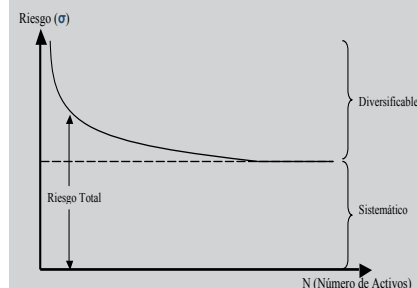


Estudios Técnicos BVC

$$N_f = \left(\frac{B_s - B_p}{B_f} \right) \times \left(\frac{P_0}{m \times f_0} \right)$$



El concepto de riesgo sistemático juega un papel fundamental en todas las estrategias expuestas, por lo que se presenta un breve marco teórico en una sección inicial.

Futuros de Índice Bursátil: Estrategias para la administración de portafolio

A. Introducción

El Futuro de Índice Bursátil contribuirá con el desarrollo del mercado de capitales colombiano. Su apropiada utilización permitirá a los agentes aumentar la eficiencia en la administración de portafolios y facilitará el desarrollo de mercados eficientes al posibilitar el arbitraje, y la formación y difusión de precios justos. Esto a su vez, se traducirá en una mayor eficiencia económica, ya que mejora la asignación de riesgos y el aprovechamiento del ahorro.

Este documento presenta cuatro estrategias generales que se podrán implementar a través de la utilización del nuevo futuro. El concepto de riesgo sistemático juega un papel fundamental en todas las estrategias expuestas, por lo que se presenta un breve marco teórico en una sección inicial. Posteriormente, se presenta en cada sección una estrategia y se ilustran a través de ejemplos aplicados al caso colombiano.

La primera estrategia consiste en realizar el ajuste del riesgo sistemático, definido a través del Beta (**B**) del portafolio de acuerdo con la necesidad del gestor. Como caso particular de esta primera estrategia, se presenta la cobertura total de riesgo sistemático (Beta igual a cero). Adicionalmente, se identifican y calculan otros riesgos remanentes después de realizar el ajuste. La segunda estrategia permite la construcción de portafolios sintéticos con dos propósitos: replicar el índice que subyace al futuro, y replicar la inversión en un bono libre de riesgo cuando se tiene un portafolio indexado. La tercera, le permite al gestor realizar una apuesta limpia de alpha, al exponerse únicamente al riesgo específico de la acción, el cual no está correlacionado con el mercado. La cuarta y última sirve para modificar la distribución de activos en portafolios de bonos y acciones.

El documento termina presentando algunas conclusiones y contiene un apéndice que ilustra las deducciones matemáticas principales.

Bogotá
Mayo de 2009
Nro. 002

Esta es una publicación técnica de la Bolsa de Valores de Colombia a cargo de la Dirección de Administración de Mercados - Investigación y Análisis

Dirección
Juan Pablo Córdoba Garcés

Autores
Ángela Valderrama Guzmán
Mauricio López García
Nicolás Ramírez Barrera



Para mayor información ingrese
a www.bvc.com.co

B. El Riesgo Sistemático en los Portafolios de Acciones

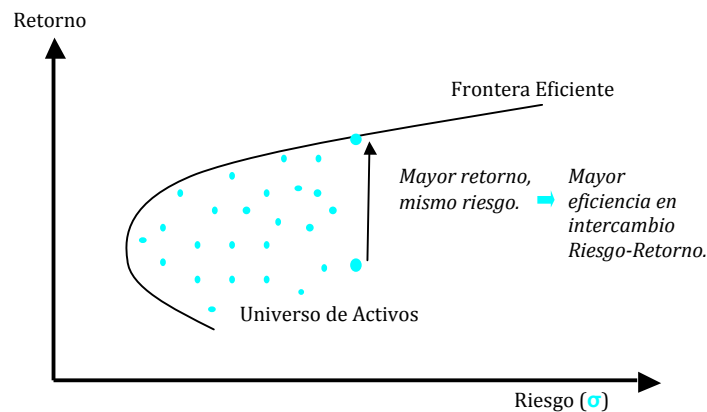
El concepto de riesgo sistemático nace a partir de los trabajos independientes de Jack L. Treynor, William Sharpe, John Litner y Jan Moss durante el final de la década de los cincuentas y principios de los sesentas que condujeron a la construcción del modelo CAPM (*Capital Asset Pricing Model*). Los fundamentos del modelo CAPM se basan a su vez en la Teoría Moderna de Administración de Portafolios.

En el año 1950, Harry Markowitz construye la base de la Teoría Moderna de Administración de Portafolios al proponer la utilización de los conceptos fundamentales de riesgo y retorno de un activo, de forma conjunta y complementaria, como la manera correcta de tomar decisiones de inversión. Bajo el supuesto de que los inversionistas son aversos al riesgo, se prefieren activos con menor riesgo y mayor retorno esperado. Esto permite comparar dos activos diferentes y tener criterios objetivos para decidir en cual invertir. En general el inversionista preferirá el activo con menor riesgo dentro de todos aquellos que tengan el mismo retorno esperado, o viceversa, aquel con mayor retorno dentro de aquellos con un mismo nivel de riesgo.

El valor esperado de los retornos de cada activo, es utilizado como medida de los beneficios de la inversión. Por su parte, la desviación estándar esperada para el periodo de inversión se utiliza generalmente como medida de riesgo del activo. A través de ella el inversionista obtiene una expectativa de la variabilidad de los retornos futuros, y consecuentemente, del riesgo inherente en la inversión.

A partir de este razonamiento, Markowitz encuentra que la integración de varios activos con comportamientos diferentes dentro de un portafolio permite disminuir el riesgo de la inversión a través de los beneficios obtenidos con la diversificación. Si el coeficiente de correlación entre cualquier par de activos es inferior a uno, el riesgo de un portafolio compuesto por ambos activos es inferior a la sumatoria de sus riesgos independientes. De esta forma, al incluir un mayor número de activos con correlaciones imperfectas se obtiene mayor diversificación, y se consigue reducir el riesgo del portafolio. Para un universo de activos dado, el inversionista podrá escoger una composición óptima del portafolio, de manera que maximiza el retorno para un nivel de riesgo determinado. Los portafolios que maximizan el retorno para cada nivel de riesgo, se consideran inversiones óptimas, y conforman la frontera eficiente de inversión. Ningún inversionista escogerá un portafolio que se sitúe por debajo de la frontera ya que con el mismo nivel de riesgo puede conformar un nuevo portafolio con mayor retorno.

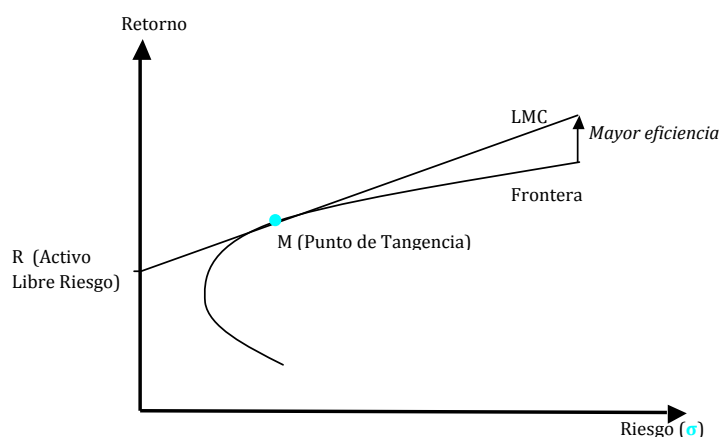
Gráfico 1: Frontera Eficiente de Activos Riesgosos



Hasta este punto la frontera eficiente se ha construido únicamente a partir del universo de activos riesgosos, consiguiendo la curva eficiente que se observa en la gráfica anterior. Sin embargo, si se considera el activo libre de riesgo dentro del universo de posibilidades de inversión, se obtienen nuevos portafolios, los cuales se ubican por encima de la frontera eficiente. En particular, la recta que parte de la relación riesgo-retorno del activo libre de riesgo y es tangente a la frontera eficiente determina ese nuevo conjunto de posibilidades de inversión con mayor eficiencia y se conoce como la Línea de Mercado de Capitales (LMC). Cualquier portafolio ubicado sobre la LMC es una combinación lineal entre el activo libre de riesgo y el portafolio M, situado en el punto de tangencia con la frontera eficiente.

En otras palabras, cualquier portafolio sobre la LMC está conformado únicamente por el activo libre de riesgo y el portafolio M en distintas proporciones. En la medida en que se disminuye la proporción invertida en el activo libre de riesgo y se aumenta aquella invertida en M, el inversionista se desplaza hacia la derecha sobre la LMC y el portafolio obtenido tiene mayor riesgo pero también goza de un mayor retorno esperado. Hacia la derecha del punto M, el administrador decide apalancarse con el activo libre de riesgo, es decir financiarse con éste para conseguir mayor exposición en el portafolio M. Según su tolerancia al riesgo, el inversionista podrá elegir un nivel de riesgo aceptable e invertir en el portafolio sobre la LMC que se ajuste a sus necesidades.

Gráfica 2: Línea de Mercado de Capitales y Frontera Eficiente



De acuerdo con lo anterior, la LMC se define a través de la siguiente ecuación:

$$R_p = R + \frac{(R_m - R)}{\sigma_m} \sigma_p \quad (1)$$

Dónde,

R_p : es el retorno esperado continuo de algún portafolio P sobre la LMC.

σ_p : es la desviación estándar esperada del portafolio P.

R_m : es el retorno esperado continuo del portafolio M.

σ_m : es la desviación estándar esperada del portafolio M.

R : es el retorno continuo del activo libre de riesgo.

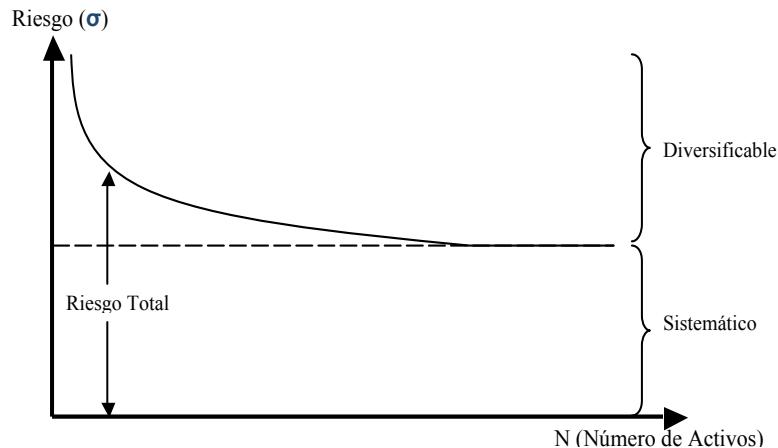
En el caso colombiano se utiliza el índice COLCAP como representación del portafolio de mercado. En ese sentido, tener un portafolio indexado al COLCAP garantiza un portafolio que tiende a ser eficiente.

El término $\frac{(R_m - R)}{\sigma_m}$ es la pendiente de la LMC y representa el intercambio de riesgo por retorno que el inversionista debe asumir. Si el inversionista acepta una unidad adicional de riesgo, el retorno esperado aumenta en esa cantidad.

Nótese que la frontera eficiente y su resultante LMC dependen del universo de activos que cada inversionista incluya en su análisis y de las expectativas que se tengan sobre los retornos, desviaciones y coeficientes de correlación esperados para cada activo. En la medida en que cada inversionista tiene un conjunto de expectativas diferente, el portafolio M será distinto y el portafolio de inversión elegido será el óptimo solo si las expectativas se cumplen.

Los anteriores desarrollos son la base del modelo CAPM y del concepto de riesgo sistemático o Beta. Según el CAPM, los inversionistas son compensados únicamente por asumir riesgo sistemático. Como se observa en la siguiente gráfica, el riesgo sistemático es aquel que permanece luego de que el inversionista ha aprovechado los beneficios de diversificación al máximo. Dicho riesgo no es diversificable, y depende del movimiento del conjunto de activos que conforman el mercado. De esta forma, la desviación estándar de los retornos que se venía utilizando hasta ahora como medida de riesgo se compone de dos tipos de riesgo, uno diversificable que se elimina al componer portafolios bien diversificados, y otro residual, que depende del mercado, y se conoce como riesgo sistemático (ver Gráfica 3). Como cualquier inversionista puede deshacerse del riesgo diversificable, el mercado sólo recompensará a los inversionistas en la medida en que asumen riesgo sistemático.

Gráfica 3: Riesgo Diversificable y Riesgo Sistemático



Bajo el supuesto de mercados eficientes en los cuales la información es pública y se incluye rápidamente en el precio, se presume que los inversionistas tienen expectativas homogéneas, es decir, las estimaciones de retornos, desviaciones y correlaciones esperadas son iguales para todos los agentes. En este caso, la LMC es igual para todos los inversionistas y por ende estarán invertidos en alguna combinación de un mismo portafolio M y el activo libre de riesgo según su tolerancia al riesgo. Bajo este escenario teórico, el portafolio M es conocido como el portafolio de mercado que incluye todos los activos riesgosos. En la práctica, dada la dificultad para inferir un portafolio teórico que incluya todo el mercado, generalmente se utilizan índices diversificados, como el Dow Jones o el S&P 500, para representar el portafolio de mercado. En el caso colombiano se utiliza el índice COLCAP como representación del portafolio de mercado. En ese sentido, tener un portafolio indexado al COLCAP garantiza un portafolio que tiende a ser eficiente.

Matemáticamente, es posible transformar la LMC, en la cual la medida de riesgo es la desviación estándar de los retornos, en la ecuación del CAPM, en dónde la medida de riesgo es Beta, el riesgo sistemático.

La covarianza entre los retornos de un portafolio cualquiera P y aquellos del portafolio de mercado se determina según la siguiente ecuación:

$$Cov(R_p, R_m) = \rho_{p,m} \times \sigma_m \times \sigma_p \quad (2)$$

Donde las variables son las mismas de la LMC pero M ahora se refiere al portafolio de mercado, y $\rho_{p,m}$ representa el coeficiente de correlación entre los rendimientos de los portafolios P y de mercado.

Bajo el supuesto de un mercado en equilibrio, el coeficiente de correlación entre el portafolio P y el de mercado es igual a uno. Esto significa que el portafolio P se encuentra sobre la LMC, y que su valor de mercado corresponde al que debería tener según su riesgo.

Despejando σ_p de (2) y sustituyendo en (1), se obtiene:

$$R_p = R + (R_m - R) \frac{Cov(R_p, R_m)}{\sigma_m^2} \quad (3)$$

La covarianza entre el portafolio P y el de mercado dividida entre la varianza del mercado es la nueva medida de riesgo sistemático identificada con la letra griega Beta (B_p):

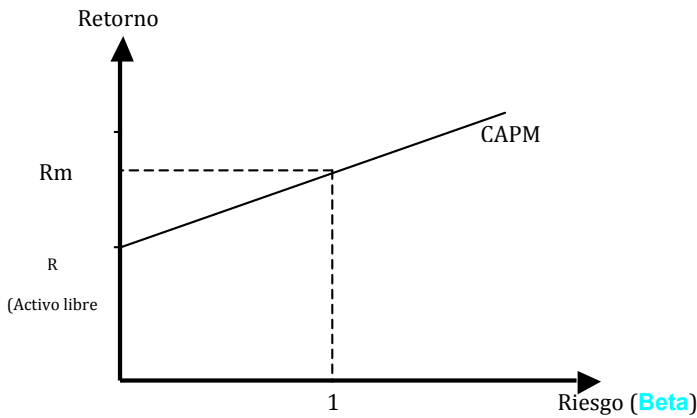
$$\frac{Cov(R_p, R_m)}{\sigma_m^2} = B_p \quad (4)$$

El Beta del portafolio, B_p , es el riesgo sistemático o no diversificable, e igualmente es una medida de sensibilidad de los retornos del portafolio P a cambios en el retorno del portafolio de mercado. Un B_p de 1.5, por ejemplo, significa que si el retorno del portafolio de mercado aumenta (disminuye) en un 1%, el retorno del portafolio P aumenta (disminuye) en un 1.5%. En otras palabras, el riesgo del portafolio P es un riesgo relativo al comportamiento del mercado y su magnitud está determinada por B_p . Por tal razón, un Beta mayor (menor) a uno implica una sensibilidad mayor (menor) a la del mercado.

Asimismo, un Beta de uno indica que el portafolio tiene la misma sensibilidad que el mercado. Sustituyendo (4) en (3) se obtiene la conocida ecuación del CAPM:

$$R_p = R + (R_m - R) \times B_p \quad (5)$$

Gráfica 4: Modelo CAPM



Como se observa en la gráfica anterior, la ecuación del CAPM muestra entonces que en un mercado en equilibrio el retorno esperado de cualquier portafolio P (o activo, cuando el portafolio únicamente está compuesto por éste) es función lineal de su riesgo sistemático B_p . El término $(R_m - R)$ se conoce como la prima de riesgo de mercado e indica el aumento en retorno esperado del portafolio P por cada unidad adicional de riesgo.

El CAPM es un modelo de proyección (*“Forward Looking”*) que busca asignar un retorno esperado, en un horizonte de tiempo determinado, para cualquier activo de acuerdo con su riesgo sistemático. Esto quiere decir que los parámetros de retorno del mercado y de Beta deben ser expectativas de comportamientos futuros. Naturalmente no existe una única metodología para estimar estos parámetros, y la utilidad del modelo depende de la calidad de las estimaciones. Algunas metodologías utilizadas incluyen aquellas basadas en la historia, en modelos de proyección como series de tiempo o regresiones lineales, en criterios subjetivos de expertos, o en alguna combinación de las anteriores.

Cuando el mercado no se encuentra en equilibrio según el CAPM, es decir, el retorno esperado de algún activo no es igual al retorno requerido por el modelo, el diferencial de retorno se cuantifica en una nueva variable conocida como Alpha (α). El Alpha es un retorno que percibe el inversionista, adicional al que esperaría recibir según la cantidad de riesgo de mercado (Beta) que decide asumir, y por lo tanto no depende del comportamiento del mercado sino de particularidades del activo. En mercados eficientes, las oportunidades de encontrar Alpha son pocas porque el mercado está constantemente cerca de su equilibrio. De hecho, si se calcula un Alpha promedio histórico a través de una regresión lineal para el S&P 500, se encuentra que es muy cercano a cero. Sin embargo, en mercados menos eficientes, es más común encontrar oportunidades de excesos de retorno a través de Alpha. En una de las estrategias para el uso del futuro de índice bursátil presentadas en este documento se explicará como se posiciona un inversionista para capturar este exceso de retorno, Alpha, sin asumir riesgo Beta.

$$\alpha = E(R_p) - [R + (R_m - R) \times B_p] \quad (6)$$

Sobre la ecuación anterior se infiere que si el retorno esperado por el inversionista es igual al requerido por el CAPM, no hay excesos de retorno y por lo tanto el Alpha es cero. Es decir, el inversionista sólo podrá obtener el retorno del mercado ajustado según su nivel de exposición Beta. En mercados eficientes, donde existen altas dificultades para encontrar y capturar Alpha, se utiliza la administración pasiva, en la cual la gestión del Beta es la relevante. En mercados ineficientes, se considera que el mercado tiene imperfecciones que pueden ser aprovechadas mediante la captura de Alphas. En estos casos se pueden utilizar metodologías de administración activa, las cuales buscan identificar y obtener esos excesos de retorno a través de la gestión del Beta y el Alpha del portafolio.

El Beta y el Alpha de un portafolio son funciones lineales de aquellos calculados para los activos que conforman el portafolio. Por tal razón, se pueden calcular de la siguiente forma:

$$B_p = \sum_{i=1}^n B_i W_i \quad (7)$$

$$\alpha_p = \sum_{i=1}^n \alpha_i W_i \quad (8)$$

Donde B_i , α_i y W_i , representan el Beta, el Alpha y el peso, respectivamente, del activo i dentro del portafolio.

Bajo el contexto del modelo CAPM en equilibrio el único riesgo que determina el retorno de algún activo o portafolio es el sistemático o de mercado. En la práctica algunos administradores utilizan otros modelos para estimar el retorno que incluyen riesgos adicionales. Los modelos multifactoriales o las versiones extendidas del CAPM son ejemplos de modelos que además del riesgo sistemático, consideran nuevos factores de riesgo como son la inflación, el tamaño de la compañía, o la pendiente de la curva de rendimientos gubernamental, por nombrar algunos ejemplos.

Las estrategias que se presentan en este documento están dirigidas mayoritariamente a facilitar y fortalecer la gestión del riesgo sistemático, el cual continúa siendo primordial en la gestión de cualquier portafolio de acciones. La gestión de riesgos distintos al sistemático va más allá del alcance de este documento y se basa en herramientas diferentes al uso del futuro de índice bursátil.

C. Estrategias para la Gestión del Riesgo Sistemático

Antes de exponer el ajuste de riesgo sistemático a través de los Futuros de Índice Bursátil, y la identificación y el cálculo de los riesgos asociados a este ajuste, se realiza una breve descripción de las principales características de los futuros utilizados.

Futuros de Índice Bursátil

Los futuros de Índice Bursátil son contratos mediante los cuales dos partes, comprador y vendedor, pactan un nivel de índice para una fecha determinada, con base en el cual se establecen los pagos respectivos. En el caso en que la diferencia entre el nivel de mercado del índice bursátil y el nivel negociado sea positiva, el comprador del futuro recibe esta diferencia en unidades monetarias equivalentes. En el caso contrario, el vendedor recibe esta diferencia.

El precio de un Futuro, bajo condiciones de no arbitraje, está determinado por el nivel del índice en la fecha de negociación y la BASE, de la siguiente forma:

$$f_t = S_t + BASE_{t,T} \quad (9)$$

Donde,

f_t : Precio teórico del futuro en t

S_t : Nivel del índice subyacente en t

En el caso de futuros de Índice Bursátil, la BASE representa los costos netos de financiación para tomar una posición en un portafolio que replica el índice durante la vida del contrato. Esta BASE depende del costo de endeudarse para tomar la posición y los ingresos por dividendos generados por el portafolio. La siguiente ecuación define la BASE:

$$BASE_{t,T} = S_t \times \left[\left(\frac{1+r_t}{1+\delta} \right)^{T-t} - 1 \right] \quad (10)$$

Donde,

r_t : Tasa libre de riesgo de t hasta T (Costo de financiamiento)

δ : Tasa de dividendos anualizada del portafolio que replica el índice

T : Fecha de vencimiento del futuro

t : Fecha de evaluación

Como se intuye, movimientos en la tasa libre de riesgo y en la tasa de dividendos generan pérdidas de eficiencia en el ajuste del riesgo sistemático, las cuales se cuantifican a través del riesgo BASE. La sección “Riesgos Asociados al Ajuste del Riesgo Sistemático” explica estas pérdidas. Combinando (9) y (10) se obtiene el precio del futuro en función de estas variables:

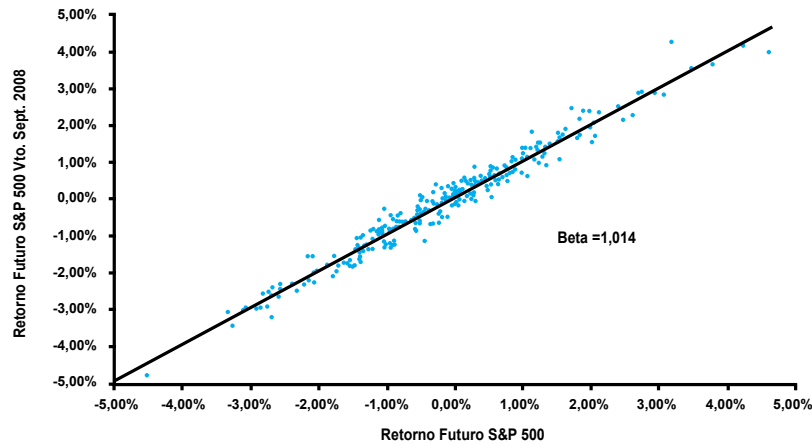
$$f_t = S_t \times \left(\frac{1+r_t}{1+\delta} \right)^{T-t} \quad (11)$$

Al igual que los portafolios de acciones, los futuros también tienen exposición al riesgo sistemático, por lo cual es posible obtener una medida de sensibilidad de los retornos de la posición en futuros a cambios en el retorno del mercado. En otras palabras, el riesgo de la posición en futuros es un riesgo relativo al comportamiento del mercado y su magnitud está determinada por el Beta del futuro (B_f).

Teóricamente el riesgo sistemático de un futuro es igual a uno por la relación existente entre el mercado de contado y de futuros que se explica en el Apéndice 1. Sin embargo, éste puede presentar pequeñas diferencias debido a cambios en la BASE. Para efectos de ajuste o cobertura de riesgo sistemático, frecuentemente se asume el Beta teórico por su proximidad empírica. Como se muestra en el siguiente gráfico, el Beta del futuro del índice del S&P500 con vencimiento septiembre de 2008 es igual a 1,014.

El concepto de portafolio sintético resulta esencial para entender cómo una posición adecuada en futuros sirve para realizar el ajuste de Beta deseado por el gestor.

Gráfica 5: Retorno S&P500 vs. S&P500 Vto. Septiembre de 2008



El retorno de la posición en futuros se define de la siguiente forma:

$$R_f = \frac{f_t - f_0}{f_0} \quad (12)$$

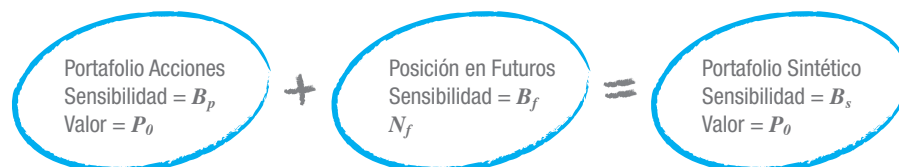
Gestión del Riesgo Sistemático

Según su expectativa de mercado, o simplemente para ajustarse al benchmark de su mandato, el gestor de un portafolio de acciones requiere ajustar su nivel de exposición al riesgo sistemático. Si el gestor cree que las condiciones del mercado accionario se van a deteriorar durante los siguientes meses, por ejemplo, es probable que desee reducir su exposición al mercado mediante una reducción en el Beta del portafolio. Asimismo, si el gestor prefiere eliminar el riesgo de mercado, el Beta se debe ajustar a cero y se realiza la cobertura total. En el caso contrario, cuando el gestor tiene expectativas positivas sobre el mercado, su intención puede ser aumentar la exposición a Beta, lo que permite aumentar sus utilidades en caso que se materialicen sus expectativas. En todos los casos el ajuste puede realizarse mediante el uso eficiente del futuro.

El concepto de portafolio sintético resulta esencial para entender cómo una posición adecuada en futuros sirve para realizar el ajuste de Beta deseado por el gestor. Un portafolio sintético es una combinación de posiciones financieras que unidas se comportan de manera idéntica a algún activo o pasivo específico distinto. Se llama sintético porque el activo o pasivo específico no se posee, en cambio, se construye artificial o sintéticamente a partir de nuevos instrumentos.

La realización del ajuste de riesgo sistemático mediante el uso de futuros generalmente resulta ventajosa debido entre otros a la mayor liquidez, los menores costos de transacción, la rapidez y la facilidad de ejecución.

Gráfica 6: Portafolios Sintéticos



En el caso del gestor de un portafolio de acciones, el sintético que se quiere conformar es un nuevo portafolio de acciones con la exposición al riesgo de mercado deseada. La posición inicial del gestor, antes de realizar el ajuste, es un portafolio de acciones con valor P_0 , con un nivel de exposición B_p . A esta posición inicial se le debe agregar una posición adecuada en futuros de forma tal que la suma de ambas posiciones sea equivalente a un nuevo portafolio sintético con el mismo valor de mercado y el nivel de exposición deseado, B_s (ver gráfica 6).

La posición adecuada en futuros es aquella que permite ajustar la utilidad del portafolio original, ante cambios en el movimiento del mercado, al nivel deseado. El ajuste proviene de la utilidad o pérdida que presente la posición en futuros ante el mismo movimiento del mercado. Por lo tanto, se busca obtener una sensibilidad determinada en pesos en el portafolio sintético, a través de la suma de las sensibilidades del portafolio original y de la posición en futuros.

Sensibilidad en \$ Portafolio Original + Sensibilidad \$ Futuros = Sensibilidad \$ Sintético

$$B_p \times P_0 + N_f \times B_f \times m \times f_0 = B_s \times P_0 \quad (13)$$

Donde,

P_0 : Valor de mercado del portafolio de acciones

N_f : Número de contratos de futuros

B_f : es el riesgo sistemático del futuro

m : Multiplicador del futuro¹

f_0 : Precio teórico del futuro al inicio de la estrategia

B_s : Beta del portafolio sintético (Beta objetivo)

Es decir, el cambio en el valor de mercado del portafolio original más la utilidad (o pérdida) de la posición en futuros ante un movimiento del mercado, produce el cambio deseado en el valor del portafolio sintético ante el mismo movimiento de mercado.

Si se despeja N_f de la anterior ecuación se encuentra el número de contratos necesarios para realizar el ajuste de Beta deseado²:

$$N_f = \left(\frac{B_s - B_p}{B_f} \right) \times \left(\frac{P_0}{m \times f_0} \right) \quad (14)$$

1. m es el multiplicador del futuro sobre índice bursátil. Determina el tamaño del contrato al transformar el precio del contrato, cotizado en puntos de índice, a un monto en unidades monetarias.

2. El número de contratos también se puede deducir con base en el modelo CAPM. Ver Apéndice 1: Procedimiento para Encontrar el Número de Futuros Necesarios para Ajustar el Riesgo Sistemático.

En el caso en que el gestor requiera aumentar su exposición a riesgo sistemático, el uso de futuros permite aumentar el Beta más allá de lo posible con acciones disponibles en el mercado de contado.

Si el objetivo es aumentar el Beta del portafolio original, $B_s - B_p > 0$, y en consecuencia $N_f > 0$, indicando que se debe tomar una posición larga en futuros. En caso contrario se debe tomar una posición corta. El número de contratos N_f se debe redondear debido a la imposibilidad de comprar fracciones de contrato.

Una vez tomada la posición adecuada, se debe monitorear el ajuste periódicamente para ajustar la posición en futuros según sea necesario. Como se observa en la ecuación 14, el número de futuros es sensible ante cambios en los Betas, el valor del portafolio original, y el precio del futuro.

La realización del ajuste de riesgo sistemático mediante el uso de futuros generalmente resulta ventajosa debido entre otros a la mayor liquidez, los menores costos de transacción, la rapidez y la facilidad de ejecución. Adicionalmente, si el cambio de expectativas del administrador es temporal, los derivados le permiten ajustarse rápidamente al cambio, sin necesidad de escoger activos para vender y comprar en el mercado de contado. Una vez se quiera volver a la posición original, solo es necesario tomar las posiciones contrarias en los contratos para deshacer las posiciones.

Si por el contrario las expectativas son de mediano o largo plazo, usar temporalmente derivados sigue siendo ventajoso puesto que el gestor tiene mayor tiempo para realizar la selección de activos y rebalancear el portafolio sin quedar expuesto transitoriamente a riesgos indeseados.

En el caso en que el gestor requiera aumentar su exposición a riesgo sistemático, el uso de futuros permite aumentar el Beta más allá de lo posible con acciones disponibles en el mercado de contado. Esto ocurre gracias al mayor apalancamiento que se obtiene con los futuros y a la relación positiva que existe entre apalancamiento y Beta.

Riesgos Asociados al Ajuste de Beta

Al final del horizonte de tiempo para el cual se diseñó la estrategia, el resultado del ajuste de riesgo sistemático a través de una posición adecuada en futuros de índice bursátil puede ser distinto al esperado en el momento inicial de implementación de la misma. Dicha diferencia entre el resultado observado y el esperado se debe a la existencia de tres riesgos: riesgo de redondeo, de BASE y de correlación. Los dos primeros están asociados al uso del futuro, y tienen una magnitud pequeña generalmente, mientras que el tercero está relacionado con la efectividad de Beta como medida de sensibilidad. Como se observará con las aplicaciones, el riesgo de correlación explica la mayor parte del desfase entre lo esperado y lo observado.

En esta sección se describen y se cuantifican cada uno de los riesgos para atribuir el desfase en unidades monetarias (o retorno) entre lo esperado y observado, a cada riesgo. En el Apéndice 2, "Riesgos Asociados al Ajuste del Beta", se presenta la deducción matemática del desfase entre lo esperado y observado, y su correspondiente atribución entre los tres riesgos mencionados. Se observa además que el desfase total es igual a la suma de todos los riesgos.

Riesgo de Redondeo:

El riesgo de redondeo se genera por la imposibilidad de comprar fracciones de contrato. Esto obliga al gestor a redondear el número de contratos a un número entero e impide un ajuste exacto. Este riesgo resulta generalmente

despreciable pero puede ser relevante en el caso de portafolios pequeños en relación al tamaño del contrato futuro. El efecto del redondeo sobre el resultado de la estrategia se puede cuantificar con la siguiente ecuación:

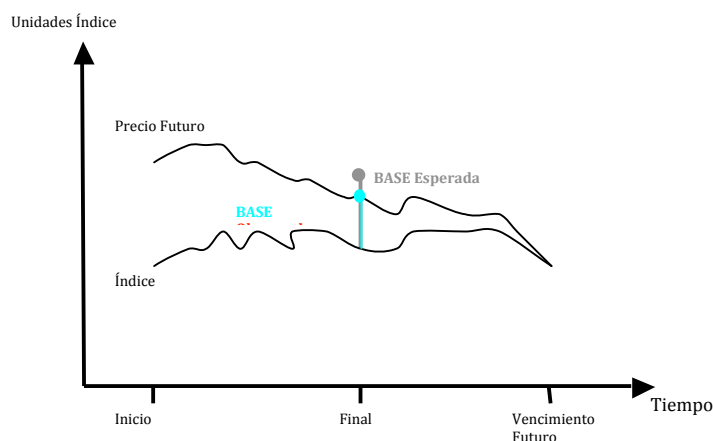
$$\text{Riesgo Redondeo} = (N_f - N_f^{\text{redondeo}}) \times m \times (f_t - f_0) \quad (15)$$

El riesgo de redondeo se cuantifica como la diferencia entre la utilidad (o pérdida) producida por la posición en futuros sin redondeo frente al caso real donde es necesario redondear el número de contratos.

Riesgo de BASE:

Las pérdidas o ganancias generadas por la diferencia entre la BASE esperada inicialmente y la observada en la fecha de finalización de la estrategia, se conocen como riesgo de BASE. En la fecha de inicio de la estrategia, la BASE esperada se calcula en función de la tasa de interés *forward* para el periodo de tiempo que va desde el vencimiento de la estrategia hasta el vencimiento del futuro (ecuación 10 reemplazando r_t por la tasa forward). La BASE observada, sin embargo, se conoce en el vencimiento de la estrategia y depende de la tasa spot vigente en ese momento. La diferencia entre la tasa forward y la spot causa la divergencia entre las bases.

Gráfica 7: Riesgo BASE



El efecto de este riesgo sobre el resultado de la estrategia es el siguiente:

$$\text{Riesgo BASE} = N_f \times m \times (BASE_{t, fwd} - BASE_{t, r}) \quad (16)$$

Donde, $BASE_{t, fwd}$ es la BASE esperada y $BASE_{t, r}$ es la observada.

El riesgo BASE crece en la medida en que el final de la estrategia ocurre con mayor anterioridad al vencimiento del futuro. Como se observa en el siguiente cuadro, para una posición de 20 contratos y un diferencial de 1% entre las tasas spot y forward, el riesgo BASE para una estrategia que finaliza 15 días antes del vencimiento del futuro es el doble del de aquella que finaliza 7 días antes. Asimismo, el riesgo se cuadruplica si la anticipación es de un mes y se multiplica por 53 veces para el caso de un año.

El riesgo de correlación existe siempre, independientemente de si la estrategia se realiza a través de futuros o únicamente utilizando los mercados de contado.

Tabla 1: Aplicación del Riesgo BASE con el Tiempo

Supuestos:					
Spot:	10%	Indice:	877		
Forward:	11%	m:	50.000		
Tasa Dividendos:	0%	N _r :	20		

Tiempo	BASE		Riesgo BASE		
	Esperada	Observada	Riesgo (\$)	Riesgo (PB)	Ampliación
7 días	1,91	1,74	\$ 165.692	2	
15 días	3,82	3,49	\$ 332.075	4	2
1 mes	7,66	6,99	\$ 666.918	8	4
6 meses	46,98	42,81	\$ 4.171.474	48	25
1 año	96,47	87,70	\$ 8.770.000	100	53

En el caso en que el final de la estrategia coincida con el vencimiento del futuro, el riesgo de BASE es inexistente debido a la convergencia del contado y el futuro.

Riesgo de Correlación:

El riesgo de correlación corresponde a las pérdidas o ganancias generadas por la diferencia entre el Beta estimado y la sensibilidad real observada para el portafolio de contado (B_p^{Obs}). Esto significa que la sensibilidad que el gestor predice ante movimientos en el mercado no sucede cuando se realiza el análisis a posteriori. Como se observará en las aplicaciones de la estrategia de ajuste de Beta, este riesgo es el de mayor magnitud. Sin embargo, es importante resaltar que este riesgo no se debe a la utilización de futuros para realizar el ajuste, sino a la efectividad misma de la medida de sensibilidad Beta. Este riesgo existe siempre, independientemente de si la estrategia se realiza a través de futuros o únicamente utilizando los mercados de contado. El efecto del riesgo de correlación sobre el resultado de la estrategia de ajuste se calcula de la siguiente manera:

$$Riesgo\ Correlación = P_0 \times (\hat{B}_p - B_p^{Obs}) \times R_m \quad (17)$$

Donde,

$\hat{B}_p$: es el Beta del portafolio original estimado

B_p^{Obs} : es la sensibilidad real del portafolio original observada

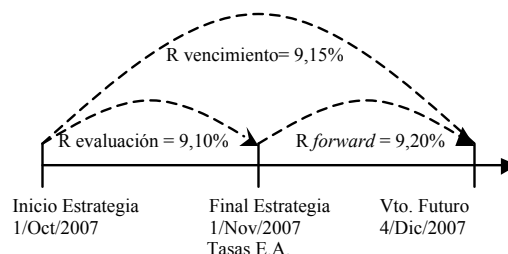
Aplicación 1: Ajuste del Riesgo Sistemático

El 1 de octubre de 2007, un inversionista espera que el mercado accionario reaccione al alza durante el siguiente mes, por lo cual desea incrementar el Beta de su portafolio de 0.98 a 2, utilizando futuros sobre el COLCAP.

Las condiciones iniciales de mercado se describen a continuación:

Tabla 2: Condiciones Iniciales de Mercado

Portafolio Original	
Valor	1.000.000.000
Beta Estimado	0,80
Futuros COLCAP	
Fecha de Vencimiento	4-dic-07
Precio Futuro	1.028,31
Múltiplo	50.000
Índice	1.016,74
Tasa de Dividendos	2,33%
Beta Estimado	1,00



Para obtener un portafolio sintético con el Beta objetivo, el administrador toma una posición larga en 23 contratos ($N_f = 23,34$).

En la fecha de terminación de la estrategia, un análisis de los resultados permite verificar que la estrategia cumplió con su objetivo. El resultado obtenido por el portafolio sintético de 4.12% frente al 1.88% del portafolio original muestra los beneficios que consiguió el gestor ante la materialización de sus expectativas. Sin embargo, el ajuste no es perfecto debido a que su retorno esperado era de 4.22% mientras que el observado fue de 4.12%. Esta diferencia se explica por los riesgos de correlación, BASE y redondeo.

Tabla 3: Condiciones del Mercado al Finalizar la Estrategia

Portafolio Original	
Valor	1.018.842.033,28
Beta Observado = R_p / R_m	0,77
Futuros COLCAP	
Valor = $\Delta f \times N_f \times M$	22.312.304,66
Precio Futuro	1.047,71
Índice	1.041,59
BASE	6,13
Portafolio Sintético	
Valor	1.041.154.337,94
$B_s = R_{\text{sintético}} / R_m$	1,68

El retorno del sintético estuvo 11 pb por debajo del retorno esperado. El riesgo correlación tuvo un impacto negativo de 7 pb sobre el retorno observado, generado por la diferencia de 0,03 unidades de riesgo sistemático, entre el Beta estimado y observado del portafolio original. Por su parte, el redondeo permitió adquirir un menor número de contratos,

reduciendo la exposición al riesgo sistemático y el retorno observado en 3 pb. Finalmente, la BASE observada fue una unidad inferior a la esperada, lo cual generó que el riesgo BASE no tuviera un impacto significativo sobre el resultado final. La tasa libre de riesgo entre la finalización de la estrategia y el vencimiento del contrato fue de 9,19%, 1 pb inferior a la tasa forward para el mismo periodo, calculada al inicio de la estrategia.

Tabla 4: Análisis del Resultado

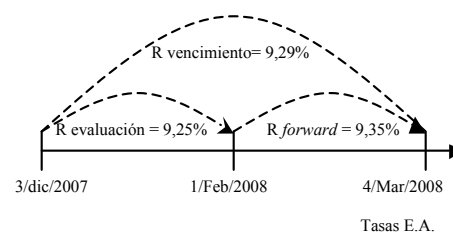
	%	Monto
Resultado Esperado	4,22%	42.206.928,57
Riesgo Correlación	0,07%	707.469,87
Riesgo Redondeo	0,03%	329.093,64
Riesgo BASE	0,00%	16.027,11
Total Riesgos	0,11%	1.052.590,62
Resultado Observado = Resultado Esperado - Riesgos	4,12%	41.154.337,94

Aplicación 2: Cobertura del Riesgo Sistemático

El 3 de diciembre de 2007, el gestor de un portafolio de acciones espera una fuerte caída en el mercado durante los siguientes dos meses. Por tal razón, realiza una cobertura total de su exposición al riesgo sistemático a través de futuros del COLCAP. Las condiciones iniciales del mercado son:

Tabla 5: Condiciones Iniciales de Mercado

Portafolio Original	
Valor	1.000.000.000,00
Beta Estimado	0,64
Futuros COLCAP	
Fecha de Vencimiento	4-mar-08
Precio Futuro	1.115,20
Múltiplo	50.000
Índice	1.096,95
Tasa de Dividendos	2,33%
Beta Estimado	1,00



Para realizar la cobertura del riesgo sistemático se debe tomar una posición corta en 11 contratos ($N_f = -11,48$).

Dos meses después del inicio de la estrategia, el mercado efectivamente sufre una pérdida del 14.48%, y el portafolio original cae un 8.95%. El resultado del portafolio sintético, sin embargo, es del 0.46%, lo cual pone en evidencia la utilidad de la estrategia de cobertura.

Tabla 6: Condiciones del Mercado al Finalizar la Estrategia

Portafolio Original	
Valor	910.465.251,30
Beta Observado = R_p / R_m	0,62
Futuros COLCAP	
Valor = $\Delta f \times N_f \times M$	94.169.289,06
Precio Futuro	943,98
Índice	938,15
BASE	5,83
Portafolio Sintético	
Valor	1.004.634.540,36
$B_s = R_{\text{sintético}} / R_m$	- 0,03

No obstante el resultado de la estrategia no es perfecto ya que el resultado esperado era de 0.58% frente al observado de 0.46%. El Beta observado del portafolio original fue inferior al estimado en 0,02 unidades, generando un retorno adicional de 31 pb. Por su parte, el redondeo generó una pérdida de 41 pb debido a que no se cubrió el riesgo sistemático en su totalidad. La diferencia en 0,36 unidades entre la BASE observada y la esperada produjo una disminución en el retorno de 2 pb. La tasa spot al finalizar la estrategia fue 9,82%, 47 pb superior a la tasa *forward* calculada al inicio.

Tabla 7: Análisis del Resultado

	%	Monto
Resultado Esperado	0,58%	5.811.744,94
Riesgo Correlación	-0,31%	-3.116.962,52
Riesgo Redondeo	0,41%	4.090.283,72
Riesgo BASE	0,02%	203.883,39
Total Riesgos	0,12%	1.177.204,58
Resultado Observado = Resultado Esperado - Riesgos	0,46%	4.634.540,36

D. Portafolios Sintéticos: Replicación de Flujos

Los portafolios sintéticos³ permiten transformar un bono libre de riesgo en un portafolio de mercado y un portafolio de mercado en un activo libre de riesgo, de forma rápida y con menores costos, a través de la replicación de flujos. A continuación se muestra el procedimiento para realizar estas operaciones:

3. Supuestos: i) Los mercados son en principio eficientes, por tanto, cualquier oportunidad de arbitraje es rápidamente eliminada por la competencia entre inversionistas; ii) No hay costos de transacción ni impuestos; iii) Los inversionistas pueden invertir y endeudarse a la misma tasa libre de riesgo.

Los portafolios sintéticos permiten transformar un bono libre de riesgo en un portafolio de mercado y un portafolio de mercado en un activo libre de riesgo, de forma rápida y con menores costos, a través de la replicación de flujos.

Sintético de un Portafolio que Replica el Índice

Es posible construir un portafolio sintético que replique el índice a partir de una posición adecuada en futuros del mismo índice y otra en el activo libre de riesgo. El procedimiento es el siguiente:

- i. Se toma una posición de P_0 en un activo libre de riesgo. Al vencimiento el valor de la inversión es:

$$P_t = P_0 \times (1 + r)^t \quad (18)$$

- ii. Se toma una posición en futuros para el mismo vencimiento. El valor de la posición en el futuro al vencimiento es:

$$VF = N_f \times m \times (f_t - f_0) = N_f \times m \times (S_t - f_0) \quad (19)$$

Por el principio de convergencia de los futuros al vencimiento $f_t = S_t$.

- iii. El valor total de la operación (activo libre de riesgo más posición en futuros) es:

Tabla 8: Sintético Índice

Valor	T = 0	T = t (Vencimiento)
Bono Tasa Libre de Riesgo	P_0	$P_0 \times (1 + r)^t$
Futuro del Índice		$N_f \times m \times (S_t - f_0)$
Valor Total del Sintético	P_0	$P_0 \times (1 + r)^t + N_f \times m \times (S_t - f_0)$

- iv. De otro lado, el objetivo del sintético es obtener un portafolio que replique los flujos de un portafolio igual al índice, teniendo en cuenta el retorno por cambio en el precio y por dividendos. Dada una inversión de P_0 en un portafolio que replica el índice, el valor al vencimiento de la posición es:

$$V_t = P_0 \times (1 + R_m) \times (1 + \delta)^t \quad (20)$$

Donde R_m es el rendimiento del mercado y se define de la siguiente manera:

$$R_m = \frac{S_t - S_0}{S_0} \quad (21)$$

Remplazando (21) en (20), se obtiene:

$$V_t = P_0 \times \frac{S_t}{S_0} \times (1 + \delta)^t \quad (22)$$

Despejando el precio del índice al inicio de la formula (11) y remplazándolo en (22), se tiene:

$$V_t = P_0 \times \frac{S_t}{f_0} \times (1+r)^t \quad (23)$$

v. El valor total del portafolio que replica el índice en t_0 y al vencimiento es el siguiente:

Tabla 9: Largo Portafolio que replica el Índice

Valor	T = 0	T = t (Vencimiento)
Largo Índice	P_0	$P_0 \times \frac{S_t}{f_0} \times (1+r)^t$

vi. Para que el portafolio sintético se comporte igual al índice, es necesario que sus valores iniciales y de vencimiento sean iguales. El valor inicial es el mismo, lo que hace necesario encontrar el número de futuros (N_f) que garantiza que los valores coincidan.

$$P_0 \times (1+r)^t + N_f \times m \times (S_t - f_0) = P_0 \times \frac{S_t}{f_0} \times (1+r)^t$$

Despejando N_f se tiene:

$$N_f = \frac{P_0 \times (1+r)^t}{m \times f_0} \quad (24)$$

N_f es el número de futuros que permite conformar un portafolio sintético, teniendo en cuenta que el mercado se encuentra en sus precios justo, y se tiene la posición hasta el vencimiento del futuro. El número de futuros es positivo, por lo cual la estrategia para replicar una posición en el índice, supone tomar una posición larga en un activo libre de riesgo y en futuros del índice⁴.

$$\text{LARGO ÍNDICE} = \text{LARGO BONO LIBRE DE RIESGO} + \text{LARGO FUTURO} \quad (25)$$

Aplicación 3: Sintético de un Portafolio que Replica el Índice

Un inversionista desea tomar una posición en el índice COLCAP, a través de un portafolio sintético compuesto por una posición larga en el futuro del índice y en activos libres de riesgo. Las condiciones iniciales son las siguientes:

4. El cálculo de los riesgos basados en las ecuaciones de la sección C asume:

- El Beta del activo libre de riesgo es cero.
- El Beta del portafolio sintético es uno.
- El Beta del futuro es uno.
- No hay riesgo BASE ya que se tiene la posición hasta el vencimiento

Tabla 10: Condiciones Iniciales de Mercado

Fecha Inicio	4-jun-07
Fecha de Vencimiento Futuro	4-sep-07
Capital Inicial	962.511.099,34
Precio Futuro	984,78
Índice	968,12
Tasa De Dividendos (E.A.)	2,33%
Tasa De Interés (E.A.)	9,50%
Multiplificador	50.000,00

Para realizar el portafolio sintético, el inversionista mantiene su capital en activos libres de riesgo y de acuerdo con la ecuación (24) toma una posición larga en 20 contratos de Futuros del COLCAP.

Para la fecha de vencimiento, el precio del futuro converge al valor del índice de 1.047,92. El comportamiento del portafolio sintético se describe a continuación:

Tabla 11: Condiciones del Mercado al Finalizar la Estrategia

	4-jun-07	4-sep-07
Activo Libre de Riesgo	962.511.099,34	984.782.367,70
Largo Futuro del Índice		63.141.908,33
Valor Total	962.511.099,34	1.047.924.276,03
Rendimiento Sintético	8,87%	
Rendimiento Largo Índice	8,87%	

De acuerdo con lo anterior, el rendimiento de la posición es equivalente al de un portafolio que replica el índice.

Sintético de Bono Tasa Libre de Riesgo

Una posición en un portafolio que replica el índice se puede convertir en una posición en un bono libre de riesgo, dada la expectativa de una caída en el mercado, a través de un sintético. El procedimiento es el siguiente:

i. Se tiene una posición de P_0 en un portafolio que replica el índice bursátil con un Beta igual a uno, por lo cual:

$$P_0 = Q \times S_0 \quad (26)$$

Donde Q es el número de unidades del índice

ii. Al vencimiento el valor de la inversión teniendo en cuenta el rendimiento por movimientos en el mercado y dividendos, es:

$$P_t = P_0 \times (1 + R_m) \times (1 + \delta)^t = Q \times S_0 \times (1 + R_m) \times (1 + \delta)^t \quad (27)$$

Remplazando el rendimiento del mercado (21) en (27) se obtiene:

$$P_t = Q \times S_t \times (1 + \delta)^t \quad (28)$$

iii. Se toma una posición en futuros para el mismo vencimiento. El valor del futuro al vencimiento (**VF**) es:

$$VF = N_f \times m \times (f_t - f_0) = N_f \times m \times (S_t - f_0) \quad (29)$$

Por el principio de convergencia de los futuros al vencimiento $ft = St$.

iv. El valor total de la operación (posición que replica el índice más posición en futuros) es:

Tabla 12: Sintético Bono Libre de Riesgo

Valor	T = 0	T = t (Vencimiento)
Largo Índice	$Q \times S_0$	$Q \times S_t \times (1 + \delta)^t$
Futuro del Índice		$N_f \times m \times (S_t - f_0)$
Valor Total del Sintético	$Q \times S_0$	$Q \times S_t \times (1 + \delta)^t + N_f \times m \times (S_t - f_0)$

v. El objetivo es obtener un portafolio que tenga el mismo retorno de un bono libre de riesgo. El valor final de una inversión de P_0 en un bono libre de riesgo es:

$$V_t = P_0 \times (1 + r)^t = Q \times S_0 \times (1 + r)^t \quad (30)$$

Despejando el precio del índice de la formula (11) y remplazándolo en (30), se obtiene:

$$V_t = Q \times f_0 \times (1 + \delta)^t \quad (31)$$

vi. El valor total del portafolio que replica el bono libre de riesgo en t_0 y al vencimiento es el siguiente:

Tabla 13: Largo Bono Libre de Riesgo

Valor	T = 0	T = t (Vencimiento)
Largo Bono Libre de Riesgo	$Q \times S_0$	$Q \times f_0 \times (1 + \delta)^t$

vii. Para que el portafolio sintético se comporte igual al portafolio que replica el bono libre de riesgo es necesario que sus valores iniciales y de vencimiento sean iguales. El valor inicial es el mismo, por lo cual es necesario encontrar el número de futuros (N_f) que garantiza que los valores finales sean iguales.

$$Q \times S_t \times (1 + \delta)^t + N_f \times m \times (S_t - f_0) = Q \times f_0 \times (1 + \delta)^t$$

Despejando N_f se obtiene:

$$N_f = -\frac{P_0 \times (1 + r)^t}{m \times f_0} \quad (32)$$

N_f determina el número de futuros para conformar un portafolio sintético que replica un bono libre de riesgo. El número de futuros es negativo, por lo cual el portafolio sintético consiste en tomar una posición corta en futuros y larga en el índice hasta el vencimiento del futuro⁵.

$$\text{LARGO BONO LIBRE DE RIESGO} = \text{LARGO ÍNDICE} + \text{CORTO FUTURO} \quad (33)$$

Aplicación 4: Sintético Bono Tasa Libre de Riesgo

Un inversionista tiene una posición en un portafolio de acciones con un Beta igual a uno, sin embargo dadas las expectativas negativas del mercado desea convertir su portafolio en un bono tasa libre de riesgo. Las condiciones iniciales son las siguientes:

Tabla 14: Condiciones Iniciales de Mercado

Fecha Inicio	3-dic-07
Fecha de Vencimiento Futuro	4-mar-08
Capital Inicial	1.526.845.981
Precio Futuro	1.115,84
Índice	1.096,95
Tasa de Dividendos (E.A.)	2,33%
Tasa de Interés (E.A.)	9,50%
Multiplicador	50.000,00

5. El cálculo de los riesgos basados en las ecuaciones de la sección C asume:

- El Beta del portafolio original es uno.
- El Beta del portafolio sintético es cero.
- El Beta del futuro es uno.
- No hay riesgo BASE ya que se tiene la posición hasta el vencimiento.

Dada la posibilidad de cubrirse totalmente ante el riesgo sistemático utilizando futuros, es posible hacer una apuesta únicamente sobre el exceso de retorno, Alpha (α)

El inversionista debe mantener su posición en el portafolio indexado y tomar una posición corta en 28 contratos del Futuro para replicar un bono tasa libre de riesgo.

Para la fecha de vencimiento del futuro, el precio del índice y del futuro es 859,79. Los resultados de la posición son:

Tabla 15: Condiciones del Mercado al Finalizar la Estrategia

Valor	3-Dic-2007	4-Mar-2008
Largo Índice	1.526.845.981,24	1.203.706.000,00
Corto Futuro del Índice		358.469.232,63
Valor Total	1.526.845.981,24	1.562.175.232,63
Rendimiento Sintético	2,31%	
Rendimiento Sintético E.A.	9,50%	
Rendimiento Bono Tasa Libre de Riesgo E.A.	9,50%	

El portafolio sintético obtuvo la misma rentabilidad del bono tasa libre de riesgo.

E. Alternativas a través del Exceso de Retorno (α)

Dada la posibilidad de cubrirse totalmente ante el riesgo sistemático utilizando futuros, es posible hacer una apuesta únicamente sobre el exceso de retorno, Alpha (α). En esta sección se presenta una estrategia para capturar este retorno a través de la utilización de futuros:

El resultado esperado de un portafolio sintético se puede expresar de la siguiente manera:

$$RE_{0,t} = P_0 \times E(R_p) + N_f \times m \times f_0 \times E(R_f) \quad (34)$$

Si la estrategia consiste en cubrir totalmente el riesgo sistemático, es decir ($B_f=0$), se sustituye el número de futuros (N_f) de la formula (13) en (34) con el Beta objetivo:

$$RE_{0,t} = P_0 \times E(R_p) - \frac{B_p}{B_f} \times P_0 \times E(R_f) \quad (35)$$

Se asume que el rendimiento esperado del mercado es igual al rendimiento del futuro y el Beta del futuro es igual a uno:

$$E(R_m) = E(R_f) \text{ y } B_f = 1 \quad (36)$$

Teniendo en cuenta que el Beta muestra la relación lineal entre el rendimiento del portafolio de mercado y el original, se puede estimar el modelo *CAPM* a partir de la siguiente regresión lineal:

$$E(R_p) = \alpha + B_p \times E(R_m) \quad (37)$$

Donde,

α : es el exceso de retorno esperado el cual incluye la tasa libre de riesgo.

B_p : es el riesgo sistemático

Remplazando el rendimiento del portafolio (37) en (35) y asumiendo (36), se obtiene:

$$RE_{0,t} = P_0 \times \alpha \quad (38)$$

De esta forma se muestra que ante la cobertura total del riesgo sistemático, y un movimiento del mercado igual al del futuro, la ganancia obtenida va a ser igual al exceso de retorno (α) por el valor del portafolio.

Aplicación 5: Exceso de Retorno (α)

Un inversionista espera que el precio del petróleo se incremente y tenga un efecto positivo sobre la acción de ECOPETROL. Sin embargo, las expectativas sobre el comportamiento del mercado son negativas, por lo cual desea capturar únicamente el retorno relativo al comportamiento del petróleo. La estrategia inicia el 11 de septiembre de 2008 y termina 11 días después. Las condiciones iniciales son:

Tabla 16: Condiciones Iniciales de Mercado

Portafolio Original	
Valor	1.000.000.000,00
Beta Estimado	1,144
Futuros COLCAP	
Fecha de Vencimiento	4-dic-08
Precio Futuro	1.041,93
Múltiplo	50.000,00
Índice	1025,82
Tasa de Dividendos	2,33%
Beta Estimado	1

Para realizar la cobertura del riesgo sistemático se debe tomar una posición corta en 22 contratos de Futuros ($N_f = -21,96$).

“Asset allocation” es el término utilizado para el proceso de recomposición de portafolio, el cual se puede realizar a través del mercado de contado o a través de portafolios sintéticos en donde se mantiene inalterado el portafolio original y se agrega una posición en futuros, que permiten tener la misma exposición que la de un portafolio objetivo.

La estrategia permitió capturar el retorno Alpha. Mientras el mercado presentó una caída de 2,98%, y el portafolio original subió 0,77%, el retorno del portafolio sintético fue de 5,77%. El exceso de retorno (α) se obtiene a partir de la ecuación (37) de la siguiente forma:

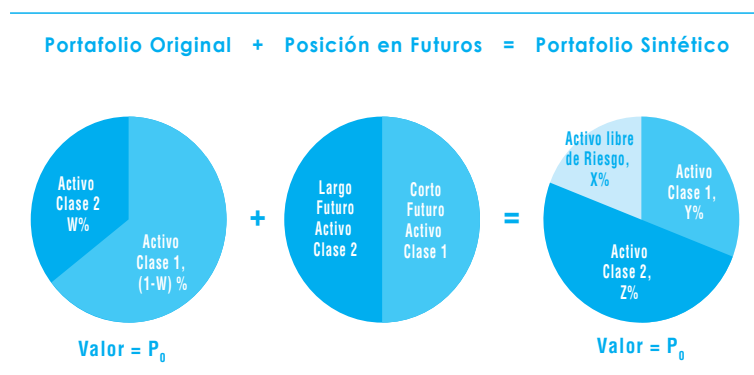
$$\alpha = R_p - B_p \times R_m = 4,17\%$$

F. Asset Allocation

“Asset allocation” es el término utilizado para el proceso de recomposición de portafolio, el cual se puede realizar a través del mercado de contado, comprando el activo que se desea sobreponderar y vendiendo el que se desea subponderar, o a través de portafolios sintéticos en donde se mantiene inalterado el portafolio original y se agrega una posición en futuros, que permiten tener la misma exposición que la de un portafolio objetivo. La posición en futuros ajusta el riesgo de cada uno de los activos para replicar el flujo objetivo, siempre y cuando exista un futuro con el mismo subyacente. En el caso donde se realice una cobertura total del riesgo implícito del activo, el portafolio sintético replica los flujos de un activo libre de riesgo.

Si se tiene un portafolio con dos activos con riesgos implícitos distintos, y se desea cambiar su composición, reduciendo la participación del activo clase 1, aumentando la participación del activo clase 2 y tomando una posición en activos libres de riesgo, se debe realizar el siguiente procedimiento. En primer lugar, se elimina el riesgo implícito del activo clase 1, el cual se desea subponderar, con una posición corta en el futuro del mismo subyacente, obteniendo una participación de activos libres de riesgo dentro del portafolio sintético. Una parte de la posición obtenida corresponde al portafolio objetivo y la otra se modifica para sobreponderar el activo clase 2, con la compra de futuros del mismo subyacente (ver gráfica 8).

Gráfica 8: Portafolio Sintético para Ajustar Composición de Portafolio



En esta sección se muestra el “asset allocation” para un portafolio compuesto por renta variable y renta fija. A través de los futuros de Índice Bursátil se puede transformar cualquier portafolio de acciones en un activo libre de riesgo, realizando la cobertura total del riesgo sistemático. De la misma forma, es posible incrementar el riesgo sistemático de cualquier activo libre de riesgo para obtener la posición objetivo. En renta fija, el ajuste se realiza a través de duración (Véase Documento # 1, Estudios Técnicos BVC, Futuro de TES y Curva de Rendimientos:

El “Asset allocation” con portafolios sintéticos se puede realizar para diferentes clases de activos, siempre y cuando se cuente con los futuros respectivos

Estrategias y Requerimientos, Valderrama y Lopez, 2008). Si se desea transformar un portafolio de renta fija en un activo libre de riesgo, se debe reducir su duración a cero, a través de una posición corta en Futuros de Renta Fija. En el caso contrario se toma una posición larga en Futuros y se incrementa la duración hasta el objetivo. La ecuación que determina el número de Futuros de Renta Fija para obtener la duración objetivo es:

$$N_F = \left(\frac{D_S - D_p}{D_f} \right) \times \left(\frac{P}{U \times \frac{f}{100}} \right) \quad (39)$$

Donde,

D_S : es la duración objetivo

D_p : es la duración del portafolio original

D_f : es la duración del futuro

P : Posición en renta fija

U : Unidad de negociación

El “Asset allocation” con portafolios sintéticos se puede realizar para diferentes clases de activos, siempre y cuando se cuente con los futuros respectivos, siguiendo la metodología explicada anteriormente. Con los futuros de Índice Bursátil, TES y TRM se permitirá la realización de estrategias de “asset allocation” con las mismas ventajas de los portafolios sintéticos. En la siguiente aplicación se muestra el procedimiento para ajustar la composición de un portafolio compuesto por renta fija y acciones.

Aplicación 6: Asset Allocation

Se tiene el siguiente portafolio de acciones y de deuda pública colombiana (TES) el 3 de diciembre de 2007:

Tabla 17: Composición Portafolio Original

	Asset Class	BETA	Dur.Mod
Acciones	2.000.000.000,00	1,06	
Tes	1.000.000.000,00		6,28
TOTAL	3.000.000.000,00		

El gestor del portafolio espera recortes de tasas de interés por parte del Banco de la Republica e incrementos en las volatilidades de las acciones, por lo cual desea ajustar el portafolio de la siguiente forma:

Tabla 18: Composición Portafolio Objetivo

Objetivo	Asset Class	BETA	Dur.Mod
Acciones	1.500.000.000,00	1,00	
Tes	1.500.000.000,00		7,00
TOTAL	3.000.000.000,00		

Los futuros disponibles en el mercado, con vencimiento el 4 de marzo de 2008, son los siguientes:

Tabla 19: Futuro Índice Bursátil

Futuro COLCAP	
Precio Futuro	1.115,84
Multiplicador	50.000,00
Beta	1,00

Tabla 20: Futuro Renta Fija

Futuro Bono Nocional	
Precio De Liquidación	95,50
Unidad De Negociación (U)	250.000.000,00
Duración Modificada	5,9
Rendimiento	11,24%

El procedimiento para realizar la reasignación de activos es entonces el siguiente:

1. Venta de la posición en acciones: Reducción del Beta a cero para la posición que se quiere vender de acciones a través de futuros.

Se calcula el número de futuros para cubrir totalmente el riesgo sistemático de la posición de acciones que se desea reducir.

Tabla 21: Posición en Futuros del Índice

Acciones - Venta	
Beta (Objetivo)	0
N_f	-9,50

Después de la operación anterior, el portafolio sintético se compone de la siguiente forma:

Tabla 22: Composición Portafolio

	Asset Class	N_f
ACCIONES	2.000.000.000,00	
TES	1.000.000.000,00	
Futuro COLCAP		-9,50
Futuro Bono Nocional		0,00

Tabla 23: Posición Sintética

	Asset Class	BETA	Dur.Mod
ACCIONES	1.500.000.000,00	1,06	
TES	1.000.000.000,00		6,28
ACTIVO LIBRE DE RIESGO	500.000.000,00	0,00	0,00
TOTAL	3.000.000.000,00		

2. Compra de TES: Para incrementar la duración del activo libre de riesgo a la del portafolio de TES original, se debe tomar la siguiente posición en futuros:

Tabla 24: Posición en Futuros de Renta Fija

TES - Compra	500.000.000,00
Dur Mod - Actual	0
Dur Mod - Objetivo	6,28
N_f	2,23

Con dicha operación el portafolio sintético ahora es:

Tabla 25: Composición Portafolio

	Asset Class	N_f
ACCIONES	2.000.000.000,00	
TES	1.000.000.000,00	
Futuro COLCAP		-9,50
Futuro Bono Nocional		2,23

Tabla 26: Posición Sintética

	Asset Class	BETA	Dur.Mod
ACCIONES	1.500.000.000,00	1,06	
TES	1.500.000.000,00		6,28
TOTAL	3.000.000.000,00		

3. Reducción del Beta del portafolio de acciones al objetivo

Utilizando el procedimiento de ajuste de Beta se tiene:

Tabla 27: Posición en Futuros del Índice

Acciones	1.500.000.000,00
Beta (Objetivo)	1,00
N_f	- 1,61

Por lo tanto, el portafolio sintético ahora es:

Tabla 28: Composición Portafolio

	Asset Class	N_f
ACCIONES	2.000.000.000,00	
TES	1.000.000.000,00	
Futuro COLCAP		-11,11
Futuro Bono Nocional		2,23

Tabla 29: Posición Sintética

	Asset Class	BETA	Dur.Mod
ACCIONES	1.500.000.000,00	1,00	
TES	1.500.000.000,00		6,28
TOTAL	3.000.000.000,00		

4. Aumentar la duración del portafolio de TES a la objetiva

Se utiliza la formula (39) para encontrar el número de futuros con el cual se obtiene la duración objetiva.

Tabla 30: Posición en Futuros de Renta Fija

TES	1.500.000.000,00
Dur Mod (Objetivo)	7,00
N_f	0,76

El portafolio sintético final es:

Tabla 31: Composición Portafolio

	Asset Class	N_f
ACCIONES	2.000.000.000,00	
TES	1.000.000.000,00	
Futuro COLCAP		-11,11
Futuro Bono Nocional		2,99

Tabla 32: Posición Sintética

	Asset Class	BETA	Dur.Mod
ACCIONES	1.500.000.000,00	1,00	
TES	1.500.000.000,00		7,00
TOTAL	3.000.000.000,00		

El número de futuros del índice y el bono nocional para realizar el "Asset Allocation" es⁶:

Tabla 33: Número de Futuros Portafolio Sintético

	N_f	N_f (redondeo)
FUTURO ÍNDICE	-11,11	-11,00
FUTURO TES	2,99	3,00

De esta forma el inversionista debe tomar una posición corta en 11 contratos del índice COLCAP y larga en tres futuros del Bono Nocional para construir un portafolio sintético con la distribución de activos y sensibilidades objetivo.

G. Conclusión

El nuevo futuro de índice bursátil completará el mercado Colombiano de capitales y redundará en mayor desarrollo y eficiencia financiera para el país. En este documento se presentó el concepto fundamental de riesgo sistémico, y se explicó su relevancia dentro de un portafolio que contiene acciones. A partir de este entendimiento, se presentaron algunas estrategias que pueden ser utilizadas para gestionar la exposición ante este riesgo tanto para el caso de agentes que buscan cobertura, como para aquellos que buscan estructurar nuevas posiciones de inversión o modificar sus exposiciones actuales. Cada estrategia se ilustró con un ejemplo práctico aplicado al caso Colombiano. En todos los casos se resaltaron algunas de las principales ventajas de ejecutar las estrategias utilizando futuros tales como facilidad, eficiencia, y oportunidad. Adicionalmente, se analizaron y calcularon los riesgos remanentes de utilizar los futuros en dichas estrategias. El documento contiene un anexo en donde se encuentran las deducciones formales de las ecuaciones utilizadas.

6. Nótese que el número de futuros obtenido en cada paso se suman primero y luego se redondea el total

H. Apéndices

Apéndice 1:

Procedimiento para Encontrar el Número de Futuros para Ajustar el Riesgo Sistemático

Para obtener la ecuación que muestra el número de futuros que permite ajustar o cubrir el riesgo sistemático de un portafolio de acciones (portafolio original) a partir de un portafolio sintético, se remplazan los retornos del portafolio original, el portafolio sintético y la posición en futuros, estimados a través del modelo CAPM, en la ecuación que define el retorno del portafolio sintético a partir de sus componentes. A continuación se muestra este procedimiento, iniciando con el cálculo del retorno del portafolio sintético a partir de sus componentes:

El valor de un portafolio sintético en el momento que se realiza el ajuste del riesgo sistemático ($t = 0$) es:

$$V_0 = P_0 + N_f \times m \times (f_0 - f_0) = P_0 \quad (40)$$

Donde,

V_t : Valor del portafolio sintético en t

P_t : Valor de mercado del portafolio de acciones en t

N_f : Número de futuros

m : Multiplicador

En la fecha de evaluación o finalización del ajuste ($t = t$), el valor del portafolio sintético es:

$$V_t = P_t + N_f \times m \times (f_t - f_0) \quad (41)$$

El resultado del portafolio, calculado como la diferencia entre el valor del portafolio en t y en 0, es:

$$RE_{0-t} = V_t - V_0 = (P_t - P_0) + N_f \times m \times (f_t - f_0) \quad (42)$$

El rendimiento del sintético (R_s) es igual al resultado del portafolio (ecuación 42) sobre la inversión inicial de capital.

$$R_s = \frac{(P_t - P_0)}{P_0} + \frac{N_f \times m}{P_0} \times (f_t - f_0) \quad (43)$$

Reordenando la ecuación, se obtiene:

$$R_s = R_p + \frac{N_f \times m}{P_0} \times f_0 \times R_f \quad (44)$$

Donde,

$$R_p = \frac{P_t - P_0}{P_0} \text{ es el retorno del portafolio de contado} \quad (45)$$

$$R_f = \frac{f_t - f_0}{f_0} \text{ es el retorno de la posición en futuros} \quad (46)$$

Al igual que el portafolio original (P), el portafolio sintético y el de futuros tienen exposición al riesgo sistemático, el cual corresponde a la sensibilidad de sus retornos ante cambios en el retorno del índice. Remplazando los retornos del portafolio sintético, el portafolio original y la posición en futuros, estimados a partir del modelo CAPM, en la ecuación (44), se muestra cómo el riesgo sistemático del portafolio sintético depende de los riesgos sistemáticos de sus componentes. A continuación se muestra el procedimiento para calcular el retorno del portafolio sintético y de la posición en futuros a partir del modelo CAPM:

Para obtener el retorno del portafolio sintético se puede utilizar el modelo CAPM de la siguiente forma:

$$R_s = R + B_s \times (R_m - R) \quad (47)$$

Para calcular el retorno del futuro a partir del modelo CAPM, se deben separar los retornos generados por el portafolio de acuerdo con su origen, entre los obtenidos por movimientos en precios y los recibidos por dividendos, como se muestra a continuación:

$$R_p = R_{\text{PRECIO}} + R_{\text{DIVIDENDOS}} \quad (48)$$

Donde $R_{\text{DIVIDENDOS}}$ es el retorno continuo de los dividendos.

Remplazando (48) en (5) y despejando el retorno del portafolio obtenido por movimiento en precios (R_{PRECIO}), se obtiene:

$$R_{\text{PRECIO}} = R - R_{\text{DIVIDENDOS}} + (R_m - R) \times B_p \quad (49)$$

Si se tiene un portafolio que replica el portafolio de mercado (Beta = 1), la anterior ecuación se reescribe de la siguiente forma:

$$R_{\text{PRECIO}} = R - R_{\text{DIVIDENDOS}} + (R_m - R) = R_m - R_{\text{DIVIDENDOS}} \quad (50)$$

El retorno esperado del portafolio anterior (50) depende de la tasa de dividendos, la cual es conocida, y del retorno esperado del mercado, el cual bajo probabilidades neutrales al riesgo es igual a la tasa libre de riesgo⁷. De acuerdo con lo anterior se obtiene lo siguiente:

$$E(R_m) = R \quad (51)$$

$$E(R_{PRECIO}) = R - R_{DIVIDENDOS} \quad (52)$$

El retorno esperado del portafolio que replica el índice por cambios en precios (R_{PRECIO}) es igual al retorno esperado del índice bursátil. De acuerdo a lo anterior, el precio del futuro se puede calcular como el valor del índice en el mercado de contado más su retorno esperado (52), de la siguiente forma:

$$f_t = S_t \times e^{R-D} \quad (\text{en términos continuos}) \quad (53)$$

El retorno de un Futuro del Índice Bursátil está determinado por la diferencia entre el retorno observado (50) y el esperado (52) del portafolio que replica el índice por cambios en precio, de la siguiente forma:

$$R_f = R_{PRECIO} - E(R_{PRECIO}) = R_m - R \quad (54)$$

El retorno del futuro es igual a la prima de riesgo, por lo cual el Beta del futuro es igual a uno ($B_f = 1$). Expresando el retorno del futuro en términos del Beta del futuro, se obtiene:

$$R_f = (R_m - R) \times B_f \quad (55)$$

Para mostrar cómo el riesgo sistemático de un sintético depende de los riesgos sistemáticos de sus componentes, se reemplaza el rendimiento esperado del portafolio (5), del sintético (47) y del futuro (55), en (44):

$$B_S \times P_0 = B_P \times P_0 + B_f \times N_f \times m \times f_0 \quad (56)$$

Finalmente, para encontrar el número de futuros que permite cubrir o ajustar el riesgo sistemático, se despeja el número de contratos de la ecuación (56) y se obtiene lo siguiente:

$$N_f = \left(\frac{B_S - B_P}{B_f} \right) \times \left(\frac{P_0}{m \times f_0} \right) \quad (57)$$

7. Las probabilidades neutrales al riesgo permiten encontrar el "precio correcto" que incorpora la aversión al riesgo de los inversionistas y que se expresa como un menor valor del activo frente a su esperanza matemática debido a la compensación por riesgo. Al utilizar probabilidades neutras se establece que el retorno esperado de un activo en un mundo neutral deberá ser siempre la tasa libre de riesgo.

Apéndice 2:

Riesgos Asociados al Ajuste del Beta

En un ajuste de riesgo sistemático, la diferencia entre el resultado esperado y el observado genera riesgos relacionados con el ajuste del Beta. El objetivo de esta sección es calcular estos resultados y cuantificar la diferencia.

Resultado Esperado:

El resultado esperado del portafolio sintético, en unidades monetarias y según su exposición a riesgo sistemático, se representa a través de la siguiente ecuación:

$$RE_{0-t} = P_0 \times \hat{R}_p + N_f \times m \times [\hat{f}_t - f_0] \quad (58)$$

Donde:

RE_{0-t} : Es el resultado esperado en el periodo $0-t$

$\hat{R}_p$: Es el rendimiento estimado del portafolio original en el periodo $0-t$

Teóricamente, el Beta estimado es igual a:

$$\hat{B}_p = \frac{\hat{R}_p}{R_m} \quad (59)$$

Despejando el retorno del portafolio original de (59) y sustituyéndolo en (58), se tiene:

$$RE_{0-t} = P_0 \times \hat{B}_p \times R_m + N_f \times m \times [\hat{f}_t - f_0] \quad (60)$$

Para calcular el precio estimado del futuro en t se utiliza la tasa forward (r_{fwd}) en 0 para el periodo $t-T$ de la siguiente forma:

$$\hat{f}_t = S_t + BASE_{t,r_{fwd}} \quad (61)$$

Donde,

$$BASE_{t,r_{fwd}} = S_t \times \left[\left(\frac{1+r_{fwd}}{1+\delta} \right)^{T-t} - 1 \right]$$

Sin embargo, para periodos cortos de tiempo algunos autores asumen que no hay cambios en las tasas de interés entre la fecha de inicio y la finalización del ajuste, por lo cual toman la tasa inicial (r_o).

Remplazando (61) en (60) se obtiene:

$$RE_{0:t} = P_0 \times \hat{B}_p \times R_m + N_f \times m \times (S_t + BASE_{t,rfwd} - f_0) \quad (62)$$

Despejando S_t de (11) y remplazándolo en (62) se obtiene

$$RE_{0:t} = \hat{B}_p \times R_m \times P_0 + N_f \times M \times (f_t - f_0) + N_f \times m \times (BASE_{t,rfwd} - BASE_{t,rt}) \quad (63)$$

Resultado Observado:

El resultado observado de un portafolio sintético se representa a través de la ecuación (58), teniendo en cuenta el efecto del redondeo y el precio observado del futuro en t .

$$RO_{0:t} = P_0 \times R_p + N_f^{Redondeo} \times m \times (f_t - f_0) \quad (64)$$

A partir de la información del mercado, se puede obtener el Beta del portafolio original observado, así:

$$B_p^{Obs} = \frac{R_p}{R_m} \quad (65)$$

Despejando el rendimiento observado del portafolio original de (65) y remplazándolo en (64), se obtiene:

$$RO_{0:t} = P_0 \times B_p^{Obs} \times R_m + N_f^{Redondeo} \times m \times (f_t - f_0) \quad (66)$$

La diferencia entre el resultado esperado y el observado se genera por los distintos riesgos asociados al ajuste del Beta de la siguiente forma:

$$RE_{0:t} - RO_{0:t} = RIESGOS DEL AJUSTE \quad (67)$$

Utilizando los resultados obtenidos se obtiene:

$$RIESGOS DEL AJUSTE = P_0 \times (\hat{B}_p - B_p^{Obs}) \times R_m + (N_f - N_f^{redondeo}) \times m \times (f_t - f_0) + N_f \times m \times (BASE_{t,rfwd} - BASE_{t,rt}) \quad (68)$$

Los riesgos asociados al ajuste se clasifican como:

$$\text{Riesgo Correlación} = P_0 \times (\hat{B}_p - B_p^{Obs}) \times R_m \quad (69)$$

$$\text{Riesgo Redondeo} = (N_f - N_f^{redondeo}) \times m \times (f_t - f_0) \quad (70)$$

$$\text{Riesgo BASE} = N_f \times m \times (BASE_{t,rfwd} - BASE_{t,rt}) \quad (71)$$

I. Referencias Bibliográficas

- Ball (1995), Theory of the stock market efficiency, Journal of Applied Corporate Finance, Bank of America.
- Chance y Brooks (2007), "An Introduction to Derivatives and Risk Management", Seventh Edition, Thomson South-Western.
- Chance (2003), "Analysis of Derivatives for the CFA Program", Association for Investment Management and Research.
- Fama (1970), "Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work", Journal of Finance.
- Instituto BME (2007), "Programa de Capacitación Técnica en el Mercado Estandarizado de Derivados y Cámara de Riesgo Central de Contraparte".
- Markowitz, Harry M. (1952). "Portfolio Selection". Journal of Finance 7 (1): 77-91
- Martínez E (1993), "Futuros y Opciones en la Gestión de Carteras", Instituto de Estudios Superiores de la Empresa, McGraw-Hill.
- Miller (1999), The History of Finance, The Journal of Portfolio Management.
- Sharpe, W.F. (1994). "The Sharpe Ratio". Journal of Portfolio Management, 21, Fall, Issue 1 49-58.
- López, M y Valderrama, A (2008), "Futuro de TES y Curva de Rendimientos: Estrategias y Requerimientos", Estudios Técnicos BVC (Bolsa de Valores de Colombia).

Aviso Legal

La BVC manifiesta expresamente que la presente publicación tiene propósitos educativos e informativos exclusivamente. Este documento no contiene ningún consejo sobre la operación del mercado de derivados y la aplicación de las estrategias mencionadas es responsabilidad única de quien las utiliza y no de la BVC. Los reglamentos de la BVC que regulan el mercado de derivados y las normas expedidas para este mercado por las autoridades competentes, se constituyen en la fuente oficial para consultar las especificaciones vigentes de los contratos y su regulación aplicable.



Para mayor información ingrese a www.bvc.com.co