótesis de independencia. La metodología utilizada requiere tomar diferentes retardos, para el caso que nos ocupa hemos tomado un número de 50 retardos. Al disponer de una muestra grande ($n > 50$) en la hipótesis de independencia el coeficiente de autocorrelación de orden k, $r(k)$, se distribuye normalmente con media 0 y desviación típica $1/\sqrt{n}$.

El contraste utilizado fue el propuesto por Box y Pierce (1970), en el cual para n datos y m coeficientes, el estadístico Q definido como:

$$Q = n \sum_{k=1}^m r^2(K)$$

Este estadístico se distribuye asintóticamente como una X^2_{m-1} grados de libertad, bajo la hipótesis nula de que los coeficientes son nulos. Si el estadístico Q supera al valor correspondiente a la distribución teórica, podrá rechazarse la hipótesis básica de nulidad de los coeficientes de autocorrelación, puesto que sólo una total aleatoriedad en la distribución corresponde a la idea de ausencia de autocorrelación.

También hemos aplicado el test propuesto por Ljung y Box (1978) que demostraron que una aproximación más exacta era la de considerar el siguiente estadístico:

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^m (r^2(K) / (n-K)) \sim X^2_{m-1}$$

En el cuadro 3.1., observamos que a un nivel de confianza de un 99 por cien que, el valor teórico de la X^2 con 49 grados de libertad (número de retardos considerados) es de aproximadamente 77,23. Por tanto los coeficientes de autocorrelación calculados son significativamente nulos, para las cuatro series objeto de estudio, pues como vemos en el cuadro, todos los valores experimentales de ambos estadísticos se encuentran en la zona de aceptación de la hipótesis de independencia.

Cuadro 3.1. Valores experimentales para el contraste

	BOX-PIERCE	LJUNG-BOX
LBBV	42,83	46,29
LEND	30,00	33,57
LREP	51,41	57,47
LTEL	35,46	39,02

Los valores críticos para un $\alpha = 0,01$ en la distribución X^2 para 49 grados de libertad son 26,41 y 77,23.

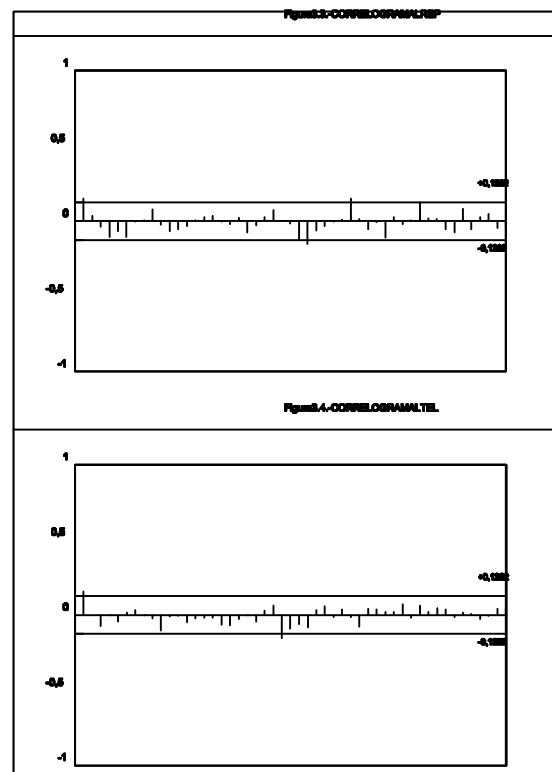
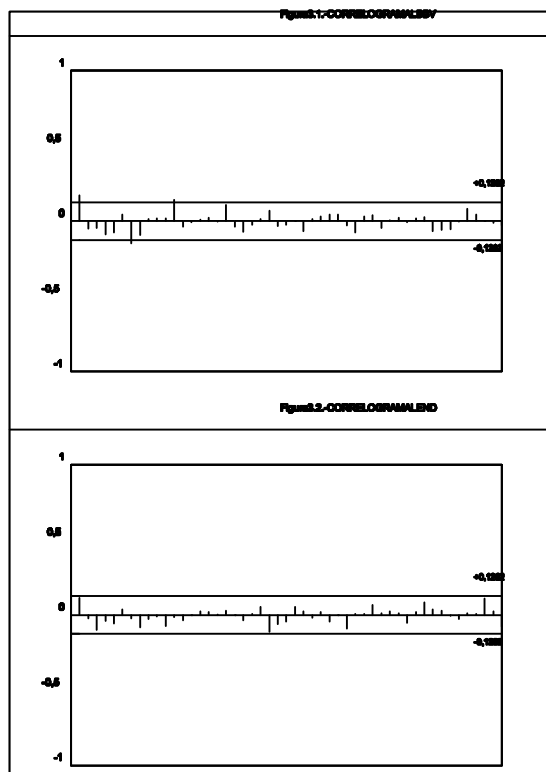
Hay que señalar, que, aun cuando un coeficiente presente un cierto valor, puede considerarse como nulo. Para ello contamos con la posibilidad de un contraste de significatividad estadística de los coeficientes, que nos permite establecer unas bandas de confianza por encima de las cuales los coeficientes resultan significativamente distinto de cero con una determinada probabilidad. La varianza de los coeficientes de autocorrelación puede aproximarse por $1/n$ (siendo

n el número de datos de la serie). Admitida una distribución normal, un coeficiente no significativamente distinto de cero deberá estar comprendido, en un 95 por cien de los casos, entre las bandas, $-2\sqrt{1/n} \leq r_k \leq +2\sqrt{1/n}$.

En las figuras 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4., se incluye la representación gráfica de los coeficientes de autocorrelación. Resulta evidente, a la vista de las mismas, la confirmación del contraste realizado, a través de los estadísticos anteriores, pues los coeficientes son todos muy pequeños (próximos a cero).

En nuestro caso, con 251 datos, la desviación típica de las correlaciones es $\sqrt{1/251} = 0,063$, por lo que las bandas estarían en $\pm 0,1262$ representadas en los gráficos por las líneas horizontales. Observamos en los gráficos de los autocorrelogramas, cómo en ninguna de las cuatro series objeto de estudio sobrepasan más del 95 por cien de los casos los valores representados por las bandas horizontales (aproximadamente 12 coeficientes, tendrían que sobrepasar las bandas para tener dudas razonables del contraste de independencia).

A la vista de los resultados, observamos una clara evidencia de la no existencia de dependencia entre los sucesivos cambios de los precios o tipos de rendimientos de las acciones. Por lo que podemos concluir con la idea de que los rendimientos de estos cuatro valores se comportan aleatoria e independientemente.



Las conclusiones se han desarrollado de una manera más o menos concisa para

describir el comportamiento de los cuatro valores sometidos a estudio, sin ánimo de inferir lo que en este contexto se determine, al comportamiento del resto del mercado bursátil. Señalando, que las investigaciones empíricas tradicionales, confirmaban ya, en la mayoría de los casos, la teoría de comportamiento aleatorio de los cambios en los precios, así Fama (1965), realizó el análisis para treinta acciones del Índice Industrial Dow Jones, en un periodo comprendido desde 1957 hasta 1962, confirmando la independencia de los sucesivos cambios de precios.

4.- HIPOTESIS DE NORMALIDAD.

Siguiendo a Peña (1993), para contrastar la normalidad de una variable, utilizaremos la X^2 de Pearson, puesto que, este contraste se aplica, frecuentemente para muestras grandes y en situaciones en las que la media y la varianza son estimadas a partir de las observaciones. El contraste consiste en dividir el rango de variación de la variable (rendimiento), en 8 intervalos, de tal forma que se determinan las observaciones que caen dentro de cada intervalo (frecuencias observadas) para compararlas con las que corresponderían de acuerdo a una distribución normal (frecuencias teóricas). Peña (1993), establece como límites para hacer ocho clases equiprobables los siguientes:

$$\begin{aligned} &(-\infty; E(R_m)-1,15\sigma); (E(R_m)-1,15\sigma; E(R_m)-0,68\sigma); (E(R_m)-0,68\sigma; E(R_m)-0,32\sigma); \\ &(E(R_m)-0,32\sigma; E(R_m)); (E(R_m); E(R_m)+0,32\sigma); (E(R_m)+0,32\sigma; E(R_m)+0,68\sigma); \\ &(E(R_m)+0,68\sigma; E(R_m)+1,15\sigma); (E(R_m)+1,15\sigma; +\infty) \end{aligned}$$

El estadístico del contraste, la X^2 de Pearson, tiene los grados de libertad iguales al número de intervalos (K), menos tres, en nuestro caso por tanto será una X^2 de Pearson con (8-3) grados de libertad. El estadístico se encuentra definido por:

$$X^2 = \sum_{i=1}^k [(FO_i - FT_i)^2 / FT_i]$$

donde k es el número de intervalos, FO_i , es la frecuencia observada y FT_i , es la frecuencia teórica. La frecuencia teórica en este contraste, resulta al considerar los intervalos equiprobables de (1/8) del número de observaciones para cada título.

Con el propósito de afianzar el contraste sobre normalidad de las series de rendimientos, se realizan los contrastes de asimetría y curtosis, los cuales nos permitirán conocer si las distribuciones de las series de rentabilidades diarias de las acciones, sometidas a estudio, son mesocúrticas y simétricas, características ambas de la distribución normal, o si por el contrario son asimétricas y leptocúrticas como afirmaba Fama(1965).

La distribución del coeficiente de asimetría (S) es aproximadamente normal con media

0, y varianza aproximadamente $6/n$. Este contraste nos permite determinar si los datos provienen de una distribución simétrica, y analizar la posible asimetría. El grado de apuntamiento se mide a través del coeficiente de curtosis (K), que nos determinará si la distribución de los rendimientos de las acciones en cada serie es mesocúrtica como la distribución normal, o por el contrario, no lo es. La distribución normal tiene un coeficiente de curtosis igual a 3. Si el número de observaciones es muy grande el coeficiente de distribución muestral se distribuye normalmente con media 3, y varianza aproximadamente $24/n$.

En el cuadro 4.1. presentamos los resultados de los contrastes de Normalidad, Asimetría y Curtosis. En él observamos para la Normalidad, cómo a un nivel de significación de un 1 por 100 aceptaríamos el comportamiento normal de las variables excepto en la variable LTEL, pues su valor supera al valor teórico de la distribución aplicada. Sin embargo a un nivel del 5 por 100, observamos que son dos las series LTEL y LEND que parecen no seguir pautas normales de comportamiento.

Cuadro 4.1.- Resultados de los contrastes.

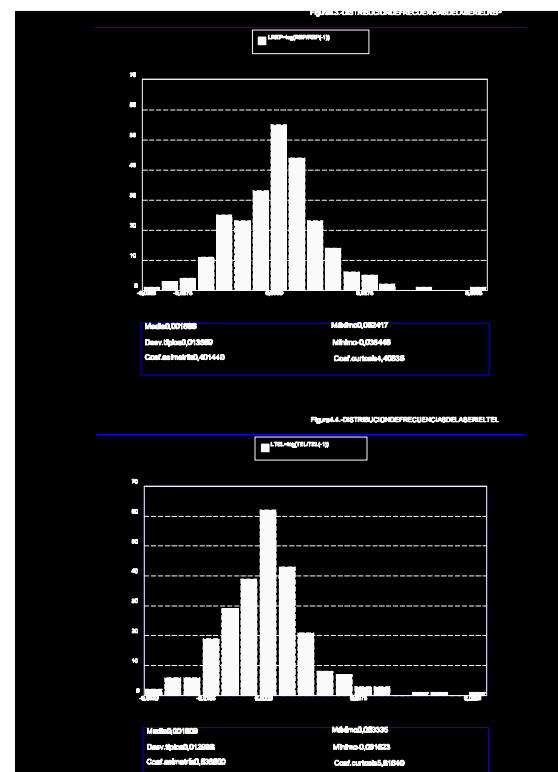
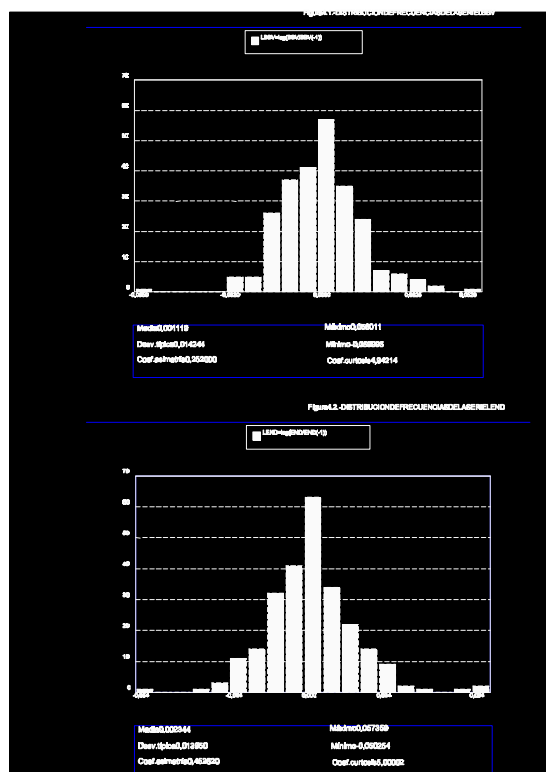
			LBBV	LEND	LREP	LTEL
NORMALIDAD	Valores del Contraste		6,56	13,89	5,41	16,05
	Valores	$\alpha = 1$ por 100 X^2 5 grados de libertad	15,1 (SI)	15,1 (SI)	15,1 (SI)	15,1 (NO)
	Teóricos	$\alpha = 5$ por 100 X^2 5 grados de libertad	11,1 (SI)	11,1 (NO)	11,1 (SI)	11,1 (NO)
ASIMETRIA	Valores del Contraste		1,62	2,92	2,59	5,42
	Valores	Z $\alpha = 1$ por 100	2,58 (SI)	2,58 (NO)	2,58 (NO)	2,58 (NO)
	Teóricos	Z $\alpha = 5$ por 100	1,96 (SI)	1,96 (NO)	1,96 (NO)	1,96 (NO)
CURTOSIS	Valores del Contraste		6,28	6,46	4,55	9,10
	Valores	Z $\alpha = 1$ por 100	2,58 (NO)	2,58 (NO)	2,58 (NO)	2,58 (NO)
	Teóricos	Z $\alpha = 5$ por 100	1,96 (NO)	1,96 (NO)	1,96 (NO)	1,96 (NO)

Los valores del contraste de asimetría para las rentabilidades diarias de los cuatro títulos sometidos a estudio, demuestran cómo, excepto para la variable LBBV, se rechaza la hipótesis de asimetría nula, pues observamos cómo los valores de los estadísticos utilizados son

todos mayores a los correspondientes en la distribución teórica, lo que nos lleva a pensar una cierta tendencia de asimetría hacia la derecha.

En cuanto al contraste de curtosis de las distribuciones, observamos que en todas las variables objeto de estudio, se rechaza la hipótesis significativamente, puesto que el valor del estadístico Z de curtosis más bajo es de 4,55 siendo el valor crítico al 99 por 100 de 2,58, y al 95 por 100 de 1,96. Esto nos indica que tienen una forma más apuntada que en la distribución normal.

La visualización de los gráficos de la distribuciones de frecuencias de las series, corrobora los resultados anteriores, la forma leptocúrtica de la curva y la tendencia de asimetría hacia la derecha. En las figuras 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4. observamos, claramente una concentración de las rentabilidades a sus valores medios y un apuntamiento muy superior al predicho para la distribución normal, con una tendencia de asimetría hacia la derecha. Junto con los gráficos se presentan los coeficientes de asimetría y curtosis, los cuales, de ser cierto el comportamiento normal de las rentabilidades diarias, tenderían a cero y a tres, respectivamente.



Observamos, cómo en todas las variables la asimetría existente es hacia la derecha y la curtosis superior a 3, alcanzando el valor 5,8 en la variable LTEL, lo cual nos induce a pensar una

tendencia clara de su asimetría a la derecha y una forma más apuntada en la curva.

Podemos llegar a la conclusión de que no existe evidencia clara para aceptar la hipótesis de normalidad, y que el comportamiento de la distribución de los cuatro valores, tiende hacia una distribución asimétrica a la derecha y a una forma más apuntada que en la distribución normal. Por tanto, concluimos señalando un comportamiento aleatorio y una distribución leptocúrtica y asimétrica a la derecha.

BIBLIOGRAFIA

FAMA, E. (1965). "The behaviour of stock market prices". Journal of Business. Nº38. Págs.34-105.

FAMA, E. (1965). "Random walks in Stocks Markets". Financial Analyst Journal. Sep.-Oct. Págs.55-59.

LJUNG, G. y BOX, G.E.P. (1978). "On a measure of lack of fit in time series models". Biometrika. Nº65. Págs. 297-303.

MANDELBROT, B. (1966). "Forecasts of future prices, unbiased markets, and martingale models". Journal of Business. Nº39. Págs.241-255.

PEÑA SANCHEZ DE RIVERA, D. (1993). Estadística Modelos y Métodos 1. Fundamentos. Alianza Universidad Textos. Madrid.

PEÑA SANCHEZ DE RIVERA, D. (1993). Estadística Modelos y Métodos 2. Modelos lineales y series temporales. Alianza Universidad Textos. Madrid.

SUAREZ SUAREZ, A.S. (1993). Decisiones óptimas de inversión y financiación en la empresa. Ed. Pirámide. Madrid.