UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE ECONOMIA

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

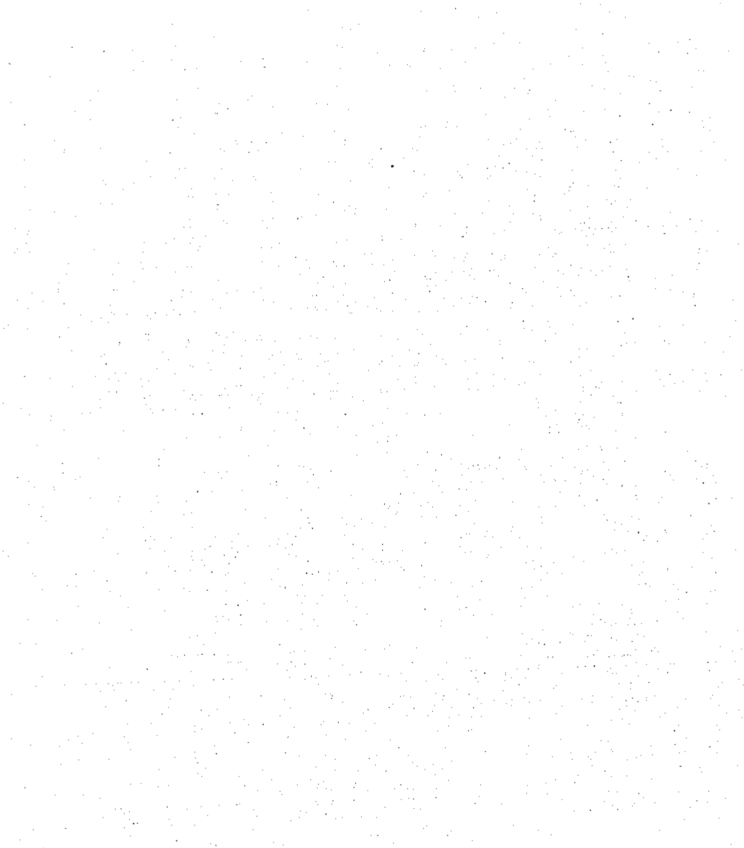
" APT: UNA ALTERNATIVA PARA LA MEDICION DEL
RIESGO ACCIONARIO, 1988 1991 "

TESIS:
PARA OPTAR POR EL TITULO DE
LICENCIADO EN ECONOMIA
QUE PRESENTA EL ALUMNO:

ISMAEL CAPISTRAN BOLIO

DIRECTOR DE TESIS: LIC. FRANCISCO PADILLA CATALAN

MEXICO, D.F. 1994



Ismael Capistrán Bolio

Abstract

Las teorías de precios de activos tienen por objeto encontrar una medida adecuada de riesgo, que permita asignarles un precio de mercado adecuado.

Un modelo que se desarrolló para resolver este problema es el modelo de precios de activos de capital, CAPM, (Capital Asset Pricing Model). De acuerdo con este marco teórico, la medida adecuada del riesgo proviene de la covarianza de cada activo con el portafolio del mercado; el rendimiento del activo es una función lineal de dicha covarianza. Otro modelo desarrollado buscando el mismo objetivo, por Ross en 1976, es la teoría de precios de arbitraje, APT, (Arbitrage Pricing Theory). Esta teoría es similar a CAPM, en cuanto a modelo de equilibrio de precios de activos, pero se distingue de la primera, en que el rendimiento de los activos riesgosos proviene de una combinación lineal de varios factores comunes que afectan el rendimiento de los activos. El principal supuesto de APT afirma que el rendimiento de los activos se comporta de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$R_i = E(R_i) + F_1 \cdot \beta_{1i} + \ldots + F_k \cdot \beta_{ki} + e_i \qquad \text{(a)}$$

Donde:

R_i → Rendimiento del activo *i*.

$E(R_i)$ → Valor esperado del rendimiento del activo *i*.

F_k → Factor *k-ésimo* de riesgo común a todos los activos.

β_{ki} → Sensibilidad del activo *i* al factor *k*.

e_i → Error aleatorio.

Considerando el anterior, y algunos otros supuestos, se realiza el desarrollo del modelo, el cual concluye con la proposición del rendimiento esperado para todos los activos riesgosos de la economía:

$$E(R_i) = \lambda_0 + \lambda_1 \cdot \beta_{1i} + \ldots + \lambda_k \cdot \beta_{ki} \qquad \text{(b)}$$

λ_k → Premio al factor *k-ésimo* de riesgo.

APT: Una alternativa para la medición del riesgo accionario, 1988 - 1991.

Una manera sencilla de verificar empíricamente la teoría, se puede llevar a cabo a partir de factores "macro", que se han propuesto como las fuentes de riesgo para todos los activos de la economía.

La relación entre variables reales y financieras es uno de los campos menos explorados dentro de la teoría económica, y consecuentemente, hasta ahora no se ha dilucidado claramente cuáles son los factores económicos que afectan de manera común a todos los activos.

Pese a dicha limitante, en el presente estudio se utilizan los factores de riesgo más aceptados dentro de la escasa literatura existente. Con base en lo anterior, los factores elegidos como las fuentes de riesgo común en la economía mexicana fueron:

- Sorpresas en los niveles de inflación.
- Crecimiento de la producción industrial.
- Sorpresas en la evolución de mercados internacionales de activos.
- Cambios en la estructura temporal de las tasas de interés.

Estos factores, se utilizan para obtener regresiones en series de tiempo utilizando la ecuación (a). La matriz de betas así obtenida, se utiliza como cargas para realizar regresiones en corte transversal, valiéndonos de la ecuación (b). Los cortes transversales se realizan utilizando todas y cada una de las acciones de la muestra, y utilizando portafolios, para así mitigar el problema de errores en las variables.

El análisis de los resultados obtenidos indica que los factores de riesgo propuestos, fueron conjuntamente significativos en el 66% de los cortes transversales para acciones aisladas, y de 88% para el caso de portafolios.

Por otra parte, las pruebas de significancia individual muestran que, por lo menos dos de los cuatro factores propuestos parecen ser relevantes para la economía mexicana. Estos son: las sorpresas en niveles inflacionarios y las sorpresas en la evolución de los mercados internacionales de activos.

Indice General

Indice de tablas

INTRODUCCIÓN

Desde hace once años la economía mexicana ha orientado cada vez más su funcionamiento hacia una economía de mercado, donde el sistema de precios contiene mayor información sobre el valor de los bienes, servicios y activos. Un amplio conjunto de nuevos mercados ha surgido en el país desde entonces. Dentro de este proceso, el crecimiento del mercado de valores ha sido uno de los más sorprendentes. A pesar de que el origen del mercado de valores en México se remonta al inicio del presente siglo, no es sino hasta hace sólo quince años que su importancia dejó de ser secundaria dentro del sistema financiero mexicano. El desempeño dentro de un mercado de valores que se desarrolla a un ritmo vertiginoso representa un interesante reto tanto para practicantes como para académicos.

La búsqueda de beneficios, motor de toda actividad empresarial, significa para los participantes del mercado de valores la identificación de oportunidades de inversión, que solamente puede lograrse si se realiza una adecuada valuación del precio de las acciones antes que el resto de los participantes del mercado.

La búsqueda del valor correcto de una acción ha ocupado una enorme cantidad de esfuerzo a lo largo de mucho tiempo. En la actualidad una correcta valuación es una tarea de la mayor importancia, debido a lo anteriormente dicho sobre los participantes en el mercado de valores y a que los cambios en el ambiente de negocios, exigen a las compañías enfocar su estrategia a maximizar su valor.

Un modelo de valuación es un mecanismo que convierte un conjunto de proyecciones (valores esperados) de variables económicas y de la empresa en valores esperados de mercado para las acciones de la misma. En otras palabras, un modelo de valuación puede ser considerado como una formalización sobre la relación que se espera que exista entre un conjunto de factores corporativos y económicos, y el valor en el mercado de estos factores.

Las teorías de precios de activos, desarrolladas con base en supuestos de mercados perfectos, son parte medular de los modelos de valuación, porque permiten calcular la tasa de descuento que se utiliza dentro del proceso de valuación. En este trabajo, se expondrán los fundamentos de los modelos de precios de activos. A grandes rasgos, estos modelos extienden el concepto de equilibrio de mercado a la determinación del premio al riesgo, medido en forma adecuada para todos y cada uno de los activos.

El primero, y aún más conocido modelo de equilibrio de determinación de precios de activos, fue desarrollado por Sharpe (1963) y Treynor (1961), y se conoce como modelo de precios de activos de capital (CAPM). Ha sido ampliamente discutido, tanto en el terreno teórico como en el empírico, y tanto en el ámbito académico como en el profesional. Derivado dentro de un marco teórico de media y varianza y con base a supuestos de mercados perfectos, el CAPM postula la existencia de una relación lineal entre el costo de oportunidad del capital y el premio al riesgo de mercado. La aparente facilidad para llevar a la práctica este modelo ha hecho de su uso una tarea cotidiana dentro del medio financiero. Sin embargo, las numerosas pruebas y escrutinios que los académicos han aplicado al modelo, nos advierten que éste como cualquier otro, debe ser utilizado con precaución, lo cual solamente puede lograrse conociendo sus ventajas y debilidades. De acuerdo a dichas investigaciones la principal desventaja de CAPM es que el riesgo de mercado no es capaz de englobar las distintas fuentes de riesgo que afectan a todos los activos.

Un segundo, y muy importante, modelo de precios de activos es el desarrollado por Ross (1976) al cual se le conoce como teoría de precios de arbitraje (APT). Hasta el momento APT es un modelo que potencialmente puede superar las desventajas de CAPM, porque es más general; esto permite que numerosos factores expliquen el rendimiento de equilibrio de un activo riesgoso, de manera que CAPM puede verse como un caso particular de esta nueva teoría. Una ventaja adicional de APT es que no requiere del marco teórico de media y varianza para explicar la forma en que se genera el proceso por el cual se explica el rendimiento de un activo. APT sin embargo, es una teoría silenciosa en relación con los factores comunes que afectan el rendimiento de una acción.

La teoría de precios de arbitraje está pasando por los rigurosos escrutinios por los que ya ha pasado CAPM. Se evalúan sus supuestos con la finalidad de ver la lógica y el realismo de sus implicaciones. El mayor, esfuerzo se ha encaminado a identificar cuáles pueden ser los factores que APT requiere para su uso práctico. Esperamos que lo mejor de la teoría esté aún por venir.

El motivo de la presente investigación es llevar a la práctica, para el caso de México, esta nueva teoría. Este reto será de gran utilidad, porque existen pocos estudios similares en nuestro país y, por lo tanto, puede ser el inicio de un mejor camino hacia la obtención de valuaciones más correctas. Asimismo, establece un precedente para futuras investigaciones

El trabajo consta de tres partes. En el primer capítulo se presenta la teoría de precios de arbitraje (APT), precedida de una breve explicación sobre carteras eficientes y sobre el modelo de precios de activos de capital (CAPM).

Las principales dificultades de CAPM, tanto en el terreno teórico como en el empírico, se aprovechan para resaltar la importancia de la teoría de precios de arbitraje.

Debido a que la teoría de APT es aún bastante desconocida, pese a lo amplio que es ya su literatura, el presente trabajo pretende proporcionar una exposición de la misma que incluya el desarrollo de los principales aspectos formales, sin que esto impida el entendimiento de la intuición básica del modelo.

En la primera sección del segundo capítulo se hace una revisión extensiva sobre los estudios empíricos realizados en Estados Unidos, con la finalidad de conocer su metodología, los problemas con los que se toparon, la forma como los solucionaron y los resultados obtenidos. Al final de esa sección se presenta una tabla en la que se resumen los aspectos anteriores.

En la segunda parte del mismo capítulo se realiza una revisión de la todavía muy parca literatura que explora la relación entre variables reales y financieras, con la finalidad de formar un mejor criterio para la selección de factores de riesgo que expliquen el rendimiento accionario. No obstante, que la teoría existente ya proporciona ciertos avances para proponer las variables que sirvan de aproximaciones a dichos factores, es necesario aceptar que las variables *proxi* utilizadas en la mayor parte de estudios empíricos, no tienen por qué ser las únicas y que están de alguna forma concebidas *a priori.*

En el tercer capítulo se realiza la estimación del modelo. Primero se realizan los comentarios relativos a los datos utilizados, incluyendo el número de observaciones, la periodicidad de las series, sus fuentes y criterios de selección. En segundo lugar, se construyen los factores de riesgo, con base en las variables propuestas en el capítulo II, y considerando las restricciones impuestas por la teoría. Posteriormente se realiza el cálculo del modelo, siguiendo la metodología propuesta en Fama y Mac Beth (1973). El primer paso consiste en estimar las sensibilidades de los activos a los factores de riesgo construidos previamente, para lo cual se utilizan regresiones en series de tiempo. A las sensibilidades obtenidas se les aplican las pruebas tradicionales de ajuste estadístico a nivel individual y conjunto. En el segundo paso se estiman los premios al riesgo relacionados con los factores propuestos, para lo cual se utilizan regresiones en corte transversal.

Los cortes transversales se realizan a partir de activos individuales y a partir de portafolios, los cuales se utilizan para evitar el problema de errores en las variables que puede surgir en el primer caso. El criterio para la formación de portafolios, es el de agrupación de acciones por industria, el cual ha sido ampliamente usado en los estudios empíricos de APT. Posteriormente se realiza en tres partes la interpretación de los resultados obtenidos. En la primera, se analiza la calidad del ajuste estadístico valiéndonos de pruebas de significancia individual y conjunta, así como de pruebas de ausencia de autocorrelación y heteroscedasticidad. En la segunda, se realiza una comparación entre los resultados obtenidos en los cortes transversales realizados con acciones y los realizados con portafolios, encontrándose que en general los resultados favorecen a estos últimos. Finalmente, en la tercera parte, se mide el poder explicativo de la teoría comparando los datos reales con estimaciones obtenidas de la misma.

CAPITULO I : TEORÍAS DE PRECIOS DE ACTIVOS

A. Introducción a las teorías de precios de activos.

Las teorías de precios de activos tratan de explicar el proceso por el cual se determinan sus precios de mercado. Para la determinación adecuada del precio de los activos se requiere una cuantificación adecuada del premio al riesgo. Antes de iniciar con la exposición de las teorías sobre precios de activos nos debe quedar claro que detrás de toda la complejidad matemática que pueden tener éstas, se encuentra la idea de que no importando cuántas fuentes de riesgo existen, todo el riesgo se reduce a la variabilidad inesperada de los perfiles de consumo de los agentes económicos[1]. Si sabemos cómo medir y asignar precio al riesgo financiero de una manera correcta, entonces podremos valuar apropiadamente los activos riesgosos. Conseguir esto permitiría una mejor asignación de recursos en la economía y por lo tanto un mayor nivel de bienestar. Por valor se entiende el precio justo que un inversionista está dispuesto a pagar por un activo. El valor resulta de la combinación de tres factores: la dimensión de la renta esperada, la fecha en que ésta será recibida, y el riesgo al que se expone el inversionista para obtenerla. Los diferentes métodos de valuación requieren expectativas de los tres factores mencionados. En los últimos treinta años los modelos de valuación adoptaron una perspectiva diferente: en vez de valuar los activos en forma aislada se realiza su valuación considerando que éstos forman parte de un portafolio. El concepto de valuación de portafolio, introducido por Markowitz, evolucionó gradualmente y las modificaciones y adiciones que se la hicieron dieron origen al *Modelo de Precios de Activos de Capital*: CAPM; este modelo sintetiza el principio que establece la relación directa entre riesgo y rendimiento, con los principios de valuación de portafolio. Posteriormente surge la *Teoría de Precios de Arbitraje*: APT, ésta comparte el mismo ánimo que CAPM, porque busca responder a la misma interrogante; qué rendimiento corresponde a cierto activo, el cual se mantiene como parte de un portafolio, y que se encuentra expuesto a un determinado nivel de

[1] Con relación a este punto, Luis F. de la Calle, concluye que "la última consecuencia de todos los vaivenes o innovaciones que afectan a la economía es incertidumbre con respecto a los niveles de consumo"... "Así, activos que uniformizan (sic) los perfiles de consumo, conocidos como activos contracíclicos reciben precios relativamente altos y ofrecen retornos esperados bajos. Del otro lado, los activos que exageran la variabilidad del consumo, conocidos como activos procíclicos, reciben una valuación del mercado relativamente baja pero altas tasas de rendimiento esperado".

riesgo. Sin embargo, APT es una generalización de CAPM, puesto que no constriñe las fuentes de riesgo a un sólo factor sistemático, sino que acepta la existencia de uno o más factores de ésta naturaleza. Por otra parte, la nueva teoría es muda en relación a la identificación de dichos factores de riesgo.

B. Media y varianza como medida del riesgo

Se ha considerado conveniente caracterizar al riesgo y al rendimiento a través de la media y varianza de las distribuciones del rendimiento ofrecido por los activos. Para que esto sea correcto es necesario que la distribución del rendimiento de los activos sea normal conjunta. Si se cumple lo anterior, los agentes económicos podrán maximizar su utilidad esperada seleccionando simplemente la mejor combinación de media y varianza, debido a que cualquier distribución normal puede ser totalmente descrita por tan sólo estos dos parámetros.

Es en este punto donde resulta conveniente introducir las tres premisas fundamentales de las que parte la " teoría moderna de portafolio":

(i) Ley de un sólo precio: dos activos con el mismo riesgo tienen el mismo precio.

(ii) El mercado sólo paga riesgos sistemáticos: esto significa que el precio del mercado de un activo solamente paga por el riesgo que el mercado no es capaz de diversificar. Esto tiene una implicación directa sobre la conducta de los inversionistas en cuanto a la selección y diversificación de sus portafolios.

(iii) Condición de no arbitraje: en el mercado todos las posibilidades de arbitraje se agotan. (Sobre esto profundizaremos en la sección de Teoría de Precios de Arbitraje -APT-.)

La premisa (ii) de la teoría moderna de portafolios tiene una importante significación sobre las decisiones de selección de portafolios dentro de un marco teórico de media y varianza. Esto lo veremos en detalle en el modelo de Markowitz, cuya exposición se presenta a continuación.

C. El Modelo de Markowitz

El modelo supone que las decisiones de inversión de los agentes económicos, se realizan dentro de un marco en el que el criterio de elección es la media y varianza, y que además los inversionistas mantienen portafolios eficientemente diversificados.

Suponiendo que los individuos asignan una porción W de su riqueza a inversiones en portafolio, y ω_i es la fracción que invierte en cada acción, tenemos que :

$$\sum_{i=1}^{n} \omega_i = 1 \qquad (1.01)$$

El rendimiento esperado del portafolio así como su riesgo vienen dados por :

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^{n} \omega_i \cdot E(R_i) \qquad (1.02)$$

$$Var(R_p) = \sum_{i=1}^{n} \omega_i^2 \cdot \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \omega_i \cdot \omega_j \cdot \sigma_{ij} \qquad (1.03)$$

Donde:

R_p → Rendimiento del portafolio.

R_i → Rendimiento del activo i.

σ_i^2 → Varianza del rendimiento del activo i.

σ_{ij} → Covarianza de rendimiento entre los activos j e i.

Intuitivamente los que nos dice la ecuación (1.02) es que el rendimiento esperado del portafolio es igual al promedio ponderado de los rendimientos esperados de cada uno de los activos que conforman dicho portafolio.

Por su parte, la ecuación (1.03) nos dice que el riesgo del portafolio es menor que el promedio ponderado de las varianzas del rendimiento de los activos que lo forman. Esto se puede advertir de manera directa fijándonos en el primer término del lado derecho de la ecuación (1.03) en el que tenemos las varianzas de cada uno de los activos del portafolio σi^2, ponderadas por el cuadrado de la participación de cada acción en el portafolio. Como ωi es menor que uno entonces ωi^2 es menor que ωi. El segundo término de la ecuación (1.03), consta de las covarianzas entre los activos que forman el portafolio. Porque el valor de las correlaciones entre acciones es menor que uno, el valor obtenido en la ecuación (1.03), resulta menor que el promedio ponderado de las varianzas.

Habiendo propuesto la manera de medir el riesgo y rendimiento esperado de un portafolio, el modelo de Markowitz continúa con la selección del portafolio óptimo, es decir aquella combinación de activos riesgosos que maximiza la utilidad del inversionista.

Esto plantea un problema de optimización en el que las variables de decisión son las participaciones de cada una de las acciones dentro del portafolio, es decir $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n$.

La función objetivo puede plantearse de cualquiera de las siguientes maneras:

$$\text{Programa 1: MIN } Var(R_p) \quad \text{s.a.} \quad E(R_p) = K1.$$

$$\text{Programa 2: MAX } E(R_p) \quad \text{s.a.} \quad Var(R_p) = K2.$$

Donde:

K1 y K2 $\rightarrow$ Constantes arbitrarias.

Nótese que en cualquiera de los dos planteamientos el inversionista debe revelar preferencias, ya sea en relación con el rendimiento que desea obtener, al cual deberá corresponder un riesgo mínimo, o bien deberá revelar sus preferencias en relación con el riesgo que quiera correr, al cual debe corresponder un nivel máximo de rendimiento.

Cuando en la práctica se resuelve este problema, en realidad lo que se está haciendo es localizar el punto de la frontera eficiente que corresponde con las preferencias entre riesgo y rendimiento del inversionista. Se entiende por frontera eficiente de portafolio, al conjunto de combinaciones entre riesgo y rendimiento que ofrecen los portafolios de activos riesgosos que tienen asociada una varianza mínima dada una tasa de rendimiento, o tienen asociado un rendimiento máximo dado un nivel determinado de riesgo.

D. El modelo de Markowitz en la práctica

Para llevar a la práctica el modelo de Markowitz se requieren los siguientes datos :

(a) El valor esperado para los "n" activos que conforman el portafolio.

(b) Las varianzas o desviaciones estándar de los rendimientos de los "n" activos que forman el portafolio.

(c) Las covarianzas entre todos los activos.

Estos parámetros deben ser calculados. Si esto se realiza parámetro por parámetro, el total a considerar es :

- n rendimientos esperados
- n varianzas y,
- $(n^2\text{-}n)/2$ covarianzas.

Es decir, en total se requerirán calcular $(n^2+3n)/2$ parámetros. Por ejemplo para un portafolio formado por 30 acciones se tendrían que calcular ¡495 parámetros! Y una vez estimados, se tendrían que correr modelos de programación cuadrática para cada inversionista que deseara invertir en estas 30 acciones con la finalidad de encontrar un punto en la frontera óptima que corresponda con sus preferencias.

1.- El Modelo de Mercado

Con la finalidad de facilitar la implementación del modelo de Markowitz, William Sharpe en 1963 propuso un modelo simplificado de portafolio al que él llamo el "Modelo Diagonal" que se conoce como "Modelo de Mercado".

Sharpe sugiere que "el rendimiento de cualquier activo se determina por un factor básico y por factores aleatorios " o más explícitamente de acuerdo con el siguiente modelo:

$$R_i = \alpha_i + \beta_i \cdot R_m + e_i \qquad (1.04)$$

Posteriormente se identifica a dicho factor relevante con el rendimiento del mercado, por tanto:

R_i → El rendimiento real del activo i.
R_m → El rendimiento del mercado.
α,β → Parámetros a ajustar por mínimos cuadrados.
e → Error aleatorio.

Para llevar a la práctica el modelo de Markowitz utilizando el modelo de mercado, sólo requiere de las siguientes fórmulas:

$$R_i = \alpha_i + \beta_i \cdot R_m$$

$$\sigma_i^2 = \beta_i^2 \cdot \sigma_m^2 + \sigma_{ei}^2$$

$$\sigma_{ij} \quad = \beta_i \cdot \beta_j \cdot \sigma_m^2$$

Donde:

σ_m^2 → Varianza del rendimiento del mercado.

Así, al utilizar el modelo de mercado, se requieren estimar solamente 3n+2 parámetros, lo cual en nuestro ejemplo del portafolio de 30 acciones implicará una reducción en la estimación de 495 a 92 parámetros.

2.- Modelos de índices múltiples

El supuesto de Sharpe de que el rendimiento de un activo está determinado por el rendimiento del mercado y factores aleatorios, a algunos les pareció bastante restrictivo.

A través del método de índices múltiples, el cálculo del modelo de Markowitz, es sencillo y más exacto, que hacerlo a través del modelo de mercado. Sin embargo, el método requiere de la identificación previa de los factores relevantes. El modelo de índices múltiples es una regresión lineal:

$$R_i = \alpha_i + \beta_{i1} \cdot F_1 + \ldots + \beta_{ik} \cdot F_k + e_i \qquad (1.05)$$

Donde:

α_i, β_{i1} ... ,β_{ik} → Parámetros de mínimos cuadrados.

F_1 ... F_k → Factores de riesgo que afectan a todos los activos.

La cantidad de parámetros que se tendrá que estimar es : 3n + 3k + 2, donde k es el número de factores relevantes.

E. CAPM : El primer modelo de precios de activos.

1.- Teoría

La teoría moderna de portafolios supone que todos los inversionistas se comportan de acuerdo con el modelo de Markowitz, es decir, mantienen portafolios eficientemente diversificados, y óptimos desde el punto de vista que maximizan su utilidad, dentro de un marco teórico de media y varianza. Si consideramos que los portafolios eficientemente diversificados eliminan riesgos no sistemáticos, lo anterior tiene una importante implicación: los activos riesgosos sólo pagan por el riesgo sistemático, es decir, aquel que no puede ser eliminado a través de la diversificación. Tomando en cuenta lo anterior, Sharpe y Treynor inicialmente, y posteriormente Moussin, Litner y Black desarrollaron un marco teórico conocido como CAPM, que es la abreviación de Capital Asset Pricing Model, -modelo de precios de activos de capital -, cuyo propósito fundamental es responder la siguiente pregunta:

¿Cual es el rendimiento que debe tener un activo cuando el mercado se encuentre en equilibrio, suponiendo que todos los inversionistas mantienen portafolios eficientes en el sentido de Markowitz?

El problema que se plantea Sharpe, es la determinación del precio de activos, con inversionistas eficientemente diversificados, y con el mercado en equilibrio.

Los supuestos del CAPM son los siguientes :

(1) Los inversionistas son aversos al riesgo y maximizan su utilidad, la cual proviene de una función de utilidad cuadrática.

(2) Los inversionistas realizan sus decisiones de portafolio de acuerdo con criterios de media y varianza.

(3) Todos los activos son infinitamente divisibles.

(4) No existen costos de transacción ni impuestos.

Estos supuestos son los necesarios para que los individuos se comporten de acuerdo con el modelo de Markowitz.

Además, CAPM requiere de los siguientes supuestos

(5) Existe una tasa libre de riesgo a la que se puede prestar y pedir en préstamo.

(6) Todos los activos, incluyendo el capital humano, están en el mercado.

Los mercados de capital son perfectos en el sentido que:

(7) Toda la información es gratuita y disponible en forma inmediata para todos los inversionistas.

(8) Los inversionistas tienen oportunidades ilimitadas para tomar posiciones en corto (deudoras) o en largo (acreedoras).

(9) Los inversionistas tienen expectativas homogéneas, el mismo horizonte de planeación y las mismas percepciones de las varianzas y covarianzas de las distribuciones de rendimientos esperados de los activos.

Los supuestos (5), (6), (8) y (9) implican que los inversionistas, al analizar los valores y determinar la composición de su portafolio óptimo, llegarán siempre a una misma combinación de activos riesgosos.

Esto no debe sorprendernos puesto que existe, entre los inversionistas, un completo acuerdo con las apreciaciones del rendimiento, varianzas y covarianzas esperadas de los activos.

Esta conclusión del CAPM es diametralmente opuesta al llamado "asesor, financiero decorador de interiores", es decir, a la idea de que el administrador de un portafolio lo diseña de acuerdo con la personalidad de su cliente.

En CAPM, la combinación de la tasa libre de riesgo, Rf, y este portafolio óptimo resulta en que todos los inversionistas enfrentan una misma frontera lineal de inversiones. Con la finalidad de que cada individuo encuentre el riesgo que desee enfrentar, debe adoptar posiciones largas o cortas a la tasa libre de riesgo.

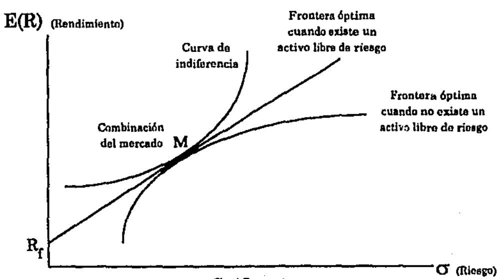
En CAPM, la combinación de activos riesgosos, a la que todos los agentes desean invertir, utiliza como ponderadores, la siguiente razón:

$$\omega i = \frac{\text{Valor del activo } \textit{i-esimo}}{\text{Valor total de todos los activos en el mercado}}$$

Por lo tanto, el portafolio unánimemente deseable contiene todos los activos riesgosos, exactamente en la misma proporción en que se encuentran en el mercado.

El modelo continúa con la determinación del rendimiento de los activos riesgosos cuando el mercado está en equilibrio. Éste se logra cuando los inversionistas reciben de sus activos un rendimiento normal en sentido económico.

Como todos los inversionistas enfrentan la misma frontera eficiente, todos optimizarán en donde sus curvas de indiferencia sean tangentes a ella: (Ver gráfica 1)



Gráfica 1

La ecuación de la frontera óptima es la siguiente [2]:

$$E(R_p) = R_f + \{ E(R_m) - R_f \} \cdot (\sigma_m/\sigma_p) \qquad (1.06a)$$

Donde :

R_f → Rendimiento del activo libre de riesgo.
σ_m → Desviación estándar del rendimiento del mercado.
σ_p → Desviación estándar del rendimiento del portafolio.

A esta ecuación se le conoce como *línea del mercado de capitales.*

Sea R_i el rendimiento de un activo riesgoso i, y R_m el rendimiento del portafolio del mercado, entonces se puede formar un portafolio en el que se invierte ω_i en el activo i y $(1 - \omega_i)$ en el portafolio de mercado, y su rendimiento y riesgo esperado está dado por :

$$E(R_p) = \omega_i \cdot E(R_i) + (1 - \omega_i) \cdot E(R_m) \qquad (1.06b)$$

$$\sigma_p = (\omega_i^2 \sigma_i^2 + (1 - \omega_i)^2 \cdot \sigma_m^2 + 2\omega_i \cdot (1 - \omega_i) \cdot \sigma_{im})^{1/2} \qquad (1.06c)$$

[2] El rendimiento esperdo de un activo libre de riesgo y un portafolio de acciones ésta dado por:

$$E(R_c) = (1-w) \cdot R_f + w \cdot R_a \qquad (i)$$

Donde :

R_a → El rendimiento de una combinación de activos riesgosos.
R_c → El rendimiento de una cartera formada por el activo libre de riesgo y el portafolio de activos riesgosos.
w → Fracción de riqueza invertida en el portafolio de activos riesgosos.

El riesgo de la combinación está dado por:

$$\sigma_c = w \cdot \sigma_a \qquad (ii)$$

Despejando w de la ecuación (ii) y sustituyendo en (i) se obtiene:

$$E(R_c) = R_f + (R_a - R_f) \cdot \sigma_c/\sigma_a \qquad (iii)$$

A partir de las ecuaciones (1.06a), (1.06b) y (1.06c) se puede llegar a la ecuación del CAPM conocida como *línea del mercado de valores*[3]:

$$(R_i) = R_f + (\, E(R_m) - R_f\,) \cdot \sigma_{im} / \sigma_m^2 \tag{1.07a}$$

Sea $\beta = \sigma_{im} / \sigma_m^2$

entonces podemos re-expresar la ecuación (1.07a) como :

$$E(R_i) = R_f + (\, E(R_m) - R_f\,) \cdot \beta_i \tag{1.07b}$$

La línea del mercado de valores, postula la existencia de una relación lineal entre el rendimiento de un activo y el premio al riesgo sistemático, medido a través de un sólo factor de riesgo (el mercado) y la sensibilidad de cada activo a dicho factor.

El CAPM tiene tres importantes propiedades :

(1) En equilibrio, todo activo debe tener un rendimiento tal que corresponda exactamente con la línea del mercado de valores.

---

[3] Para obtener la línea del mercado de valores, el desarrollo es el siguiente:

Se obtienen las derivadas de las ecuaciones (1.06b) y (1.06c) con respecto a ω_i

$$\delta E(R_p)/\delta_{\omega i} = E(R_i) - E(R_m) \tag{1.06b'}$$

$$\delta\sigma_p/\delta_{\omega i} = (\omega_i \cdot \sigma_i^2 \cdot \sigma_m^2 + \omega_i \cdot \sigma_j^2 + \sigma_{im} - 2 \cdot \omega_i \cdot \sigma_{im}) / \sigma_p \tag{1.06c'}$$

Dividiendo (1.6b') entre (1.6c') se obtiene:

$$\delta E(R_p)/\delta\sigma_p = \{\sigma_p \cdot [\, E(R_i) - E(R_m)] / \omega_i \cdot \sigma_i^2 - \sigma_m^2 + \omega_i \cdot \sigma_i^2 + \sigma_{im} - 2 \cdot \omega_i \cdot \sigma_{im}\}$$

Si $\sigma_p = \sigma_m$, entonces $\omega_i = 0$. En consecuencia, la anterior ecuación puede expresarse de la manera siguiente:

$$\delta E(R_p)/\delta\sigma_p = \sigma_m \cdot [\, E(R_i) - E(R_m)] / (\sigma_{im} - \sigma_m^2)$$

En CAPM, la condición de equilibrio nos dice que la anterior ecuación debe ser igual a la línea del mercado de capitales:

$$(E(Rm) - Rf) / \sigma m = \sigma m \cdot [\, E(Ri) - E(Rm)] / (\sigma im - \sigma m^2)$$

Reordenando, se obtiene:

$$E(Ri) = Rf + (\, E(Rm) - Rf\,) \cdot \sigma im / \sigma m^2 \tag{1.07a}$$

(2) El mercado sólo paga por el riesgo sistemático que viene representado por $(E(R_m) - R_f) \cdot \beta$

(3) Las medidas del riesgo son aditivas linealmente, por lo que el riesgo de un portafolio puede ser medido a través del promedio ponderado de las betas de las acciones que lo forman. Este resultado es extremadamente útil puesto que para encontrar la frontera eficiente no es necesario resolver un planteamiento de programación cuadrática.

2.- Pruebas Empíricas del CAPM

El primer paso para realizar pruebas empíricas de CAPM es transformarlo de su forma *ex-ante*, es decir de rendimientos esperados, a una forma *ex-post*, es decir con rendimientos observados. Esto se consigue partiendo de la siguiente ecuación:

$$R_i = E(R_i) + F_m \cdot \beta_i + e_i \qquad (1.08)$$

Aquí :

$F_m \rightarrow R_m - E(R_m)$
$E(F_m) \rightarrow 0$
$e_i \rightarrow$ Error aleatorio.

Sustituyendo E(Ri) en la ecuación (1.08) obtenemos :

$$R_i = R_f + [\, E(R_m) - R_f \,] \cdot \beta_i + [\, R_m - E(R_m)] \cdot \beta_i + e_i$$

o bien

$$R_i = R_f + (R_m - R_f) \cdot \beta_i + e_i$$

sustrayendo Rf queda :

$$R_i - R_f = (R_m - R_f) \cdot \beta_i + e_i$$
(1.09)

Esta es la forma ex-post del CAPM .

Si definimos :

$$R'_i = R_i - R_f$$
$$\gamma_1 = R_m - R_f$$
$$\gamma_0 = 0$$

Podemos re-expresar la ecuación (1.09) de la siguiente manera :

$$R'_i = \gamma_0 + \gamma_1 \cdot \beta_i + e_i$$
(1.10)

Esta es la ecuación más utilizada para pruebas empíricas de CAPM.

Para que CAPM sea válido es necesario que los resultados de las pruebas empíricas sean las siguientes :

(a) γ_0 no debe ser significativamente diferente de cero.
(b) γ_1 debe ser igual a ($R_m - R_f$).
(c) $R_m > R_f$
(d) Ningún otro factor diferente de la beta debe ser exitoso en proporcionar explicación adicional al rendimiento del activo.

Con pocas excepciones los resultados de las investigaciones empíricas han sido los siguientes:

(a) γ_0, significativamente diferente de cero.
(b) γ_1, menor que ($R_m - R_f$), lo cual implica que los activos con un valor pequeño de beta ganan más de lo que CAPM hubiera predicho. Al contrario, los activos con beta grande obtienen menores rendimientos que los pronosticados por CAPM.
(c) El modelo lineal simple es el que mejor se ajusta a los datos.

(d) Otros factores diferentes a la beta han probado ser exitosos en añadir explicación al rendimiento de los activos.

En conclusión; la evidencia empírica muestra que CAPM no explica la realidad de manera satisfactoria. Esto por sí sólo bastaba para que se perdiera el interés por el modelo. Además la crítica de Roll[4], al CAPM, provocó que en el campo teórico se abandonara este modelo para que el interés de la investigación se volcara sobre una nueva teoría conocida como APT.

El argumento de Roll consiste en señalar que aunque el CAPM, en principio, es sujeto de verificación empírica, no se le puede practicar una prueba correcta o inambigua. Roll demuestra cómo la única hipótesis verificable en potencia es que el portafolio del mercado sea eficiente dentro de un marco de media y varianza. Cualquier otra hipótesis que se quiera verificar, como por ejemplo, el que exista una relación lineal entre la beta y el rendimiento esperado, puede demostrarse que es una hipótesis redundante, dada la hipótesis principal.
La hipótesis principal, sin embargo, en la práctica, no puede ser verificada, puesto que el portafolio de mercado no puede ser observado, debido a que incluye todos los activos del mercado, muchos de los cuales no son observables.

F. Teoría de Precios de Arbitraje.

Una de las más poderosas conclusiones de la economía positiva afirma que si existen dos activos libres de riesgo, las tasas de rendimiento que estos ofrezcan deben ser iguales. Esta igualdad en tasas de rendimiento se mantiene aún en condiciones de profundo desequilibrio; porque si los agentes económicos pudieran prestar y pedir prestado a dichas tasas, entonces podrían obtener utilidades infinitas si éstas fueran diferentes.

---

4 Roll.R, "Ambiguity when performance is measured by the Security Market Line.", *Journal of Finance* (1981) 36, pp 313-22

De acuerdo con la teoría neoclásica, un activo riesgoso debe obtener un rendimiento igual al del activo libre de riesgo más un premio que compense a su tenedor por correr dicho riesgo.

CAPM es quizá hasta ahora el marco teórico más utilizado que explica el rendimiento de activos riesgosos. Sin embargo, desde el punto de vista teórico tiene toda una serie de problemas, de los cuales ya hemos hablado.

La teoría de precios de arbitraje es una nueva aproximación mucho más sencilla y poderosa para explicar el rendimiento de los activos riesgosos.
A diferencia de CAPM, no requiere suponer que las funciones de utilidad de los individuos son cuadráticas, ni que los activos existentes en la economía tienen una distribución normal multivariada.

La Teoría de Precios de Arbitraje (APT) solamente requiere de los siguientes supuestos:

- Mercados perfectos sin costos de transacción .
- Que los individuos sean aversos al riesgo.
- Los agentes económicos consideran, de manera homogénea, que el rendimiento de los activos es generado por un modelo de "k" factores como el que se presentó en la ecuación (1.05).
- Existe un mayor número de activos en la economía, que número de factores que explican el premio al riesgo de los activos.

A continuación presentamos, en forma general[5], la explicación de APT a través del modelo de un sólo factor, para posteriormente generalizarlo a *k* factores.

APT supone que el rendimiento real o *ex-post* de un activo riesgoso está dado por:

[5] El desarrollo que se presenta del modelo APT, en este trabajo, no pretende ser una exposición detallada de dicha teoría. Para una comprensión detallada de APT, remito al lector a la fuente original: Ross Stephen A. , "The arbitrage theory of capital", *Journal of Economic Theory* (1976) 13,341-60

$$R_i = E(R_i) + F_1 \cdot \beta_i + e_i \quad (1.11)$$

Donde :

e_i → Error aleatorio con media cero.
F_1 → Un factor de riesgo común a todos los activos.
$E(R_i)$ → El rendimiento esperado del activo.

Esta ecuación es en apariencia muy similar a una regresión lineal simple, pero tiene la notable diferencia del término $E(R_i)$, el rendimiento *ex-ante* del activo en consideración.

La ecuación (1.11) representa por sí misma una base mucho más sólida para desarrollar una teoría de precios de activos, y no requiere consideraciones adicionales del marco teórico de media y varianza.

Asimismo, APT supone, que el número de activos -n- presente en la economía es suficientemente grande para que funcione la "ley de los grandes números", por medio de la cual, en portafolios diversificados, el valor de los riesgos idiosincrásicos[6] tiende a cero[7].

---

[6] Se utilizó la frase riesgo idiosincrático, como traducción, de lo que en inglés se denomina, "idyosincratic risk", y se refiere al riesgo diversificable.

[7] La afirmación sobre la ley de los grandes números, es más clara si consideramos el siguiente mecanismo:

Si se crean portafolios en los que cada acción sigue el modelo de un factor de la ecuación (1.11), y la proporción de riqueza invertida en el activo i esta dada por ω_i, entonces el rendimiento del portafolio formado por n activos estará dado por:

$$R_p = \omega_1 \cdot R_1 + \omega_2 \cdot R_2 + \ldots + \omega_n \cdot R_n \quad (1.12)$$

Es decir, el rendimiento del portafolio será un promedio ponderado del rendimiento de cada uno de los activos que lo forman. Sustituyendo la ecuación (1.11) en la ecuación (1.12) obtenemos :

$$\begin{aligned} R_p = {} & \omega_1 [E(R_1) + F_k \cdot \omega_1 + e_1] + \\ & \omega_2 [E(R_2) + F_k \cdot \omega_2 + e_2] + \ldots + \\ & \omega_n [E(R_n) + F_k \cdot \omega_n + e_n] \end{aligned} \quad (1.13)$$

La ecuación (1.13) muestra que el rendimiento de un portafolio se determina por un conjunto de 3 parámetros:

(a) El rendimiento esperado o *ex-ante* de los activos $E(R_i)$.
(b) La beta de cada activo multiplicada por el factor F_n.
(c) El riesgo no sistemático o idiosincrático de cada uno de los activos e_i .

El siguiente paso en la teoría de APT es explicar cómo se generan los rendimientos esperados $E(R_i)$, dado que a través de la diversificación los inversionistas han eliminado los riesgos idiosincrásicos.

En esta parte de la exposición es donde se introduce lo verdaderamente novedoso en esta teoría y que, a la vez, es lo que le da el nombre: la posibilidad de que los inversionistas formen portafolios de arbitraje.

Un portafolio de arbitraje es aquel en el que un inversionista no invierte riqueza; es decir:

$$\omega' \cdot e = 0 \qquad (1.15)$$

Donde:

$$\omega' = (\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n)$$

$$e = \begin{vmatrix} 1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 1 \end{vmatrix}$$

Factorizando, podemos expresar la ecuación (1.13) en términos de cada uno los tres conjuntos de parámetros:

$$\begin{aligned} R_p = {} & \omega_1 \cdot E(R_1) + \omega_2 \cdot E(R_2) + \ldots + \omega_n \cdot E(R_n) + \\ & (\omega_1 + \omega_2 \cdot \omega_2 + \ldots + \omega_n \cdot \omega_n) \cdot F_k + \\ & \omega_1 \cdot e_1 + \omega_2 \cdot e_2 + \ldots + \omega_n \cdot e_n \end{aligned} \qquad (1.14)$$

¿En dónde aparece la incertidumbre en esta ecuación?

En el primer renglón de la ecuación no, porque solamente aparece el valor esperado de uno de los n activos que forman el portafolio. La incertidumbre en el segundo renglón de la ecuación se refleja sólo en el factor riesgo F_k. La incertidumbre en el tercer renglón se refleja en cada riesgo idiosincrático e_i.

Como los inversionistas mantienen portafolios bien diversificados, entonces el tercer renglón en la ecuación (1.14) desaparece, debido a que los riesgos idiosincráticos de cada una de las acciones no se encuentran correlacionados; entonces se dice que cuando los inversionistas mantienen portafolios bien diversificados, y por la regla de los grandes números, el riesgo idiosincrático se elimina totalmente.

Para que la inversión neta en un portafolio sea igual a cero, la riqueza invertida en posiciones "largas", debe compensar exactamente la cantidad que se pide prestada en ventas en "corto".

Si denotamos al vector de rendimientos esperados E(Ri) de cada activo que forma el portafolio como E, al vector de los factores de riesgo f como F, y el vector de los coeficientes βi de cada acción como B, entonces el rendimiento del portafolio de arbitraje puede representarse en forma matricial:

$$R_p = \omega' E(R_i) = (\omega' E) + (\omega' B) F + \omega' e \qquad (1.16a)$$

Si suponemos que el portafolio de arbitraje es suficientemente grande de tal forma que la regla de los grandes números pueda operar, entonces tenemos que el rendimiento del portafolio está dado por:

$$R_p = (\omega' E) + (\omega' B) F \qquad (1.16b)$$

Finalmente, siempre que el número de activos sea mayor que el número de factores de riesgo, entonces los inversionistas podrán mantener posiciones "largas" y "cortas", de tal modo que se cumpla con la condición :

$$\omega' B = 0 \qquad (1.17)$$

En los portafolios de arbitraje se han eliminado los dos componentes de riesgo ; el sistemático y el no sistemático.

Por lo tanto el rendimiento del portafolio está dado por:

$$R_p = \omega' E \qquad (1.18)$$

El escoger un portafolio bien diversificado que satisfaga la ecuación (1.15) y la ecuación (1.18) implica que el rendimiento de ese portafolio tiene que ser igual a cero.

$$\omega' E = 0 \qquad (1.19)$$

Un portafolio de arbitraje en el que no se invierte riqueza y no se corre ninguna clase de riesgo tiene que tener un rendimiento igual a cero.

Lo anterior puede expresarse también en términos de álgebra lineal:

$$\omega' e = 0 \qquad (1.15)$$
$$\omega' B = 0 \qquad (1.17)$$
$$\omega' E = 0 \qquad (1.19)$$

como un sistema $A\,\Omega = 0$, o bien :

$$\underset{(3xn)}{\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 & \dots & \beta_n \\ E(R_1) & E(R_2) & E(R_3) & \dots & E(R_n) \end{vmatrix}} \quad \underset{(nx1)}{\begin{vmatrix} \omega_1 \\ \dots \\ \omega_n \end{vmatrix}} = \underset{(3x1)}{\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}} \qquad (1.20)$$

Aquí es donde es importante el supuesto de que el número de acciones debe ser mayor que el número de factores de riesgo puesto que si $n < k$ el sistema de ecuaciones (1.20) no tiene una solución distinta a la trivial, $\omega_1 = \dots = \omega_n = 0$

Pero si $n > k$, para que exista una solución distinta a la trivial ($\omega_i = 0 , \forall_i$), es necesario que los renglones de la matriz A sean linealmente dependientes, lo cual implica que cualquier renglón de la matriz A puede ser expresado como una combinación lineal del resto de los renglones.

En particular, el renglón [$E(R_1), E(R_2), \dots , E(R_n)$] se puede expresar como:

$$\begin{vmatrix} E(R_1) \\ E(R_2) \\ \vdots \\ E(R_n) \end{vmatrix} = \lambda_0 \begin{vmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{vmatrix} + \lambda_1 \begin{vmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_n \end{vmatrix}$$

o bien

$$E = \lambda_0 + \lambda_1 \cdot B \qquad (1.21)$$

de lo que se desprende que para cada activo, el rendimiento esperado, cuando no existen posibilidades de arbitraje, está dado por:

$$E(R1) = \lambda_0 + \lambda_1 \cdot \beta_n \qquad (1.22)$$

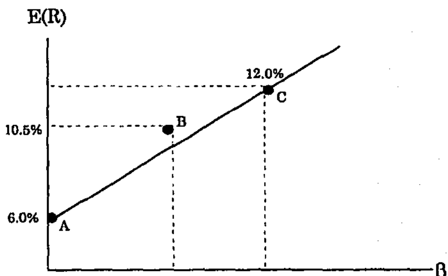
que es el rendimiento que debe recibir el activo riesgoso i.

Para entender mejor la anterior aseveración considerese el siguiente ejemplo.(Ver tabla 1.1)

TABLA 1.1		
Activo	**Rendimiento Esperado**	β
A	6.0%	0.0
B	10.5%	0.8
C	12.0%	1.2

Además $\lambda_0 = 5\%$

Gráficamente, tendríamos:



GRAFICA 2

Se puede formar un portafolio de arbitraje de la siguiente manera:

a) Comprar z cantidad del activo B con rendimiento de 10.5%.
b) Financiar esa compra con las siguientes ventas en corto:
   2/3 · z del activo C, con rendimiento de 12 %.
   1/3 · z del activo A, con rendimiento de 6 %.

Las fracciones de riqueza invertida son [1, -2/3, -1/3]= 0, en los activos B, C y A.
El riesgo del portafolio: [(1*0.8)+(-2/3*1.2)+(-1/3*0)]= 0
El rendimiento: [1*10.5%] - [2/3 * 12%] - [1/3 * 6%] = 0.5%

El inversionista obtendría un 0.5% de rendimiento sin invertir riqueza y sin correr riesgo. El arbitraje ocasiona que el activo B cumpla con la relación de la ecuación (1.22).
Si existe un activo sin riesgo con una tasa de rendimiento Rf, entonces por el mismo argumento se concluye que $\lambda_0 = R_f$.

Aún con un portafolio que no sea de arbitraje, es decir con $\omega' e = 1$, pero que esté bien diversificado y tenga riesgo beta igual a cero, de la ecuación (1.22) el riesgo del portafolio va a ser λ_0, y puesto que se ha eliminado todo el riesgo se tiene que cumplir $\lambda_0 = R_f$ para prevenir el arbitraje.

Por tanto: $\lambda_0 = R_f$
(1.23)

La ecuación (1.22) se cumple para toda i, de manera que, en especial para el mercado, se puede afirmar que:

$$E(R_m) = \lambda_0 + \lambda_1 \cdot \beta_m \qquad (1.24a)$$

o bien

$$\lambda_1 = \frac{(E(R_m) - \lambda_0)}{\beta_m} \qquad (1.24b)$$

Si sustituimos este resultado en (1.22) obtenemos

$$E(R_i) = R_f + (E(R_m) - R_f)\, \beta_i / \beta_m \qquad (1.24c)$$

Se puede normalizar con respecto al valor que nos interese, de forma que la sensibilidad de ese factor con respecto a sí mismo sea igual a 1. De esta forma, para el mercado se obtiene que $\beta_m = 1$, de modo que el rendimiento en condiciones de no arbitraje con respecto al mercado es de:

$$E(R_i) = R_f + (E(R_m) - R_f)\, \beta_i$$
(1.25)

Esta ecuación de APT es la equivalente a la línea de valores de media y varianza. Sin embargo, es importante resaltar que, para derivarla, no se adoptó ningún supuesto de que el mercado estuviera en equilibrio. Es por lo tanto un resultado más sólido y depende esencialmente de la ausencia de posibilidades de arbitraje en vez de la mucho más restrictiva condición de que el mercado esté en equilibrio como lo requiere la teoría de media y varianza.

El paso final en la exposición de APT es la generalización al caso de k factores. En este caso, el modelo generador, equivalente al de la ecuación (1.11):

$$R_i = E(R_i) + F_1 \cdot \beta_{1i} + \ldots + F_k \cdot \beta_{ki} + e_i$$
(1.26)

Puede relacionarse este modelo de factores múltiples con la condición básica de arbitraje de un solo factor de la ecuación (1.25), de la siguiente manera:

$$E(R_i) = \lambda_0 + [E(R_m) - \lambda_0]\, [\omega_1 \cdot \beta_{1i} + \ldots + \omega_k \cdot \beta_{ki}]$$
(1.27)

donde

$$\beta_i = [\omega_1 \cdot \beta_{1i} + \ldots + \omega_k \cdot \beta_{ki}]$$

Es decir, si consideramos que un factor, por ejemplo el mercado, es capaz de capturar diferentes fuentes comunes de riesgo, entonces el coeficiente beta del mercado debe ser el promedio ponderado de las betas de los demás factores. Sin embargo, no existe ninguna necesidad de que algún factor en especial, como el mercado, juegue un papel especial dentro de esta teoría.

De hecho, de la ecuación (1.26) y partiendo de las condiciones de las ecuaciones (1.15) (1.17) y (1.19) se pueden obtener los rendimientos esperados para el modelo de k factores de la siguiente manera:

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ \beta 11 & \beta 12 & \beta 13 & \dots & \beta 1n \\ \beta 21 & \beta 22 & \beta 23 & \dots & \beta 2n \\ : & : & : & : & : \\ \beta k1 & \beta k2 & \beta k3 & \dots & \beta kn \\ E(R_1) & E(R_2) & E(R_3) & \dots & E(R_n) \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \omega 1 \\ \omega 2 \\ \omega 3 \\ : \\ \omega n\text{-}1 \\ \omega_n \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ : \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}$$

Para toda n > k, este sistema tendrá una solución diferente a la trivial, y entonces el renglón [E(R1), E(R2),... E(Rn)] tendrá que ser una combinación lineal de los otros renglones, de manera que esto se pueda expresar como:

$$\begin{vmatrix} E(R_1) \\ E(R_2) \\ : \\ E(R_n) \end{vmatrix} = \lambda_0 \begin{vmatrix} 1 \\ 1 \\ : \\ 1 \end{vmatrix} \lambda_1 \begin{vmatrix} \beta 11 \\ \beta 12 \\ : \\ \beta 1n \end{vmatrix} + \dots + \lambda_k \begin{vmatrix} \beta k1 \\ \beta k2 \\ : \\ \beta kn \end{vmatrix}$$

del cual se tiene que el rendimiento esperado del activo i está dado por :

$$E(R_1) = \lambda_0 + \lambda_1 \cdot \beta_{1i} + \dots + \lambda_k \cdot \beta_{ki}$$
(1.28)

Aquí, λ_k representa el rendimiento esperado adicional de un activo con sensibilidad unitaria con respecto al factor k, y sensibilidad cero con respecto a los otros factores.

A este resultado también pudo haberse llegado a partir de la ecuación (1.27) si se define F como:

$$F = (E(R_m) - \lambda_0) \tau_k$$

Donde:

τ_k $\rightarrow$ Riqueza invertida en un portafolio T.

La ecuación (1.28) es mucho más útil que la (1.27) ya que nos limita a tener que considerar la existencia de un solo factor.

Finalmente, considere un portafolio T que tiene coeficientes beta de cero para todas los factores excepto el n-ésimo; es decir:

$$\tau'\beta_j = \theta \qquad \text{sujeto a} \quad j \neq h \tag{1.29a}$$

$$\tau'\beta_{jh} = 1$$

$$\tau'e = 1 \tag{1.29b}$$

El premio al riesgo de este portafolio está dado por :

$$E\tau' - \lambda_0 = \tau'[\,E(\theta_h) - \lambda_0\,] = F_h$$
(1.30)

$E\tau' \rightarrow$ es el rendimiento del portafolio τ.
$Fh \rightarrow$ es el premio al riesgo del factor h-ésimo.
Si se hace lo mismo para cada uno de los factores, se puede obtener otra forma de la ecuación (1.28) :

$$E(R_1) = \lambda_0 + (E(\theta_1) - \lambda_0) \cdot \beta_{1i} + \ldots + (E(\theta_k) - \lambda_0) \cdot \beta_{ki}$$

o bien :

$$E(R_1) = R_f + (E(\theta_1) - R_f) \cdot \beta_{1i} + \ldots + (E(\theta_k) - R_f) \cdot \beta_{ki}$$
(1.30)

Esto significa que el premio al riesgo para cualquier activo está dado por la suma ponderada de los premios al riesgo para cada factor, cuyas ponderaciones son iguales a los coeficientes beta de cada activo. Este es el resultado medular de la teoría de precios de arbitraje.

CAPITULO II: ESTUDIOS EMPÍRICOS DE APT

A. Una panorámica de los estudios empíricos APT

A pesar de que la teoría de precios de arbitraje ha dado lugar a un número importante de estudios empíricos, es muy probable que la mayor parte de estos estudios aún estén por escribirse.

A continuación presentamos un panorama de los diferentes estudios que se han realizado en torno a la implantación empírica de APT.

Para llevar a la práctica el modelo APT, tradicionalmente se ha utilizado el método de dos pasos[8] utilizado en Fama y Mac Beth[9]. La utilización de este método se origina en las pruebas empíricas de CAPM, realizadas por Douglas y Litner (1968), Miller y Scholes (1972) y Black, Jensen y Scholes (1972). Estos estudios tienen en común el hecho de que se realizan sobre la base de rendimientos accionarios con periodicidad anual. En contraste, las pruebas empíricas de CAPM propuestas en Fama y Mac Beth (1973), se realizaron a partir de rendimientos accionarios mensuales, metodología adoptada por la mayoría de estudios empíricos de APT.
El método consiste en lo siguiente :

(i) Estimar el conjunto de betas o matriz de betas a partir de la ecuación (1.26) :

$$R_i = E(R_i) + F_1 \cdot \beta_{1i} + \ldots + F_k \cdot \beta_{ki} + e_i$$

(ii) Utilizar las betas obtenidas en el primer paso como *cargas*[10] para estimar utilizando regresiones en corte transversal los premios al riesgo λ_k en la ecuación (1.28) :

$$E(R_1) = \lambda_0 + \lambda_1 \cdot \beta_{1i} + \ldots + \lambda_k \cdot \beta_{ki}$$

---

[8] En la literatura de APT, a las regresiones en dos etapas, se le denomina el método de dos pasos.

[9] Fama Eugene y MacBeth James, "Risk, return and equilibrium: Empirical tests." *Journal of Political Economy*, (1973) 38, pp 607 - 636

[10] Se utiliza el término cargas para designar a lo que en inglés se denomina " Factor Loadings "

La estimación de la matriz de βs, "B", implica, por lo menos, una identificación implícita de los factores de riesgo relevantes en la ecuación (1.26).
Tres enfoques han sido utilizados para estimar la matriz de betas :

1. Análisis algorítmico de la matriz varianza covarianza de los rendimientos de los activos.
2. Descomposición subjetiva de la matriz de covarianzas.
3. Identificación de los factores de riesgo macroeconómico.

A continuación explicaremos cada uno de los tres enfoques.

1. Análisis algorítmico de la matriz varianza covarianza.

Se considera inicialmente la ecuación de factores múltiples (1.26), de la cual parte el desarrollo de APT :

$$R_i = E(R_i) + F_1 \cdot \beta_{1i} + \ldots + F_k \cdot \beta_{ki} + e_i$$

Los factores F_k pueden ser considerados índices con relación a ciertas variables. Estos índices pueden ser conceptualmente iguales a los índices de rendimiento de los mercados accionarios como el de la Bolsa Mexicana de Valores, el Dow Jones o el Standard & Poor del New York Stock Exchange. La diferencia radica en la forma de realizar las ponderaciones, de manera que para los índices de mercados accionarios éstas pueden realizarse con base en valor, capitalización o asignando el mismo peso a todos los activos. En cambio, las ponderaciones en los índices de factores reflejan criterios de maximización o minimización con los que mejor se expliquen las varianzas de los rendimientos accionarios. Estos índices o factores pueden calcularse de manera que los residuales de la muestra no se correlacionen entre sí y por tanto sean ortogonales. El primer índice del modelo, F_1, está ponderado con la mayor cantidad de varianza de los datos de la muestra. El segundo índice, F_2, representa la mayor cantidad de varianza residual o no explicada por el primer factor, y así sucesivamente. La matriz de varianza y covarianza puede ser descompuesta en dos partes: una parte sistemática y otra residual:
Sea:

$$V = B \cdot \Phi \cdot B' + D$$

(2.01)

donde :

V → es la matriz de varianza-covarianza.

B → es la matriz de betas.

Φ → es la matriz de covarianza de los factores.

D → es la matriz de varianza residual.

El equivalente, en notación matricial, de la ecuación (2.1) se presenta a continuación :

$$\underset{(n \times n)}{\overset{V}{\begin{vmatrix} \sigma^2_{11} & \dots & \sigma^2_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \sigma^2_{n1} & \dots & \sigma^2_{nn} \end{vmatrix}}} = \underset{(n \times k)}{\overset{B}{\begin{vmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{1k} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \beta_{1k} & \dots & \beta_{1k} \end{vmatrix}}} \times \underset{(k \times k)}{\overset{\Phi}{\begin{vmatrix} F_{11} & \dots & F_{1k} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ F_{1k} & \dots & F_{1k} \end{vmatrix}}} \times \underset{(k \times n)}{\overset{B'}{\begin{vmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \beta_{1k} & \dots & \beta_{nk} \end{vmatrix}}} \quad \underset{(n \times n)}{\overset{D}{\begin{vmatrix} s^2_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & s^2_n \end{vmatrix}}}$$

Como se supone que los factores F_k son ortogonales, entonces sus covarianzas deben ser cero en la matriz Φ.

A partir de los valores conocidos de la matriz V se puede, por medio de algoritmos, descomponerla como se muestra en la ecuación (2.01), cumpliendo las restricciones impuestas sobre la matriz Φ.

Las técnicas de estimación utilizadas en este enfoque son la de "análisis factorial por máxima verosimilitud" y la de "análisis de la componente principal". Ambas han sido extensamente usadas para realizar estimaciones empíricas de APT. El análisis factorial ha sido utilizado en Roll y Ross (1980), Chen (1983), Lehman y Modest (1985), entre otros. Por su parte, el análisis de la componente principal ha sido utilizado en Chamberlain y Rothschild (1983) y Connor y Korajczyk (1985,1986), entre otros.

Los detalles de ambos métodos de estimación, así como sus diferencias, van más allá del objetivo del presente trabajo. Es útil mencionar que el consenso de los investigadores favorece al análisis factorial por su mayor eficiencia estadística, en relación con el análisis de la componente principal. El costo de esto, es una mucho mayor dificultad computacional que resulta al usar el primer método.

La estimación de la matriz de betas bajo este enfoque se topa con un grave problema, el cual se indica en Dhrymes[11]. Los resultados de la teoría de precios de arbitraje implican que el número de factores que afecta el rendimiento de activos, es el mismo para cualquier subconjunto de éstos, y además supone que el número de factores es menor al número de activos. En Dhrymes (1984) se muestra que con los métodos de descomposición de matriz de covarianza, el número de factores que afectan el rendimiento de los activos se incrementa con el número de activos considerados en la muestra, de manera que si se quiere mantener el mismo nivel de significancia, por ejemplo el 5%, con un grupo de 15 activos se encuentran 2 factores comunes, con un grupo de 30 activos, se encuentran 3 factores comunes, con un grupo de 45 activos se encuentran 4 factores comunes, y así sucesivamente. De acuerdo con Dhrymes esto ocurre debido a que en la medida que el número de activos se incrementa, el número de interrelaciones también se incrementa. Dhrymes concluye que no existe una necesaria conexión entre los factores encontrados en una muestra de activos siguiendo esta metodología, y los factores que verdaderamente son relevantes en APT.

2 Descomposición subjetiva de la matriz de varianza covarianza.

El segundo enfoque trata de subsanar el problema de identificación de factores a través del análisis factorial y el análisis de la componente principal. El investigador calcula la matriz de varianza covarianza de los rendimientos de los activos, y usando su juicio, escoge ciertos factores para encontrar la matriz de betas. Por ejemplo, en Huberman y Kandel (1985), los autores hacen notar que las correlaciones en los rendimientos accionarios son mayores entre empresas de tamaños similares. Por lo tanto, escogen un índice para empresas pequeñas, otro para medianas y otro para grandes, para ser utilizados como factores.

[11] Dhrymes P., Friend I. y Gultekin B., "A critical reexamination of the empirical evidence on Arbitrage Pricing Theory", Journal of Finance (1984) 39, pp 323-4

3 Identificación de factores a través de teoría económica

La descomposición de la matriz de covarianza con base en factores subjetivos o aún fundamentados a través de correlaciones entre muestras estadísticas, no constituye por sí mismo una alternativa sólida a los análisis factorial y de la componente principal.

Los factores comunes relevantes que afectan el rendimiento de los activos, esperamos encontrarlos en la teoría económica, y no exclusivamente en el terreno estadístico.

Entre los estudios realizados de acuerdo con este tercer enfoque se encuentran los de Fogler y Tipton (1981), Chan y Chen (1985), Chen, Roll y Ross (1986), Sweeney y Warga (1986), Shanken y Westein (1987) y Mc Elroy y Burmeister (1988).

Una lista representativa de los factores identificados en estos estudios es la siguiente :

- Cambios no anticipados en la tasa de inflación.
- Variaciones en la producción industrial, o en el consumo de bienes no duraderos, las cuales por lo general son no anticipadas.
- Cambios no anticipados en los premios al riesgo, medidos como la diferencia entre el rendimiento de bonos de baja y de alta calidad.
- Cambios no anticipados en la estructura temporal de las tasas de interés.

La identificación de los factores relevantes para México, constituye el núcleo económico de la presente investigación, del cual nos ocuparemos en la segunda sección del presente capítulo, y a lo largo del tercer capítulo.

Una vez estimada la matriz de betas por cualquiera de los tres enfoques que acabamos de explicar, los valores obtenidos de las betas se utilizan como *cargas* para estimar la ecuación (1.28) a través de regresiones en corte transversal, tal y como se mencionó al inicio de la presente sección.

Con la estimación de esta ecuación se obtienen los premios al riesgo λ_k, que deben ser iguales para todos los activos, si se cumple APT. La estimación de APT por el método de dos pasos, no está exento de problemas, como ya se advierte en, Gibbons (1982) y Mc Elroy y Burmeister (1988)[12]. El error más evidente de la técnica consiste en que las betas obtenidas en el primer paso no son las verdaderas, sino son sólo estimaciones. Los errores en la estimación en el primer paso se arrastran para la estimación de la ecuación (1.28) en el segundo paso. Las deficiencias en el método de estimación de dos pasos se conocían desde los trabajos de implementación de CAPM. En el trabajo de Miller y Scholes (1972) se demuestra formalmente que las estimaciones de las betas que contienen errores aleatorios (insesgados) en el primer paso, resultan en un sesgo hacia abajo en la estimación de los coeficientes de las betas, y en un sesgo hacia arriba en la estimación del intercepto, en la regresión de corte transversal o segundo paso[13].

Para mitigar este problema, los investigadores han optado por realizar las regresiones de series de tiempo del primer paso, no a partir de acciones aisladas sino a partir de portafolios, porque en la medida que los errores en la estimación de las betas de cada acción sean aleatorios, al formar portafolios, éstos se cancelarán y el error agregado en la beta del portafolio tenderá a ser muy pequeño[14].

La estimación de las regresiones en corte transversal a partir de portafolios se facilita debido a que en APT, al igual que en CAPM, la beta para el factor k-ésimo del portafolio es igual a la suma ponderada de las betas de los activos que lo forman :

$$\beta_{pk} = \sum_{i=1}^{n} \omega_i \cdot \beta_{ki}$$

donde:

β_{pk} $\rightarrow$ beta del portafolio para el factor k

[12] Se realiza una revisión extensiva de los problemas econométricos que surgen al realizar el análisis de regresión con base en variables explicativas generadas en Pagan, "Model Evaluation by variable addition", *Econometrics and quantitative analysis*, editado por David F y Wallis K, London Blackwell publishers.

[13] Debido a su importancia, al final del trabajo se incluye un apéndice con la demostración formal de este resultado.

[14] La demostración formal de que el error en la estimación de las betas, partiendo de portafolios, es sustancialmente menor al error en la estimación de betas aisladas, la remitimos al apéndice de Black, Jensen y Scholes (1978)

β_{ik} $\rightarrow$ beta del activo i para el factor k

El usar portafolios para estimar las regresiones en corte transversal tiene la ventaja de reducir los errores en la estimación de las betas en el primer paso. Sin embargo, estudios en los que se ha adoptado esta técnica se han topado con tres graves dificultades:

(i) Los premios al riesgo λ_k, no son robustos ante las diferentes ponderación que reciba un mismo conjunto de acciones en un determinado portafolio.

(ii) Los premios al riesgo λ_k, no son robustos ante diferentes criterios de agrupación en portafolios[15]. Cabe hacer notar que los criterios de agrupación más ampliamente usados en estudios de APT, se han realizado de acuerdo al tamaño de empresa y al tipo de industria.

(iii) Cuando la muestra de acciones es pequeña (como resulta ser para el caso mexicano) su agrupamiento en portafolios reduce los grados de libertad disponibles para la estimación de los premios al riesgo; además, los portafolios estimados a partir de muestras pequeñas tenderán a ser sustitutos más cercanos que los activos individuales, lo cual disminuye la precisión de la estimación.

Con la finalidad de subsanar el problema de la implantación de APT a través del método de dos pasos, en Mac Elroy y Burmeister (1988) se utiliza la técnica de *regresiones iterativas no lineales aparentemente no relacionadas* (ITNLSUR), con la cual se puede realizar una estimación conjunta de la matriz de betas y de los premios al riesgo λ_k, en APT. Esta técnica evita la pérdida de información que se presenta en el método de dos pasos, y considera de forma más adecuada las restricciones de corte transversal de la ecuación (1.28). Además, la estimación por regresiones no lineales aparentemente no relacionadas en su versión iterativa, es equivalente a la *estimación por máxima verosimilitud con información completa* (FIML), por lo cual el método resulta tener propiedades muy deseables para pruebas estadísticas.

[15] En Chen, Roll y Ross (1986) este problema resulta patente, por lo que los autores concluyen que se debe profundizar mucho más en la investigación sobre la relación entre criterios de agrupación de activos y las lambdas obtenidas.

Para finalizar la primera sección del presente capítulo, presentamos un cuadro en el que se resume la evolución de los trabajos de implantación empírica de APT. (Ver Cuadro 1)

PRINCIPALES ENFOQUES PARA LA IMPLANTACION EMPIRICA DE LA TEORIA DE PRECIOS DE ARBITRAJE				
	Enfoques estadísticos		**Enfoques con base en teoría económica**	
	Analisis algorítmico de la matriz de varianza y covarianza de los rend.	Descomposición de la matriz varianza y covarianza	Identificación de los factores a través de la teoría económica	Estimación simultánea de las sensibilidades y de premios al riesgo
Estudios que son más representativos	* Roll y Ross (1980) * Reinganum (1981) * Fogler (1982) * Chen (1983) * Dhrymes (1984) * Lehman y Modest (1985)	* Huberman y Kandel (1985) * Huberman y Kandel (1986) * Kandel y Stambagh (1987)	* Fogler y Tipton (1981) * Chan y Chen (1985) * Chen,Roll y Ross (1986) * Sweeney y Warga (1987) * Shanken y Weinstein (1987)	* Mc Elroy y Burmeister (1987) * Mc Elroy y Burmeister (1988)
Principales caraterísticas del enfoque	* Los factores son índices que explican varianza. * Estimación a través de análisis factorial o análisis de la componente principal * Enfoque de 2 pasos para implantar APT	* Los factores se seleccionan con base a criterios definidos por el investigador como lo es el tamaño de las empresas * Enfoque de dos pasos para llevar a la práctica de APT	* Busqueda de los factores comunes de riesgo con base en la teoría económica * Enfoque de dos pasos para la implantación de APT	* Busqueda de los factores comunes de riesgo con base en la teoría económica * Enfoque de estimación simultanea de las sensibilidades y los premios al riesgo para llevar a la práctica APT
Principales limitaciones del enfoque	* Las relacionadas con el enfoque de dos pasos * Los factores que se estiman no tienen una interpretación económica directa. * El número de los factores, crece junto con el tamaño de la muestra.	* Las relacionadas con el enfoque de dos pasos. * La forma de construir los factores se realiza con base a índices subjetivos	* Las relacionadas con el enfoque de dos pasos. * A pesar de que los factores se identifican a través de la teoría económica, esto no es condición necesaria para que los factores que se encuentran sean los relevantes	* Dificultad en la estimación * A pesar de que los factores se identifican a través de la teoría económica, esto no es condición necesaria de que los factores encontrados sean los relevantes

B. Factores de riesgo en la economía mexicana.

La actual investigación tiene como uno de sus objetivos importantes la identificación de los factores de riesgo que afectan el rendimiento de las acciones dentro del marco teórico de APT.

En el presente trabajo se adoptará el tercer enfoque utilizado para la verificación empírica de la teoría de precios de arbitraje, el cual tiene la ventaja de que los factores económicos encontrados tienen una significación económica directa. Sin embargo, es importante reconocer que el cuerpo de teoría existente hasta ahora no es capaz de explicar de una manera del todo satisfactoria la relación entre las variables económicas y el rendimiento de los activos.

En vista de lo anterior, en algunos trabajos, como por ejemplo, en Huberman (1988), se señala que la implantación de APT depende del juicio del investigador en cuanto que éste tiene que seleccionar las variables que aproximarán los factores de riesgo, en forma *a priori*.

A pesar de que la mayor parte de la teoría que explica la relación entre variables reales y financieras está aún pendiente de desarrollarse, esto no nos debe impedir utilizar el marco teórico existente sobre esta relación para llevar a la práctica la teoría APT.

Las investigaciones empíricas existentes sobre la relación entre variables macroeconómicas y los mercados de activos no son concluyentes. Sin embargo, esto no debe sorprendernos, ya que los modelos macroeconómicos de precios de activos que se encuentran sustentando estas investigaciones, han partido de enfoques diferentes.

En Tallman (1989)[16] se indica que en diferentes estudios sobre precios de activos, una de las más notables diferencias es el concepto de variables de estado. En ciertos modelos, se entiende por variables de estado a todo proceso que altera directamente las oportunidades de producción, consumo o inversión, que afecten a los agentes económicos. En otros modelos, se

[16] Tallman Ellis W. "Macroeconomic factors and asset excess return", *Atlanta Fed, Working paper 89-7*, (1989), p 4.

entiende por variables de estado a aquellas medidas que proporcionan información acerca de las oportunidades corrientes, o esperadas en el futuro, de producción consumo o inversión. Esta última definición es la más ampliamente usada en las estimaciones de APT, y será la que utilizaremos en el presente trabajo.

Por otra parte, sí ha existido cierto consenso en que la relación entre el rendimiento de activos, y la macroeconomía se reduce a una relación entre choques reales (de producción o de acervo de capital) y exceso de rendimiento de activos.
Sin embargo, existe un mucho menor consenso sobre cuáles son las variables que sirven como aproximaciones a dichos choques reales. En Barro (1981), el autor utiliza como aproximación de los choques macroeconómicos reales, a las variables relacionadas con la política monetaria y fiscal. Por otra parte, en Fama (1981) se sugiere que la correlación negativa observada entre el rendimiento accionario y la inflación sirve como aproximación a una relación positiva entre factores económicos reales y rendimiento de activos. Esto implicaría que el rendimiento accionario es un indicador adelantado de futuros rendimientos en la producción.

El trabajo que ha fundamentado en forma más sólida cuáles deben ser las variables que sirven como aproximación a los choques económicos reales que expliquen el rendimiento de los activos, es sin duda el de Chen, Roll y Ross[17]. Más adelante en esta misma sección explicaremos las parte esenciales de este trabajo, y siguiendo su metodología propondremos las variables a identificar, que sirvan como aproximación a los choques económicos reales para la economía mexicana.

A continuación, veremos los posibles choques reales y la manera en que afectan el rendimiento de los activos.

Partimos de un modelo macroeconómico de precios de activos utilizado en Tallman (1989), y que es muy similar a los que se proponen en Lucas (1978) y Brock (1982). Este tipo de modelos no solamente sirve para explicar el

[17] Chen Nai fu, Roll Richard y Ross Stephen A., "Economic forces and the stock market" *Journal of Business* (1986) 59, pp 383-403

rendimiento de acciones sino también el rendimiento de bonos. Las variaciones en el premio al riesgo para los activos se originan a través de choques en la economía . Se considera que el rendimiento esperado se define en términos de las elecciones intertemporales entre consumo y capital. Por otra parte, se supone que en la economía existen bonos con diferentes estructuras de plazo, por lo que existe un premio por liquidez que surge de las covarianzas entre la utilidad marginal del consumo y el rendimiento de los bonos libres de riesgo, un periodo adelante. Los choques reales, que son la fuente de incertidumbre y de la variación de los premios al riesgo de los activos, se introducen al modelo a través del acervo de capital. El choque real es de naturaleza estocástica y puede provenir de cualquier fuente, pero lo importante es que se reflejará inicialmente, siempre sobre el acervo de capital. Se considera que cada bien de capital una vez que entra en el proceso de producción en cada periodo, tendrá que permanecer en él hasta que el choque estocástico aparezca. Esto sugiere que el acervo de capital tiene un papel informativo acerca de los choques aleatorios anteriores, y transmite los efectos de dichos disturbios hacia diferentes periodos de tiempo.

Consideremos además que el rendimiento de los bonos y el precio de los activos riesgosos está dado respectivamente por las siguientes ecuaciones :

$$R_{bt2} = \rho^2 E_t \cdot [U'(C_{t+2})/U'(C_t)$$
(2.02)
$$= R_{bt1} \cdot E_t \cdot (R_{bt1}, t+1) + \mathrm{Cov}_t \cdot \{\rho \cdot [U'(C_{t+1})/U'(C_t)], R_{bt1}, t+1\}]$$

$$P_{it} = E_t \cdot \{ \sum_{s=t+1}^{\infty} \rho^{s-t} \cdot [U'(C_s)/U'(C_t)] \cdot \pi_{is}\}$$
(2.03)

Donde :

ρ → es el factor intertemporal de descuento.

Rb_{st} → es el rendimiento en t de un bono a plazo s.
C_t → es el consumo real en el periodo t.
P_{it} → es el precio del activo i en el periodo t.
π_{it} → es la utilidad generada por la empresa i pagada a los accionistas en el periodo t+1.

La ecuación (2.2) es igual a la que se presenta en Lucas(1978), excepto por la interpretación de π_{it}, que es diferente. Mientras que en Lucas los dividendos provienen de un resultado independiente de la dotación de capital productivo, aquí las utilidades provienen de la función producción a la cual se le resta la participación de los factores en la producción, que está expuesta a choques aleatorios que se manifiestan a través del acervo de capital. En el caso de funciones de producción homogéneas de grado uno, el capital se incluye como factor productivo y su participación dentro del producto, será la que dará origen a los dividendos repartidos a los accionistas.

Las ecuaciones (2.2) y (2.3) nos dicen de qué manera impactan los choques estocásticos a los premios al riesgo, tanto para acciones como para bonos de tasa fija. El periodo de maduración del activo determina las diferentes reacciones que sus premios tendrán ante diferentes tipos de choques. Las acciones son activos de vida infinita, de manera que las afectan las expectativas sobre todos los periodos en el futuro. En contraste, los bonos tienen un plazo de maduración y su precio se determinará con base en las expectativas de consumo dentro de este plazo.

Así pues, un choque permanente que reduzca la producción en cierto porcentaje, en todos los periodos futuros subsecuentes, con relación al nivel que se esperaba, ocasionará que el valor de los activos riesgosos caiga sustancialmente, puesto que el valor de las acciones es el valor descontado de todos los derechos que este título otorga sobre la producción de la empresa. Por su parte, el valor de los bonos aumenta puesto que al ser de tasa fija entrega el mismo número de unidades de consumo, que ante el choque son ya más valiosas.

En breve, ante choques permanentes, el premio al riesgo accionario disminuye, mientras que el premio de los bonos aumenta.

Los choques temporales disminuyen el premio al riesgo de los activos con vida infinita en mucho menor proporción que en el caso del choque permanente. El efecto de los choques temporales sobre los bonos tiende a que se incrementen sus premios en forma similares como lo harían ante choques permanentes.

En general, los premios recibidos por los activos riesgosos, están correlacionados positivamente con choques permanentes en la producción y el consumo. El premio en los bonos está correlacionado negativamente ya sea con choques temporales o permanentes.

Este modelo nos provee de un marco teórico sobre la relación de variables reales y financieras. Sin embargo, los choques reales, para la realización de estudios empíricos deben ser aproximados con estadísticas económicas disponibles.

Como ya se dijo anteriormente en esta sección, se han propuesto diferentes variables como aproximación a los choques económicos. En este trabajo utilizaremos la metodología propuesta en Chen, Roll y Ross (1986) para identificar dichas variables.

Esta metodología es bastante directa, ya que parte de una versión simplificada de la ecuación (2.03), la cual presentamos a continuación:

$$P_{it} = \sum_{t=1}^{\infty} \{ \pi_{it} / (1+k_i)^t \} \quad (2.04)$$

Donde :

K_i → es la tasa de descuento apropiada.

De acuerdo con Chen, Roll y Ross, las variables que sirven como aproximación a los choques económicos deben encontrarse entre aquéllas que afectan directamente a los parámetros de esta ecuación, es decir, al flujo de efectivo obtenido de las operaciones de la empresa, y la tasa de descuento apropiada.

Los autores continúan proponiendo *a priori* las variables que pueden afectar la ecuación, justificando esto a través de argumentos heurísticos.

Con pocas excepciones, los trabajos realizados en esta materia proponen a las siguientes variables como aproximaciones de factores de riesgo sistemático.

- Sorpresas en los niveles de inflación.
- Crecimiento en la producción, que en sí misma es no esperada.
- Variaciones no anticipadas de los premios al riesgo de insolvencia.
- Cambios no anticipados en la estructura temporal de tasas de interés.

Estos factores han sido ampliamente usados en la literatura, pero no tienen por qué ser necesariamente las únicas aproximaciones válidas a los choques económicos

En la economía mexicana, sólo algunas de las anteriores variables, y otras que propondremos a continuación, parecen ser las más adecuadas para estudios de implantación empírica de APT.

Las variables que propondremos como candidatas a ser buenas aproximaciones a los factores de riesgo sistemático en la economía mexicana son las siguientes:

- La inflación inesperada.
- El crecimiento de la producción industrial.
- Variaciones sorpresivas en el índice Dow Jones.
- Variaciones no esperadas en la estructura temporal de tasas.

Estas variables son similares a las candidatas que se presentan para la economía mexicana en De La Calle (1991).

Los principales argumentos para incluir estas variables se presentan a continuación:

Por un lado la tasa de descuento; ésta depende de la tasa libre de riesgo real y de la tasa de inflación; consecuentemente la variaciones no anticipadas en ésta última afectan la valuación de los activos. Como la tasa de descuento relevante es un promedio de tasas en el tiempo, los cambios en la estructura temporal de tasas entre instrumentos de diferentes plazos, le afectan directamente. Ante una economía cada vez más globalizada es de esperarse que los diferentes riesgos internacionales afecten a la tasa de descuento relevante. Por otro lado, los flujos de efectivo se ven afectados por cambios no anticipados en la tasa de inflación, en la medida que la determinación de precios se lleva a cabo en términos reales, asimismo, en la medida que la variación en precios relativos se vea afectada con el nivel general de inflación, también existirán cambios en la valuación de activos. Finalmente, los cambios en la producción industrial afectan en forma directa el valor de los flujos. En tanto que los premios al riesgo no capturen la incertidumbre en la producción industrial, las innovaciones productivas impactarán el rendimiento accionario a través del flujo de efectivo.

CAPITULO III : CALCULO Y PRUEBAS ESTADÍSTICAS.

A. Datos.

Las series de tiempo de cada una de las variables requeridas para la instrumentación de la ecuación (1.28), constan de 50 observaciones con periodicidad mensual, las cuales cubren los cuatro años que van de 1988 a 1991. Se eligió este periodo debido a que se trata de una etapa reciente, por la que atravesó la economía mexicana. Esta etapa resulta ser de gran interés para la investigación económica, ya que en ella se han presentado numerosos cambios entre los cuales se pueden destacar: la reducción en la tasa de inflación y la profundización en los procesos de reprivatización y apertura comercial. Ante un mercado con tantos cambios, resulta particularmente interesante la manera en que éste ha asignado precios a los diferentes tipos de activos con diferente riesgo. Las series utilizadas en la investigación se pueden dividir en dos categorías. Por un lado se encuentran las que se requieren para la construcción de los factores comunes de riesgo identificados en el capítulo II, y estas son:

(i) El índice nacional de precios al consumidor publicado por Banco de México.

(ii) El índice Dow Jones del mercado accionario de Nueva York, que publica la agencia del mismo nombre.

(iii) El índice de producción industrial publicado por Banco de México y

(iv) El rendimiento mensual de los Certificados de la Tesorería de la Federación, CETES, para los plazos a 28 y 91 días.

Es importante mencionar que la tasa de CETES a 91 días también será utilizada como aproximación a la tasa libre de riesgo. Por otro lado se encuentran las series de rendimiento de las acciones incluidas en la muestra. A continuación mencionaremos los criterios adoptados para el muestreo. Partimos de la idea de que el propósito del muestreo consiste en seleccionar aquella parte de la población que sea capaz de representarla en forma

adecuada, ya que una muestra representativa debe contener las características esenciales que posé la población.
Antes de realizar el muestreo es necesario determinar la población objetivo y la población bajo muestreo. De acuerdo con la teoría de precios de arbitraje, la estructura de determinación de precios que ésta especifica debe ser la misma para todos los activos de la economía, de manera que el conjunto de todos ellos constituye la población objetivo de la presente investigación. Por simplicidad en la realización del estudio, y sobre todo debido a la disponibilidad de información, la población bajo muestreo está formada por las acciones de las empresas inscritas en la Bolsa Mexicana de Valores. En relación con la diferencia entre ambas poblaciones cabe destacar lo que se indica en Guerrero (1989), y ésta radica en que los procedimientos estadísticos y la inferencia en general son válidos para la población del marco muestral y no necesariamente para la población objetivo. Sin embargo, mientras más similares sean ambas poblaciones mayor será la utilidad de los resultados muestrales. El siguiente paso es definir el criterio de selección o tipo de muestreo. Existen esquemas de muestreo probabilístico y de muestreo no probabilístico; aunque el primer tipo en general es preferible porque permite medir la precisión de sus resultados, el segundo a veces se utiliza por necesidades específicas del estudio en consideración. Debido a las muy particulares características de la población bajo muestreo, y dada la naturaleza de la investigación, consideramos más apropiado el uso del muestreo no probabilístico, específicamente el muestreo intencional. Se adoptó esta técnica debido a que del total de acciones de empresas inscritas en bolsa, solamente sobre un grupo de ellas se realiza casi la totalidad de la actividad bursátil en el país. Por lo tanto era necesario realizar un esfuerzo deliberado por incluir en la muestra a esas acciones, ya que de otra forma la muestra quizá no sería tan representativa de la población. Es importante aclarar que los precios de las acciones elegidas han sido ajustados por "splits", dividendos y suscripciones, con la finalidad de que se pueda reflejar fielmente el rendimiento de las mismas.
Todas las series de tiempo originales utilizadas en la presente investigación se encuentran disponibles en el anexo estadístico.

B. Construcción de los factores comunes de riesgo.

El desarrollo de la Teoría de Precios de Arbitraje parte del supuesto de que todos los inversionistas están de acuerdo en que el rendimiento de cualquier activo está gobernado por una función lineal de k factores, la cual se muestra a continuación :

$$R_i = E(R_i) + F_1 \cdot \beta_{1i} + \ldots + F_k \cdot \beta_{ki} + e_i$$

Los factores comunes de riesgo deben tener media cero, y no deben estar correlacionados entre sí.

La construcción de estos factores se realiza con base en las variables económicas relevantes identificadas en el capítulo II, y que serán aproximadas por las series de tiempo de las que hablamos en la sección de datos de este mismo capítulo.

Los factores se construyen de la siguiente manera:

$F_2 = \Delta\%\ \text{Dow} - E(\Delta\%\ \text{Dow})$ → Sorpresa DJI.

$F_1 = \pi - E(\pi)$ → Sorpresa inflación.

$F_3 = Q - E(Q)$ → Sorpresa producción.

$F_4 = \Delta\ (\text{CETES 91} - \text{CETES 28})$ → Δ en premio temporal.

Es muy importante hacer notar que tres de las cuatro series económicas tomadas en consideración son estacionarias en su primer momento, es decir las diferentes observaciones fluctúan alrededor de un mismo nivel; este hecho facilitó la estimación del operador de expectativas para las series de inflación, índice Dow Jones y el índice de la producción industrial. Por lo tanto, los vectores para estos factores se construyeron como la diferencia entre la observación j-ésima de cada serie, y el valor de la media de la misma, es decir que para cada una de estas variables el factor j-ésimo de riesgo viene dado por:

$$F_{Dow} = Dow_j - \overline{Dow}$$

$$F_{\pi j} = \pi_j - \bar{\pi}$$

$$F_Q = Q - \overline{Q}$$

donde:

Dow	$\rightarrow$	Indice Dow Jones Industrials 30.
π	$\rightarrow$	Inflación.
Q	$\rightarrow$	Indice de producción industrial.

El cuarto factor, (F_{spread}) se construye tomando la primera diferencia del resultado de restar el rendimiento de CETES a 91 días menos el rendimiento de CETES a 28 días.

Para que estos factores puedan considerarse válidos dentro del marco teórico de APT, deben de cumplir con las restricciones impuestas por la ecuación (1.28), es decir:

$$E(F_k) = 0$$
$$E(F_h * F_k) = 0$$

La verificación de que $E(F_k) = 0$, es relativamente sencilla, ya que solamente requiere de que el promedio aritmético de la serie no sea significativamente distinto de cero, los factores estimados cumplen sin dificultad este supuesto (Ver tabla 3.1).

TABLA 3.1

Factor de Riesgo	Valor Esperado
F_{Dow}	0
$F_{\pi j}$	0
F_Q	0
F_{Spread}	0

Fuente: Anexo 2

Con el fin de verificar que $E(F_h * F_k) = 0$, se calculó la matriz de correlación de los cuatro factores, así como su inversa. Generalmente se acepta que si ninguno de los elementos de la matriz es mayor que 0.5, entonces los factores no se encuentran correlacionados. Si además la inversa de la matriz de correlación está definida, entonces se obtiene evidencia suficiente en favor de que sus elementos no se encuentran correlacionados, al no ser ninguno de ellos el resultado de una combinación lineal de los otros. Los resultados obtenidos muestran que ninguno de los elementos de la matriz de correlación (diferentes de aquellos que forman la diagonal principal que por definición son uno) son mayores en valor absoluto a 0.3, además de que la matriz inversa se encuentra definida, por lo que se puede concluir que los factores estimados se encuentran difícilmente correlacionados. (Ver tablas 3.2 a y b)

TABLA 3.2a : Matriz de Autocorrelación

	F_{Dow}	$F_{\pi j}$	F_Q	F_{Spread}
F_{Dow}	1.000	-0.030	-0.021	-0.024
$F_{\pi j}$	-0.030	1.000	-0.015	-0.016
F_Q	-0.021	-0.015	1.000	-0.009
F_{Spread}	-0.024	-0.016	-0.009	1.000

TABLA 3.2b : M. Inv. de Autocorrelación

	F_{Dow}	$F_{\pi j}$	F_Q	F_{Spread}
F_{Dow}	1.002	0.030	0.022	0.024
$F_{\pi j}$	0.030	1.001	0.015	0.017
F_Q	0.022	0.015	1.001	0.010
F_{Spread}	0.024	0.017	0.010	1.001

C. Estimación de las sensibilidades a los factores y de los premios al riesgo

El cálculo del modelo se hizo utilizando el método de dos pasos explicado en la primera parte del capítulo II. A continuación se explican los principales aspectos relacionados al proceso de estimación, y posteriormente se presentan los resultados, dejando la interpretación a la cuarta parte de este mismo capítulo.

1.- Primer paso : Estimación de las sensibilidades a los factores o matriz de betas.

La ecuación :

$$R_i = E(R_i) + \sum_{1=j}^{k} F_{ij} \cdot \beta_{ij} + e_i$$

puede expresarse también como :

$$R_i - E(R_i) = \sum_{1=j}^{k} F_{ij} \cdot \beta_{ij} + e_i$$

Si definimos a :

$$r_i = R_i - E(R_i)$$

Entonces la ecuación puede re-expresarse como :

$$r_i = \sum_{1=j}^{k} F_{ij} \cdot \beta_{ij} + e_i \qquad (3.01)$$

Es con esta ecuación con la que se calcula el primer paso en la estimación de APT, la cual se realiza a través de mínimos cuadrados ordinarios. Además, es importante mencionar que la estimación de los rendimientos esperados de los activos se estimó como el promedio de la serie de rendimientos. Las regresiones se corren haciendo que la constante de regresión sea igual a cero. Los resultados obtenidos muestran que para muchos de los activos considerados, las sensibilidades a los factores de riesgo propuesto son significativas. (Ver tabla 3.3)

2.- Segundo paso : Estimación de los premios al riesgo.

La ecuación a estimar en el segundo paso en la versión original es :

$$E(R_i) = R_f + \sum_{1=j}^{k} \lambda_j \cdot \beta_{ij}$$

la cual puede re-expresarse como :

$$E(R_i) - R_f = \sum_{1=j}^{k} \lambda_j \cdot \beta_{ij}$$

sea $r_i' = E(R_i) - R_f$ entonces la ecuación queda

$$r_i' = \sum_{1=j}^{k} \lambda_j \cdot \beta_{ij} \qquad (3.2)$$

La regresión en el segundo paso se realiza partiendo de la ecuación (1.29) reexpresada como en la ecuación (3.2).

En la presente investigación se calcularon dos conjuntos de regresiones en corte transversal para el año de 1991. El primer conjunto de regresiones se realizó tomando como variables explicativas a los vectores de betas obtenidos en el primer paso. El vector de variables de respuesta se forma por los excesos de rendimientos obtenidos en cierto periodo por cada una de las acciones consideradas en la muestra. El segundo conjunto de regresiones utiliza como variables de respuesta a los excesos de rendimiento obtenidos por portafolios formados con las acciones de la muestra. Los vectores de betas de los portafolios se calculan como el promedio de las betas de cada una de las acciones, ponderado por la participación de cada una de ellas dentro de los diferentes portafolios. (Ver tabla 3.3)

Para ambos conjuntos de regresiones se realizaron 18 diferentes cortes transversales: 12 para rendimiento mensual, 4 para el rendimiento trimestral, 2 para el rendimiento semestral.

Antes de presentar los rendimientos de las regresiones es importante mencionar de que forma se construyeron los portafolios. El criterio de agrupación fue de acuerdo a la industria a la que pertenece el principal producto o servicio de la empresa representada por las acciones consideradas en la muestra.

Las 37 acciones consideradas en la muestra se agruparan en 13 portafolios, de los cuales 12 corresponden a 12 industrias identificadas, quedando un portafolio formado por empresas que fueron difíciles de clasificar dentro de una sola industria. Es importante aclarar que los portafolios quedaron formados por acciones cuya participación dentro del mismo está igualmente ponderada. Los 13 portafolios y cada una de las acciones que lo forman se muestran en la tabla. (Ver tabla 3.4) También se presentan los resultados obtenidos en las regresiones en corte transversal. (Ver tablas 3.5 y 3.6)

D. Interpretación de los resultados

La interpretación de los resultados se realizará con relación a los siguientes aspectos:

1. Ajuste estadístico.
2. Comparación entre las regresiones con acciones y con portafolios.
3. Porcentaje al rendimiento explicado por los premios al riesgo estimado y las sensibilidades a los factores.

1. Ajuste estadístico.

En ambos conjuntos de regresiones se siguió la metodología econométrica tradicional para verificar la calidad en el ajuste estadístico. Se verifica el poder explicativo de las variables propuestas, ya sea por separado o en conjunto, para lo cual se utilizan los estadísticos t y F respectivamente. Con la finalidad de verificar que el modelo ha logrado utilizar eficientemente toda la información que proporcionan las variables se realiza el análisis de residuales, los cuales deben tener varianza constante y no estar autocorrelacionados. Las pruebas de homoscedasticidad se realizaron mediante la estimación del estadístico S de Bartlett. Las pruebas de no autocorrelación serial se realizan mediante la estimación del estadístico Q de Box y Pierce.

TABLA 3.3 BETAS ESTIMADAS

	β dow	β infl	β IPI	β spread	Prueba F		β dow	β infl	β IPI	β spread	Prueba F
Alfa	1.363	5.620	-0.138	-0.043	29.850	Femsa	1.163	4.828	-0.046	0.743	11.198
Estadístico t	3.963	10.027	-0.343	-0.098		Estadístico t	2.372	6.044	-0.080	1.193	
Apasco	0.766	1.790	0.153	1.266	6.807	Frisco	0.390	1.193	0.736	0.379	4.836
Estadístico t	2.392	3.430	0.410	3.112		Estadístico t	1.710	3.209	2.767	1.308	
Bacomer	1.006	2.785	0.554	1.515	10.455	Gissa	0.482	9.824	-0.940	0.331	81.820
Estadístico t	2.814	4.780	1.328	3.335		Estadístico t	1.368	17.103	-2.286	0.739	
Banamex	1.207	2.992	0.678	1.324	11.866	Gmexico	-0.095	2.589	0.738	0.122	8.988
Estadístico t	3.426	5.211	1.650	2.957		Estadístico t	-0.350	5.828	2.321	0.353	
Bimbo	0.152	2.438	0.031	0.791	7.909	Intenal	0.357	4.130	0.699	1.212	13.980
Estadístico t	0.514	5.060	0.089	2.106		Estadístico t	0.974	6.907	1.634	2.599	
Camesa	0.041	5.028	-0.456	-0.332	25.523	Kimber	0.467	0.880	-0.236	0.752	7.108
Estadístico t.	0.128	9.597	-1.217	-0.813		Estadístico t	2.533	2.927	-1.096	3.209	
Cbacci	1.051	2.111	0.138	1.212	10.063	Livepol	0.129	2.090	0.143	0.984	10.593
Estadístico t	3.473	4.282	0.392	3.152		Estadístico t	0.549	5.476	0.524	3.306	
Cbobsa	0.542	-1.046	0.065	1.072	2.831	Nadro	1.108	2.872	0.336	1.453	3.569
Estadístico t	1.524	-1.807	0.156	2.373		Estadístico t	1.767	2.810	0.460	1.823	
Celanes	0.634	3.355	0.370	-0.036	16.904	Peñoles	0.093	2.096	-0.512	0.237	6.797
Estadístico t	2.438	7.921	1.222	-0.108		Estadístico t	0.327	4.517	-1.543	0.655	
Cemex	1.583	3.118	0.449	1.689	15.010	Ponder	-0.070	-0.290	0.356	-0.467	0.414
Estadístico t	4.381	5.294	1.065	3.678		Estadístico t	-0.163	-0.418	0.717	-0.863	
Ceramic	-0.157	-0.994	0.642	-0.116	5.291	Sanborn	0.400	0.195	-0.275	0.879	7.574
Estadístico t	-0.772	-3.007	2.714	-0.449		Estadístico t	2.572	0.772	-1.519	4.449	
Cifra	0.468	0.679	0.036	0.867	3.264	Sanluis	0.221	1.530	0.628	0.208	2.381
Estadístico t	1.824	1.623	0.119	2.658		Estadístico t	0.657	2.788	1.597	0.487	
Codumex	0.493	1.464	0.605	0.890	7.359	Serfin	0.026	2.792	1.170	1.466	7.192
Estadístico t	2.083	3.796	2.192	2.960		Estadístico t	0.065	4.200	2.458	2.827	
Contal	0.746	6.537	0.106	2.413	20.149	Sidek	1.264	3.804	0.008	0.472	11.620
Estadístico t	1.460	7.855	0.177	3.717		Estadístico t	3.197	5.904	0.017	0.939	
Crisoba	0.401	0.529	-0.182	0.140	2.365	Synkro	0.063	2.033	0.268	0.461	5.858
Estadístico t	2.166	1.753	-0.843	0.596		Estadístico t	0.231	4.617	0.850	1.341	
Cydsasa	0.495	3.285	0.624	0.370	13.607	Tamsa	0.078	0.258	-1.715	-1.501	5.899
Estadístico t	1.744	7.105	1.886	1.027		Estadístico t	0.198	0.401	-3.733	-2.998	
Desc	0.948	1.818	0.577	0.971	7.989	Telmex	1.087	0.508	0.973	0.749	6.795
Estadístico t	3.226	3.797	1.685	2.600		Estadístico t	3.831	1.099	2.942	2.077	
Ericson	0.407	2.066	0.319	0.289	5.275	Visa	0.173	-1.203	0.955	-0.008	4.105
Estadístico t	1.392	4.332	0.934	0.777		Estadístico t	0.563	-2.410	2.672	-0.022	
						Vitro	1.197	2.621	-0.077	0.947	13.789
						Estadístico t	4.113	5.524	-0.225	2.560	

TABLA 3.4 : BETAS DE PORTAFOLIO

	ß dow	ß infl	ß IPI	ß spread
[illegible]				
Apasco	0.77	1.79	0.15	1.27
Cemex	1.58	3.12	0.45	1.69
Ceramic	(0.16)	(0.99)	0.64	(0.12)
[illegible]				
Bacomer	1.01	2.79	0.55	1.52
Banamex	1.21	2.99	0.68	1.32
Cbacci	1.05	2.11	0.14	1.21
Cbobsa	0.54	(1.05)	0.06	1.07
Intenal	0.36	4.13	0.70	1.21
Serfin	0.03	2.79	1.17	1.47
[illegible]				
Camesa	0.04	5.03	(0.46)	(0.33)
Sidek	1.26	3.80	0.01	0.47
Tamsa	0.08	0.26	(1.72)	(1.50)
[illegible]				
Bimbo	0.15	2.44	0.03	0.79
Contal	0.75	6.54	0.11	2.41
Femsa	1.16	4.83	(0.05)	0.74
[illegible]				
Alfa	1.36	5.62	(0.14)	(0.04)
Celanes	0.63	3.36	0.37	(0.04)
Cydsasa	0.49	3.28	0.62	0.37
[illegible]				
Codumex	0.49	1.46	0.60	0.89
Ericson	0.41	2.07	0.32	0.29

	ß dow	ß infl	ß IPI	ß spread
[illegible]				
Crisoba	0.40	0.53	(0.18)	0.14
Kimber	0.47	0.88	(0.24)	0.75
Ponder	(0.07)	(0.29)	0.36	(0.47)
[illegible]				
Cifra	0.47	0.68	0.04	0.87
Livepol	0.13	2.09	0.14	0.98
Nadro	1.11	2.87	0.34	1.45
Sanborn	0.40	0.20	(0.28)	0.88
[illegible]				
Frisco	0.39	1.19	0.74	0.38
Gmexico	(0.10)	2.59	0.74	0.12
Peñoles	0.09	2.10	(0.51)	0.24
[illegible]				
Desc	0.95	1.82	0.58	0.97
Sanluis	0.22	1.53	0.63	0.21
Gissa	0.48	9.82	(0.94)	0.33
[illegible]				
Synkro	0.06	2.03	0.27	0.46
[illegible]				
Telmex	1.09	0.51	0.97	0.75
[illegible]				
Visa	0.17	(1.20)	0.95	(0.01)
Vitro	1.20	2.62	(0.08)	0.95

PREMIOS AL RIESGO RESULTANTES DE RENDIMIENTOS DE ACCIONES SELECCIONADAS

Trimestrales	Constante	β Dow	β Infl	β IPI	β Spread	R^2	F Est.	Q Est.	S^2 Est.
I	9.43%	-7.44%	3.38%	3.46%	-2.02%	37.94%	4.890	9.26	1.71
	1/	-1.91	4.26	1.06	-0.72				
II	2.11%	-2.90%	6.10%	-2.45%	-3.76%	49.91%	7.972	3.71	2.21
		-0.49	5.04	-0.49	-0.88				
III	14.93%	-7.60%	7.27%	0.33%	4.59%	67.55%	16.650	4.75	3.81
		-1.55	7.26	0.08	1.30				
IV	9.48%	5.19%	2.31%	-9.93%	4.42%	38.41%	4.988	3.82	3.63
		0.95	2.08	-2.18	1.13				
Mensuales									
1	5.92%	1.24%	0.88%	0.03%	-1.28%	17.19%	1.661	7.41	11.83
		0.62	2.14	0.02	-0.88				
2	4.42%	-3.55%	0.70%	3.58%	-0.69%	20.01%	2.001	8.31	4.80
		-1.68	1.64	2.03	-0.46				
3	-0.90%	-4.38%	1.46%	-0.33%	0.01%	23.31%	2.431	6.81	1.74
		-1.66	2.72	-0.15	0.00				
4	-1.08%	1.19%	1.78%	-5.29%	2.35%	36.64%	4.627	5.76	6.21
		0.35	2.56	-1.86	0.96				
5	-1.24%	-9.18%	2.35%	4.89%	-3.65%	35.76%	4.454	3.72	3.13
		-2.55	3.19	1.62	-1.41				
6	4.20%	5.49%	1.50%	-2.50%	-1.01%	41.70%	5.722	4.72	2.31
		2.08	2.79	-1.13	-0.53				
7	5.82%	-8.54%	2.39%	4.45%	-0.20%	47.27%	7.171	11.54	5.53
		-3.37	4.63	2.10	-0.11				
8	4.72%	-1.49%	1.52%	-3.02%	4.82%	41.48%	5.671	9.56	1.05
		-0.55	2.77	-1.33	2.48				
9	4.01%	4.77%	1.90%	-1.36%	-0.75%	64.07%	14.264	3.34	2.25
		2.67	5.21	-0.91	-0.59				
10	3.21%	1.20%	0.79%	-4.55%	1.61%	21.77%	2.226	3.00	1.27
		0.40	1.28	-1.80	0.74				
11	3.21%	5.64%	0.70%	-2.35%	-0.11%	24.12%	2.542	15.77	1.61
		1.90	1.16	-0.94	-0.05				
12	3.80%	-1.79%	0.53%	-1.60%	2.14%	15.43%	1.460	15.61	2.85
		-0.90	1.31	-0.96	1.50				
Semestrales									
I	10.97%	-10.45%	11.22%	0.57%	-7.10%	57.69%	10.908	2.29	2.82
		-1.18	6.21	0.08	-1.11				
II	24.69%	-3.35%	12.10%	-13.47%	12.10%	68.57%	17.449	5.24	11.22
		-0.36	6.39	-1.73	1.81				

1/ t de Student

PREMIOS AL RIESGO RESULTANTES DE RENDIMIENTOS DE PORTAFOLIOS

Trimestrales	Constante	β Dow	β Infl	β IPI	β Spread	R^2	F Stat.	Q Stat.	S^2 Stat.
I	8.54%	-15.97%	4.69%	10.83%	0.34%	48.49%	7.53	4.70	2.85
	1/	-1.70	2.46	1.30	0.06				
II	-5.22%	10.98%	3.51%	2.56%	-7.02%	37.15%	4.73	4.98	8.19
		1.61	0.92	-0.49	-0.24				
III	5.26%	5.74%	9.17%	-0.63%	5.62%	82.64%	38.08	5.76	0.94
		0.53	5.10	0.29	1.21				
IV	15.30%	7.54%	3.82%	-4.81%	7.99%	24.13%	2.54	7.73	2.35
		0.46	0.00	-1.30	1.04				
Mensuales									
1	3.50%	8.02%	0.56%	-2.78%	-0.76%	54.80%	9.70	3.83	1.63
		2.55	0.89	-1.00	-0.41				
2	3.53%	-6.46%	1.43%	9.83%	-0.82%	44.19%	6.33	2.95	1.11
		-1.35	1.51	2.32	-0.29				
3	1.08%	-14.39%	2.08%	2.66%	1.62%	52.88%	8.98	4.35	5.35
		-2.47	1.79	0.51	0.47				
4	-5.41%	20.53%	-0.63%	-16.81%	2.58%	51.14%	8.37	2.49	6.44
		2.36	-0.37	-2.17	0.60				
5	-2.23%	-11.73%	2.53%	14.42%	-3.41%	39.25%	5.17	2.84	4.07
		-1.49	1.61	2.06	-0.74				
6	3.56%	11.83%	0.02%	-5.25%	0.25%	37.50%	4.80	9.90	1.53
		1.81	0.48	-0.91	0.07				
7	1.03%	-3.01%	2.67%	5.06%	-1.21%	39.83%	5.30	5.05	0.46
		-0.51	2.29	0.97	-0.35				
8	0.66%	0.00%	2.45%	-1.53%	5.49%	76.63%	26.23	3.97	0.58
		0.00	3.42	-0.48	2.59				
9	4.50%	6.85%	1.25%	-2.58%	0.20%	72.42%	21.00	6.23	0.18
		2.68	2.45	-1.13	0.13				
10	0.02%	-5.55%	-0.34%	-4.92%	2.09%	37.47%	4.79	7.60	1.81
		-1.19	-0.37	-1.19	0.76				
11	4.22%	5.25%	0.48%	-0.14%	0.13%	8.57%	0.75	8.16	0.59
		0.66	0.31	-0.02	0.03				
12	1.79%	5.71%	-0.40%	-7.74%	4.31%	80.23%	32.46	8.60	3.49
		3.02	-1.05	-4.61	3.88				
Semestrales									
I	0.40%	11.52%	8.54%	3.69%	-1.98%	58.94%	11.48	5.38	2.92
		0.77	2.86	0.28	-0.22				
II	18.43%	13.30%	10.18%	-18.42%	19.18%	71.63%	20.20	11.21	4.38
		0.73	2.83	-1.15	1.80				

1/ t de Student

(i) Significancia de las variables.

Para las regresiones en corte transversal realizadas a partir de rendimientos formados por los 35 activos de la muestra, corresponden a un valor crítico del estadístico t para 32 grados de libertad de 1.68 al 90% de confianza. En todos los cortes transversales el factor de inflación no esperada resulto ser el más significativo; en efecto, en 15 de los 18 cortes transversales, es decir en el 80% de los casos, el valor calculado del estadístico t fue superior a su valor crítico. El segundo factor más significativo resultó ser el de las variaciones no esperadas en el rendimiento del índice Dow Jones, cuyo estadístico t estimado obtuvo un valor mayor al crítico en 6 cortes transversales, es decir en el 30% de los casos. El tercer factor más significativo resulto ser el índice de la producción industrial, al cual correspondió un valor calculado de su estadístico t superior al valor crítico en 5 cortes transversales, es decir en el 27% de los casos. El factor menos significativo resulto ser el diferencial entre las tasas de interés a largo y corto plazo, cuyas t calculadas solamente fueron superiores al valor crítico en dos cortes transversales.

Por otra parte, también se realizaron pruebas de significancia conjunta para los parámetros λj estimados en las regresiones. Se plantea la hipótesis nula tradicional:

$$H_0 = \lambda_1 = \ldots = \lambda_4 = 0,$$

la cual se pretende rechazar.

En presencia de residuales distribuidos normalmente, un valor estimado del estadístico F mayor al valor crítico, es suficiente para rechazar la hipótesis nula. El valor crítico del estadístico con 4 y 32 grados de libertad es de 3.87 con un nivel de significancia del 10%. El valor estimado de la F fue superior al valor crítico en 12 de los 18 cortes transversales. Esto implica que los parámetros ajustados en las regresiones en corte transversal resultaron conjuntamente significativos en el 66% de los casos con un nivel de confianza del 90%.

Las regresiones en corte transversal estimadas usando un vector de rendimiento formado por 13 portafolios les corresponde un valor crítico del estadístico t con 8 grados de libertad de 1.83 con un nivel de confianza del 90%.
Nuevamente el factor de la inflación no esperada fue el más significativo en el mayor número de casos. En 8 de los 18 cortes transversales el estadístico t calculado para este factor resultó superior al valor crítico, lo cual implica que es significativo en el 44% de los casos. El segundo mejor factor volvió a ser el de las sorpresas en el rendimiento del índice Dow Jones, resultando ser significativo nuevamente en 6 cortes transversales, o sea en el 30% de los casos. El tercer factor más significativo fue en esta ocasión el diferencial de tasas de interés a largo y corto plazo, al cual correspondió un valor calculado del estadístico superior al valor crítico en tres cortes transversales lo cual representa el 16% de los casos. El factor menos significativo fue el crecimiento de la producción industrial. El estadístico t calculado para este factor sólo resultó mayor al valor crítico en 2 cortes transversales, es decir en sólo un 11 % de los casos.

Los resultados de significancia conjunta de los factores son para las regresiones con portafolios mucho mejores que las regresiones realizadas con base en acciones aisladas, a pesar de la reducción en los grados de libertad.
El valor crítico del estadístico F con 4 y 8 grados de libertad es de 3.95 al 10 % de significancia. El estadístico F calculado, resultó mayor que el valor crítico en 16 de los 18 cortes transversales. Esto tiene la importante implicación de que en 88% de los casos los coeficientes de prima al riesgo estimados prueban ser significativamente distintos de cero.

Este resultado confirma, parcialmente, que las regresiones en corte transversal se realizan mejor con portafolios, tal y como se mencionó en el capítulo II.

(ii) Los estadísticos S y Q.

En ocasiones el supuesto de varianza constante en los errores o homoscedasticidad no se cumple; esto trae como consecuencia que los estimadores de mínimos cuadrados sean ineficientes, esto es, que no sean de varianza mínima; además, las varianzas de los parámetros estimados son a su vez estimadores sesgados de las varianzas verdaderas.

Para verificar la existencia de homoscedasticidad se prueba la hipótesis nula:

$$H_0 = \sigma^2{}_1 = \ldots = \sigma^2{}_n;$$

donde N = número de observaciones.

Con la finalidad de verificar dicha hipótesis se practicó la prueba de Bartlett, que consiste en calcular el estadístico S. Bajo el supuesto de homoscedasticidad se puede demostrar que S sigue una distribución ji-cuadrada con G-1 grados de libertad. Se rechaza la hipótesis nula de homoscedasticidad si el estadístico S calculado es mayor que el valor crítico.

En las regresiones de corte transversal corridas con todos los activos de la muestra se formaron 6 grupos de los cuales 5 se integran por 6 activos y uno por 7 activos. El valor crítico del estadístico con 5 grados de libertad es de 9.24 con un nivel de confianza de 90%. De los 18 cortes transversales todos los valores del estadístico S calculado resultaron substancialmente menores que el valor crítico, lo cual confirma el supuesto de homoscedasticidad en el 100% de los casos. Los cortes transversales obtenidos a partir de los 13 portafolios, con la finalidad de calcular el estadístico S, se construyeron 4 grupos, de los cuales 3 estaban formados por un conjunto de 3 activos, y uno formado por 4 activos. El valor crítico del estadístico con 3 grados de libertad es de 6.25. De los 18 cortes transversales, 16 tuvieron estadísticos S calculados menores al valor crítico, lo cual significa que la prueba de homoscedasticidad no pudo ser rechazada en el 88% de los casos.

El supuesto de que los errores correspondientes a las diferentes observaciones, no están correlacionados , debe ser verificado. La eficiencia de autocorrelación al igual que la de heteroscedasticidad afecta la existencia de los estimadores. La autocorrelación serial positiva ocasiona que los errores estándar estimados sean menores que los reales, lo cual puede llevar a la correlación equivocada de que los parámetros estimados son más eficientes de lo que realmente son; lo contrario ocurre en presencia de autocorrelación negativa.

Para verificar la hipótesis de no autocorrelación de los errores se realizó la prueba Q de Box y Pierce. La estimación del estadístico Q requiere primero el cálculo de la función de autocorrelación, la cual proporciona una medida de qué tanta correlación existe entre datos adyacentes en una serie. En nuestro caso, las series en consideración son los residuales de los 18 cortes transversales para las regresiones corridas tanto con activos aislados, así como las corridas con portafolios. En ambos casos la función de autocorrelación se estimó para 10 rezagos.

Una prueba completa de no autocorrelación serial consiste en verificar que todos los valores de la función de autocorrelación serial son iguales a cero. Para llevar acabo esta hipótesis conjunta se utiliza el estadístico Q introducido por Box y Pierce. El planteamiento de la hipótesis nula es la siguiente :

$$H_0 = \rho_1 = \ldots = \rho_l = 0$$

El estadístico Q calculado debe ser menor que el valor crítico obtenido en base a la distribución ji-cuadrada, con L grados de libertad. El valor crítico de estadístico con 10 grados de libertad es de 15.99, con un nivel de confianza del 90%. Para ambos conjuntos de cortes transversales el estadístico Q calculado fue menor que el valor crítico de 15.99, por lo cual la hipótesis de que los residuales de dichos cortes transversales son ruido blanco se acepta con un nivel de confianza del 90%.

2. Comparación entre las regresiones estimadas con acciones y las estimadas con portafolios.

En el capítulo II se explicó que una de las principales razones por las que en la práctica los cortes transversales del segundo paso se realizan utilizando portafolios en lugar de acciones aisladas, es que mediante el primer procedimiento se reduce el problema de errores en las variables, que es originado por usar como variables independientes a regresores generados, y que tiene por consecuencia que los estimadores del segundo paso, excepto la constante estén sesgados hacia abajo, y que ésta tenga un sesgo hacia arriba.

Con relación a lo anterior, se compararon los resultados que se obtuvieron en las regresiones con activos aislados y las regresiones con portafolios; los resultados se presentan a continuación.

El premio relacionado con el factor aproximado por el rendimiento en el índice Dow Jones, resultó tener un valor mayor en las regresiones con portafolios en el 66% de los casos. El premio al riesgo relacionado con la inflación no esperada resultó mayor para 8 cortes transversales, en tanto que resultó menor en los otros 10. El premio al riesgo relacionado con el índice de la producción industrial resultó superior en 10 de los 18 cortes transversales. Finalmente, el premio al riesgo relacionado con el diferencial de tasas de interés entre largo y corto plazo resultó ser favorable para el caso de portafolio en 12 de los 18 cortes transversales.

Con relación a las constantes cabe señalar que, por la forma en que se realizaron las regresiones, su valor debería ser de cero o muy cercanos a cero. En ninguno de los dos conjuntos de regresiones realizados la constante resulto ser significativamente diferente de cero, sin embargo esto no debe sorprendernos , ya que era de esperarse que los factores de riesgo propuestos no hayan sido los únicos que influyen en el rendimiento del activo, y que aunque así lo fuera siempre existen errores en la medición de las variables utilizadas como aproximaciones a los factores de riesgo. En la medida en que las regresiones con portafolio sean mejores que las realizadas con activos aislados su valor de constante tenderá a ser menor. En el presente trabajo, en 13 de los 18 cortes transversales estimados, el valor de la constante resultó menor para el caso de portafolios lo cual confirma la expectativa que nos habíamos formado en base a la teoría.

De los resultados anteriores podemos concluir que la diferencia entre los resultados obtenidos utilizando el rendimiento de portafolios y el que utiliza rendimiento de acciones, fueron en términos generales de acuerdo con la teoría.

3. Porcentaje del rendimiento explicado por el modelo

Para finalizar la interpretación de los resultados se estimaron los rendimientos en base a las betas y lambdas obtenidas en las regresiones, y se compararon con los rendimientos observados con la finalidad de cuantificar en qué porcentaje explican los primeros a los segundos.
Para realizar la comparación se calcula el rendimiento promedio semestral, trimestral y mensual para cada una de las acciones y para cada uno de los portafolios. Los rendimientos estimados semestrales, trimestrales y mensuales se calculan a partir de las betas, ya sean de los activos o de los portafolios dependiendo del caso, y los premios promedio al riesgo estimados para cada tipo de corte transversal ya sea semestral, trimestral o mensual. El porcentaje de rendimiento explicado para cada activo o portafolio se estima como promedio del porcentaje del rendimiento explicado para cada periodo es decir de acuerdo con la siguiente formula:

$$1/3 \sum_{j=1}^{3} R_{ej} / R_{oj}$$

donde :

$J_1 \rightarrow$ semestre
$J_2 \rightarrow$ trimestre
$J_3 \rightarrow$ mes

Se obtuvo un promedio del porcentaje de todos los activos o portafolios. (Ver tablas 3.7 y 3.8)
Al igual que en los casos anteriores el análisis de los resultados vuelve a favorecer a los cortes transversales realizados con portafolio, ya que éstos explican en promedio el 79% de los rendimientos reales, mientras que con el modelo estimado en base a activos aislados se explica solo el 58% del rendimiento real.

	Rendimiento Anual Promedio		Rendimiento Semestral Promedio		Rendimiento Trimestral Promedio		Rendimiento Mensual Promedio		% del Rendimiento explicado por el el Modelo
	Real	*Estimado*	*Real*	*Estimado*	*Real*	*Estimado*	*Real*	*Estimado*	%
ALFA	280.80%	175.43%	95.40%	56.91%	40.51%	22.70%	12.00%	8.19%	61.60%
APASCO	74.44%	47.16%	33.45%	17.76%	15.32%	6.79%	4.94%	2.59%	53.29%
BACOMER	128.35%	70.79%	52.38%	25.75%	23.24%	10.11%	7.34%	3.76%	49.76%
BANAMEX	177.63%	70.88%	68.10%	25.49%	29.38%	10.03%	8.98%	3.86%	38.61%
BIMBO	113.96%	86.30%	48.46%	29.15%	21.83%	11.71%	6.98%	3.82%	61.05%
CAMESA	154.21%	189.99%	59.44%	60.46%	26.78%	24.54%	8.29%	7.98%	103.19%
CBACCI.	22.00%	52.41%	12.24%	19.50%	5.69%	7.40%	1.94%	2.97%	68.12%
CBOBSA	-8.72%	-49.60%	-3.61%	-13.68%	-0.95%	-5.98%	-0.51%	-1.64%	94.75%
CELANES	87.35%	100.35%	36.88%	32.27%	17.28%	13.14%	5.47%	4.60%	90.67%
CEMEX	45.08%	71.84%	24.36%	26.75%	10.96%	10.22%	3.46%	4.17%	120.68%
CERAMIC	-2.09%	-44.91%	-0.38%	-14.94%	-0.33%	-5.71%	-0.05%	-1.99%	146.07%
CIFRA	105.01%	15.00%	43.50%	6.62%	19.95%	2.37%	6.35%	1.01%	14.32%
CODUMEX	24.06%	32.30%	12.03%	11.99%	6.08%	4.83%	1.98%	1.76%	100.61%
CONTAL	259.63%	223.75%	100.28%	76.42%	39.66%	30.50%	12.16%	10.15%	80.69%
CRISOBA	18.12%	13.68%	8.86%	4.93%	4.31%	1.75%	1.44%	0.83%	57.30%
CYDSASA	83.22%	97 08%	36.85%	31.79%	17.48%	12.04%	5.39%	4.43%	89.93%
DESC	39.66%	35.32%	19.04%	13.36%	9.12%	5.19%	3.03%	2.17%	71.89%
ERICSON	158.00%	60.35%	62.82%	19.95%	27.32%	8.10%	8.38%	2.82%	33.31%
FEMSA	273.02%	151.18%	96.17%	50.42%	39.61%	20.00%	11.91%	7.14%	54.57%
FRISCO	33.88%	21.27%	16.29%	7.42%	7.73%	3.17%	2.53%	1.18%	48.98%
GISSA	435.27%	364.84%	132.10%	118.11%	53.29%	47.56%	15.12%	15.68%	91.54%
GMEXICO	95.68%	82.78%	39.96%	26.40%	18.71%	11.15%	5.89%	3.45%	67.70%
INTENAL	191.89%	131.40%	71.53%	44.21%	32.40%	18.02%	9.57%	5.89%	61.87%
KIMBER	76.72%	27.23%	34.17%	10.43%	15.62%	3.82%	4.98%	1.51%	30.18%
LIVEPOL	155.39%	72.49%	60.04%	25.02%	26.91%	10.04%	8.26%	3.25%	41.23%
NADRO	115.84%	75.53%	46.91%	27.30%	21.25%	10.61%	7.25%	4.01%	57.15%
PEÑOLES	75.66%	84.31%	32.56%	27.69%	15.76%	10.98%	4.94%	3.63%	84.90%
PONDER	45.55%	-16.67%	21.01%	-6.37%	9.95%	-2.30%	3.40%	-0.79%	-28.36%
SANBORN	24.61%	4.90%	13.24%	3.49%	6.07%	0.96%	1.96%	0.54%	22.46%
SANLUIS	6.49%	39.15%	3.24%	12.79%	2.39%	6.41%	0.83%	1.81%	96.21%
SERFIN	178.84%	82.04%	67.23%	28.49%	30.54%	11.90%	9.26%	3.65%	41.66%
SIDEK	55.46%	109.96%	29.98%	36.76%	12.89%	14.46%	4.56%	5.43%	109.95%
SYNKRO	75.78%	68.47%	33.47%	22.70%	16.51%	9.29%	5.33%	2.98%	67.57%
TAMSA	130.17%	36.77%	52.84%	9.78%	23.43%	3.45%	7.44%	1.40%	20.07%
TELMEX	92.27%	-23.53%	38.85%	-5.98%	18.06%	-2.53%	5.97%	-0.25%	-14.77%
VISA	-2.69%	-65.96%	1.23%	-21.40%	1.35%	-8.34%	0.14%	-2.66%	-123.44%
VITRO	67.25%	71.05%	31.63%	25.15%	14.39%	9.60%	4.72%	3.81%	83.19%
Promedio									58.07%

	Rendimiento Anual Promedio		Rendimiento Semestral Promedio		Rendimiento Trimestral Promedio		Rendimiento Mensual Promedio		% del Rendimiento explicado por el el Modelo
	Real	*Estimado*	*Real*	*Estimado*	*Real*	*Estimado*	*Real*	*Estimado*	%
CONSTRUCCION	39.15%	79.96%	19.14%	26.37%	8.65%	10.85%	2.78%	2.90%	142.96%
FINANCIEROS	115.00%	114.89%	44.64%	37.26%	20.05%	16.88%	6.10%	4.10%	83.72%
HIERRO-ACERO	113.28%	106.78%	47.42%	35.49%	21.03%	14.71%	6.80%	4.05%	74.67%
ALIMENTOS Y B.	215.54%	191.66%	81.64%	62.68%	33.70%	28.01%	10.35%	6.97%	79.03%
QUIMICAS	150.46%	150.04%	56.38%	47.29%	25.09%	24.00%	7.62%	5.36%	87.39%
COMERCIALES	100.21%	84.72%	40.92%	28.73%	18.55%	10.71%	5.96%	3.15%	66.36%
C.ELECTRICOS	91.03%	75.66%	37.42%	23.77%	16.70%	12.17%	5.18%	2.64%	67.64%
PAPEL Y CEL.	46.79%	23.78%	21.35%	8.16%	9.96%	2.72%	3.27%	0.91%	36.07%
MINERIA	68.41%	64.83%	29.61%	19.70%	14.07%	11.66%	4.45%	2.21%	73.46%
AUTOPARTES	160.48%	161.57%	51.46%	51.61%	21.60%	25.33%	6.33%	5.79%	102.46%
TEXTILES	75.78%	70.35%	33.47%	21.80%	16.51%	12.18%	5.33%	2.42%	69.29%
UTILITIES	92.27%	55.90%	38.85%	17.51%	18.06%	8.16%	5.97%	1.94%	45.83%
OTROS	32.28%	49.29%	16.43%	15.94%	7.87%	6.84%	2.43%	1.77%	102.42%
Promedio									79.33%

RESUMEN Y CONCLUSIONES.

En la presente investigación se utilizó la teoría de precios de arbitraje (APT) para indagar si las diferentes fuentes de riesgo, consideradas no diversificables, tienen impacto sobre las variaciones en los precios de activos riesgosos en la economía mexicana.

APT es aun un modelo bastante novedoso, y como tal, todavía está sujeto a muchos trabajos de investigación. APT es un modelo que compite con CAPM, en ver cuál de los dos es el mejor para explicar las variaciones en los precios de los activos riesgosos. A nivel teórico ambos modelos tienen ventajas y desventajas: CAPM es un modelo de gran riqueza tanto en el sentido económico como en el sentido financiero. Aunque nació en el terreno de la teoría de finanzas, a la línea del mercado de valores se puede llegar a través de teorías consideradas estrictamente económicas. CAPM, tal y como se planteó desde su inicio, se deriva de condiciones de equilibrio que son similares a las de la microeconomía elemental. Por esto y algunas otras razones este modelo es intuitivamente atractivo y pedagógico. APT, en contraste, es un modelo con mucho menor riqueza económica, ya que hace caso omiso de las preferencias de los individuos y de las decisiones realizadas dentro del marco teórico de media y varianza. Mientras en CAPM, al equilibrio se llega de acuerdo con el proceso económico tradicional de curvas de indiferencia haciendo tangencia con una frontera óptima de posibilidades de inversión, en APT, el equilibrio no es más que un resultado de álgebra lineal dado un conjunto de supuestos. La intuición económica parece salir sobrando. En el terreno empírico, las diferencias, no son menos significativas. La aparente sencillez para llevar a la práctica CAPM lo ha convertido en una herramienta cotidiana del practicante de finanzas, y sin embargo, tal sencillez no existe, por lo que la mayor parte de las veces se ha hecho mal uso de este modelo.

La aceptación de CAPM y APT como los paradigmas de la determinación de precios de activos se encuentra lejos de ser universal y de hecho dichas teorías no han podido ser ni totalmente aceptadas, ni totalmente rechazadas, ya que ambas enfrentan un problema de la misma naturaleza: la posibilidad de observar los factores de riesgo relevantes para los dos modelos ha quedado, en la práctica, vedada. En CAPM se sabe que el factor relevante es el mercado, pero todos los activos contenidos en el mercado son imposibles de observar a través de una sóla variable, tal y como quedó demostrado en Roll (1977). Por su parte, en APT los factores relevantes son potencialmente observables , sin embargo, para que esto suceda los factores antes deben ser identificados y es precisamente con relación a este punto, que la investigación ha arrojado menos luz hasta el momento.

De acuerdo con los resultados de las investigaciones más recientes, APT parece ser un modelo más promisorio que CAPM para proporcionar una descripción completa del rendimiento de los activos. Los trabajos de Burmeister y Mc Elroy parecen reafirmar la anterior aseveración, ya que han encontrado un conjunto de variables macroeconómicas cuyo riesgo asociado no solamente recibe un precio en el mercado, sino que la determinación de dicho precio se realiza en forma opuesta a la que según CAPM se hubiera presentado. Este hallazgo es significativo tanto a nivel teórico como práctico.

Éste y otros alentadores trabajos en favor de APT, constituyeron la principal motivación para usar este modelo como punto de partida en la tarea de conocer si ciertas fuentes de riesgo impactan el rendimiento de los activos, que probablemente mantienen muchos de los inversionistas mexicanos.

Los factores de riesgo propuestos para la economía mexicana siguieron la línea de los estudios de Chen *Et.al* (1986), Mc Elroy y Burmeister (1988) y de la Calle (1991).

Variaciones no esperadas en inflación, producción industrial, índice Dow Jones, y el diferencial entre tasas de interés a corto y largo plazo fueron las cuatro fuentes de riesgo utilizadas en la presente investigación, para la economía mexicana a lo largo del periodo de estabilización de 1988 a 1991.

La teoría de precios de arbitraje exige que los factores de riesgo cumplan con ciertas características, de las cuales las dos más importantes son que los factores no deben estar correlacionados entre sí y que el valor esperado de los mismos deba ser cero. Los factores construidos en la presente investigación cumplen satisfactoriamente dichas características. Por un lado, todos tienen valor esperado de cero, en tanto que los coeficientes de la matriz de correlación son en valor absoluto todos menores a 3%. Como una prueba adicional se obtuvo la inversa de la matriz de correlación, que al estar definida implica que ninguno de los renglones o columnas son combinaciones lineales de otros renglones o columnas y por lo tanto la inexistencia de correlación.

Utilizando los factores construidos se obtienen las sensibilidades a los mismos a través de regresiones en series de tiempo. Los resultados obtenidos en este primer paso fueron notables de acuerdo con los valores que se obtuvieron para pruebas de significancia individual y conjunta, es decir, los estadísticos t y F. En 70% de las regresiones en series de tiempo los valores de dichos estadísticos fueron mayores al valor crítico requerido.

Habiendo resultado significativas las sensibilidades estimadas, éstas fueron utilizadas como cargas para estimar los premios al riesgo a través de regresiones de corte transversal. Dada la parquedad de la muestra, y que los cuatro años que abarca el estudio es un periodo bastante breve, los cortes transversales se realizaron exclusivamente para el año de 1991; las regresiones realizadas fueron 12 de periodicidad mensual, 4 de periodicidad trimestral y 2 de periodicidad semestral; con la finalidad de hacer más rica la investigación se realizaron cortes transversales tanto a nivel acciones aisladas como a nivel portafolio. En total se corrieron 36 cortes transversales.

La estimación empírica realizada en el presente trabajo sugiere que por lo menos tres de las cuatro fuentes propuestas de riesgo parecen tener asociado un precio en la economía mexicana.

El premio al riesgo asignado a las variaciones sorpresivas en la inflación doméstica, fueron los más significativos tanto a nivel de acciones aisladas como para los portafolios. Este resultado era el esperado ya que en un clima de estabilización económica este factor tiene un importante impacto sobre los precios relativos, lo cual afecta el flujo de efectivo de las empresas; por otra parte también tiene impacto sobre la tasa a la cual se realiza el descuento de dichos flujos. El premio al riesgo asignado a las sorpresas en el índice Dow Jones Industrial, resultó ser el segundo factor más significativo tanto para acciones como para portafolios. Este resultado confirma que los mercados de valores mundiales se encuentran, en cierta medida, integrados y que existen riesgos internacionales que afectan de uno u otra forma a todos. De acuerdo con los resultados del presente estudio, el índice Dow Jones resume esos riesgos internacionales que de hecho afectan a las acciones mexicanas. Con relación al crecimiento de la producción industrial y las variaciones en la estructura temporal en tasas de interés, los resultados encontrados fueron menos claros, sin que esto implique que no hayan sido significativos. Mientras en los cortes transversales para portafolios la estructura temporal aparece como el tercer factor más significativo, en las regresiones con acciones aisladas, ese lugar lo ocuparon las variaciones en el índice de producción industrial.

A pesar de esta divergencia, consideramos que de estos dos factores, el más significativo es el de la estructura temporal de tasas de interés, debido básicamente a tres razones: la primera y más importante es que durante el periodo de estabilización, de 1988 a 1991, se dieron importantes cambios que afectaron el nivel de tasas de interés, el comportamiento de su tendencia y la estructura temporal de tasas, fenómenos que no pudieron dejar de reflejarse sobre el comportamiento del mercado accionario. La segunda razón es que el factor de estructura temporal resultó significativo en los cortes transversales para portafolios, que como vimos en la sección correspondiente, arrojan resultados más eficientes ya que minimizan el problema de errores en las variables. Finalmente, las estadísticas del índice de producción industrial en México probablemente no sean la forma más utilizada por los inversionistas para formar sus expectativas sobre la evolución de la producción y el consumo, debido a que dichas estadísticas van muy rezagadas con relación a otro tipo de información y que además son sujeto de modificaciones aún seis meses después de que se ha sacado a la luz por primera vez determinada cifra del índice.

Uno de los aspectos importantes del contenido de la presente investigación fue la realización de regresiones en corte transversal utilizando acciones aisladas y utilizando portafolios. Mientras que la teoría propone que es mejor la realización de estas regresiones usando portafolios, en la práctica, el tener una muestra tan parca de activos nos impone una nota de precaución puesto que el agrupar las acciones en portafolios disminuye siempre los grados de libertad.

Los resultados obtenidos al respecto fueron, sin embargo, convenientes de acuerdo con lo que se espera de la teoría: los cortes transversales obtenidos de portafolios son mejores en todos los sentidos a los obtenidos a partir de acciones. En efecto, los premios al riesgo parecen estar sesgados hacia abajo y la constante hacia arriba en los resultados de regresiones con acciones, en tanto que no ocurre esto con los resultados obtenidos de portafolios. Cuando se utilizan los modelos ajustados a partir de ambos cortes transversales para explicar los rendimientos que realmente se observaron, resulta que el modelo ajustado a través de portafolios es significativamente más poderoso que el ajustado a través de acciones aisladas.

APÉNDICE

En este apéndice se presenta la demostración de cómo los errores insesgados en la estimación de las betas en el primer paso sesgan hacia abajo la estimación de los premios al riesgo y hacia arriba la ordenada al origen en el segundo paso.
La demostración se realiza para un modelo de un sólo factor pero puede generalizarse para más factores.

Definimos al modelo teórico para la regresión en segundo paso como

$$R_i - R_f = \gamma_1 \beta_i + e_i \qquad (A.01)$$

Aquí βi es el valor verdadero pero no observado de la Beta para el activo i de la regresión en el primer paso.

Un estimador insesgado de βi puede definirse como:

$$b_i = \beta_i + \nu_i \qquad (A.02)$$

donde: $E(\nu_i) = 0, Var(\nu_i) = \sigma^2(\nu_i), cov(\nu_i, e_i), cov(\nu_i, \beta_i)$

La estimación del modelo teórico de la ecuación (A.2) está dada por la ecuación :

$$R_i - R_f = \hat{\gamma_0} + \hat{\gamma_1} b_i + e_i$$

Además el limite de

$$\text{plim } \hat{\gamma_1} = cov(R_i - R_f, b_i) / \sigma^2 (\beta_i + \nu_i)$$

Sustituyendo (A.1) para $R_i - R_f$ y (A.2) para bi obtenemos,

$$\text{plim } \hat{\gamma_1} = \gamma_1 cov(\gamma_1 \beta_i + e_i , \beta_i + \nu_i) / \sigma^2 (\beta_i + \nu_i)$$

o bien

$$\text{plim } \hat{\gamma_1} = \gamma_1 \{\sigma^2 (\beta_i) / \sigma^2 (\beta_i) + \sigma^2 (\nu_i) \} \qquad (A.03)$$

Con la medida de que exista un error de estimación, entonces $\sigma^2(v_i)$ tendrá signo positivo y por lo tanto $\gamma 1$ será un estimador sesgado hacia abajo de $\gamma 1$.

Q.E.D.

En relación al sesgo de la ordenada al origen recordemos que la recta de regresión tiene que pasar por la media de la variables dependiente e independiente, de manera que,

$$1/N \sum_{i=1}^{N} (R_i - R_f) = \hat{\gamma}_0 + \hat{\gamma}_1 \, 1/N \sum_{i=1}^{N} \beta_i$$

$$1/N \sum_{i=1}^{N} (R_i - R_f) = \gamma_1 \, 1/N \sum_{i=1}^{N} \beta_i$$

pero

$$1/N \sum_{i=1}^{N} \beta_i = 1$$

por lo tanto

$$1/N \sum_{i=1}^{N} (R_i - R_f) = \gamma_1 = \hat{\gamma}_0 + \hat{\gamma}_1$$

o bien

$$\hat{\gamma}_0 = \gamma_1 - \hat{\gamma}_1$$

Sustituyendo en la ecuación (A.3) queda :

$$\text{plim } \hat{\gamma}_0 = \gamma_1 \{ 1 - \sigma^2 (\beta_i) / \sigma^2 (\beta_i) + \sigma^2 (v_i) \}$$

Por lo cual γ_0 es un estimador que tiene un sesgo positivo.

Q.E.D.

BIBLIOGRAFÍA

1. Burmeister, Edwin y Mc Elroy, Marjorie "Joint estimation for factor sensitivities and risk premiums for APT." *Journal of Finance* (1988) 43. 721-735

2. Chen,Nai-fu. "Some Empirical Tests of the Theory of Arbitrage Pricing." *Journal.Finance* 38 (1983): 1393-1414

3. Chen,Nai-fu e Ingersoll, Jonathan. "Exact pricing in linear factor models with infinitely many assets: a note." *Journal of Finance* (1983) 38, 985-8.

4. Chen,N. Roll,R. y Ross, S.A. "Economic forces and the stock market." *Journal of Business* (1986) 59, 383-403

5. Connor, G. y Korajczyk,R.A. "Performance measurement with the Arbitrage Pricing Theory: A framework for analysis." *Journal of Financial Economics* (1986) 15, 373-46

6. De la Calle, Luis. "Diversification of macroeconomic risk and integration of capital markets." *The World Bank Economic Rewiew* (1991) 3, 415-36

7. Dhrymes, P. Friend, I. y Guktekin, B. "A critical reexamination of the empirical evidence on Arbitrage Pricing Theory." *Journal of Finance* (1984) 39, 323-46

8. Fama, Eugene. y MacBeth, James. "Risk, return and equilibrium: Empirical tests." *Journal of Political Economy,*(1973) 38, 607-636

9. Fogler, H. y Tipton, James. "Three factors interest eate diferentials and stock groups." *Journal of Finance* (1981) 36, 323-336

10. Guerrero, V.M. "Estadística básica para estudiantes de economía y otras ciencias sociales." *CFE* (1989)

11. Grinblat, M. y Titman, S. "The relation between mean-variance efficiency and arbitrage pricing." *Journal of Business* (1987)

12. Huberman, G. "A simple Approach to arbitrage pricing" *Journal of Economic Theory* (1982) 28, 183-91

13. Huberman, G. Kandel, S. y Stambaugh R. "Mimicking porfolios and exact arbitrage pricing" *Journal of Finance* (1987) 42, 1-11

14. Ingersoll,J. "Some results in the theory of arbitrage pricing" *Journal of Finance* (1984) 39, 1021-39

15. Lucas, Robert E, Jr. "Asset Prices in an exchange economy." *Econometrica*, (1978) 46, 1429-1445.

16. Mc Elroy, Marjorie y Edwin Burmeister "Arbitrage Pricing Theory as a restricted nonlinear multivariate regression model: ITNLSUR estimation" *Journal of Business and Economic Statistics* (1988) 6, 29-42

17. Reinganum, M. "The Arbitrage Pricing Theory: Some simple tests" *Journal of Finance* (1981) 36, 313-22

18. Roll, R. "Ambiguity when performance is measures by the Security Market Line." Journal of Finance, (1978) 33, 1051-1069

19. Roll, R. y Ross, S.A. "An empirical investigation of the Arbitrage Pricing Theory" *Journal of Finance* (1980) 35, 1073-103

20. Roll, R. y Ross, S.A. "A critical reexamination of the empirical evidence on the Arbitrage Pricing Theory" *Journal of Finance* (1984) 39, 347-50

21. Ross, S.A. "The arbitrage theory of capital" *Journal of Economic Theory* (1976) 13,341-60

22. Ross, S.A. "Return risk and arbitrage." En Irwing Friend and James L. Bicksler (eds), *Risk and Return in Finance, I* (Cambridge, Mass.: Ballinger, 1977)

23. Shanken, J. "The Arbitrage Pricing Theory: Is it testable?" *Journal of Finance* 37, 1129-240

24. Sharpe, W. "Capital Asset Prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk." *Journal of Finance*, (1964) 19, 425-442

25. Sharpe, W. "Factors in NYSE security returns, 1931-1979." *Journal of Portfolio Management* (1982) 8, 5-19

26. Stambaugh, R. "Arbitrage pricing with information" *Journal of Financial Economics* (1983) 12, 357-69

ANEXO ESTADISTICO

TABLA A.1: RENDIMIENTOS A FIN DE MES

Mes	Año	Alfa	Apasco	Bacomer	Banamex	Bimbo	Camesa	Cbacci	Cbobsa	Celanes	Cemex
1	88	-75.50	-24.77	-25.71	-23.77	-38.14	-83.64	-15.69	19.10	-44.29	-43.40
2	88	-58.49	-15.85	-45.28	-48.96	-5.67	-22.51	-40.57	7.00	-34.41	-25.99
3	88	11.78	20.29	26.68	24.09	17.06	-7.36	15.06	-1.51	17.57	31.35
4	88	15.60	15.37	25.16	22.48	13.74	9.99	17.76	32.94	0.96	26.45
5	88	0.16	-2.40	13.68	10.84	0.41	-12.37	11.17	6.89	-4.20	-11.48
6	88	5.05	13.00	10.87	14.90	6.90	13.54	18.33	6.23	1.55	14.71
7	88	13.01	2.54	23.40	23.72	20.36	3.37	16.13	8.60	0.47	22.61
8	88	14.48	13.72	21.58	18.54	15.55	10.10	19.16	15.94	-2.27	18.22
9	88	7.67	21.47	22.47	25.92	14.87	-4.47	15.60	9.89	7.96	10.22
10	88	14.30	20.98	22.07	20.54	10.95	10.14	15.45	11.40	14.12	27.14
11	88	5.79	14.85	2.03	3.62	4.24	-4.77	7.25	3.84	-1.11	16.52
12	88	11.53	13.03	15.31	14.91	4.85	-0.43	5.93	8.23	1.40	8.38
1	89	15.88	9.34	11.65	14.75	6.80	5.41	12.26	8.51	15.04	15.12
2	89	23.93	18.90	21.82	21.65	4.97	9.32	14.59	17.34	8.83	15.84
3	89	11.69	-8.60	7.60	6.10	5.41	0.63	7.98	-18.53	-0.51	8.82
4	89	9.26	2.61	6.95	3.96	3.56	7.85	2.68	-5.94	2.38	3.13
5	89	-0.76	1.29	-7.20	-7.80	4.89	7.29	-8.98	0.33	-3.66	0.39
6	89	7.48	-7.69	4.44	9.29	10.01	6.87	5.90	5.51	12.10	2.20
7	89	8.25	14.60	18.25	15.24	12.25	16.03	8.35	-2.49	-0.85	19.17
8	89	12.53	4.72	-0.91	-2.08	5.09	15.73	9.74	-2.63	10.89	1.51
9	89	11.67	7.25	-3.45	4.94	3.17	4.28	4.42	-23.55	6.90	16.75
10	89	20.08	13.84	16.20	16.45	7.87	12.61	20.26	16.03	6.28	20.07
11	89	15.90	14.29	12.14	15.19	2.28	14.38	12.70	4.45	6.55	18.08
12	89	7.69	3.30	5.39	4.11	-13.89	-4.13	4.60	1.09	5.26	3.73
1	90	10.15	12.76	-3.82	2.31	7.66	-6.73	3.50	4.70	4.78	16.64
2	90	5.86	10.71	14.85	15.52	9.55	0.79	3.08	4.29	5.63	5.25
3	90	14.86	17.98	-6.74	-4.34	16.43	8.39	-5.96	6.40	-5.90	14.54
4	90	11.16	3.16	15.41	11.86	14.95	11.60	-4.77	-9.08	4.74	19.59
5	90	3.93	-25.41	-11.50	-19.14	21.19	14.38	-9.05	-19.11	4.39	-22.98
6	90	21.00	13.89	18.14	21.09	-6.91	5.31	1.69	14.12	17.30	16.67
7	90	14.89	11.28	11.87	13.29	-0.57	5.08	4.40	-11.04	6.46	11.69
8	90	34.81	20.19	18.50	25.27	9.32	18.92	20.77	17.30	18.11	34.60
9	90	27.64	17.49	23.09	25.18	11.18	9.05	22.80	13.11	17.79	30.28
10	90	11.67	-5.18	11.34	10.32	7.03	-3.20	3.52	-1.88	0.68	-8.45
11	90	11.05	2.44	11.48	11.16	7.23	13.35	7.47	-1.81	3.37	4.69
12	90	10.33	5.79	5.56	2.80	7.48	8.86	4.12	8.67	2.18	9.38
1	91	14.46	10.06	12.57	11.02	14.66	10.87	5.70	6.82	6.95	4.22
2	91	10.77	6.99	-0.64	6.13	8.82	-3.30	3.08	3.97	11.48	1.86
3	91	9.18	-9.54	6.75	9.45	-2.33	9.90	0.78	3.99	6.06	-7.30
4	91	20.71	3.20	15.34	12.35	-12.76	17.64	1.25	-1.29	-2.51	1.03
5	91	10.50	-0.18	-3.96	2.22	10.71	12.25	-16.43	-12.68	6.35	-7.70
6	91	21.18	14.54	10.06	7.80	14.80	12.42	9.56	-7.28	13.58	12.24
7	91	11.40	5.80	11.16	15.15	10.83	14.34	4.77	7.40	7.64	6.24
8	91	18.06	10.83	13.98	6.53	26.17	-3.78	8.05	10.62	12.52	13.84
9	91	21.52	11.93	3.38	15.28	8.77	14.45	6.79	1.95	10.39	17.79
10	91	0.42	6.65	5.91	16.83	2.88	7.70	8.27	-8.77	3.80	-1.84
11	91	20.18	8.84	20.87	16.93	14.80	15.86	10.75	6.44	4.59	13.10
12	91	3.35	7.88	10.37	5.87	4.14	8.93	-1.61	0.43	2.48	5.78
1	92	12.41	9.27	9.91	0.00	6.67	11.87	1.58	0.00	-9.52	30.73

TABLA A.1: RENDIMIENTOS A FIN DE MES

Mes	Año	Ceramic	Cifra	Codumex	Contal	Crisoba	Cydsasa	Desc	Ericson	Femsa	Frisco
1	88	23.94	-1.51	-24.17	-99.34	1.67	-40.29	-18.64	-31.28	-61.76	-8.43
2	88	-4.14	-12.27	-11.91	-29.63	-16.35	-36.13	-31.70	-4.11	-53.87	-28.93
3	88	6.85	20.86	24.16	20.98	-1.37	-3.71	17.47	5.96	32.05	10.27
4	88	13.11	19.22	9.97	33.92	3.98	20.30	24.15	14.18	32.05	12.92
5	88	-2.96	11.12	-0.08	-2.82	14.44	1.47	-2.22	5.60	-40.77	-3.29
6	88	5.78	11.38	3.82	28.54	3.76	11.68	10.40	7.91	5.91	5.72
7	88	12.61	17.36	14.51	29.97	12.00	11.67	15.75	6.01	17.30	6.25
8	88	5.51	12.46	0.23	23.97	5.80	6.63	4.57	-0.52	25.13	3.82
9	88	3.89	16.90	10.60	35.01	4.21	8.87	9.61	7.62	5.43	8.08
10	88	-4.99	4.78	7.72	40.37	5.21	12.96	10.56	9.73	22.88	-1.81
11	88	-19.15	14.20	-0.53	33.07	5.78	-3.64	2.06	7.93	9.36	-3.90
12	88	7.90	14.40	4.95	11.54	2.77	11.26	5.47	6.25	8.87	7.12
1	89	6.82	8.90	4.58	31.09	3.82	9.67	6.98	10.00	19.59	5.17
2	89	0.83	-8.94	8.18	30.84	5.03	15.07	11.32	9.80	26.66	10.04
3	89	-3.48	10.94	-3.88	9.99	4.52	5.88	3.47	5.62	3.37	-4.38
4	89	-2.09	6.90	-2.91	-0.69	3.81	-4.26	-0.44	-2.97	6.24	-11.22
5	89	1.02	8.49	0.75	11.30	3.83	-5.68	-7.52	-6.36	17.73	2.25
6	89	-3.85	13.10	4.81	-0.74	-2.98	1.54	-7.51	5.64	7.80	-5.80
7	89	1.98	9.18	8.09	37.22	-2.36	6.09	11.46	3.27	14.94	9.03
8	89	2.50	11.73	-2.52	10.97	6.48	-4.50	-6.82	-10.71	0.77	3.35
9	89	4.65	2.24	-1.44	14.36	0.62	8.58	10.41	6.78	14.48	7.36
10	89	7.75	17.91	3.68	29.12	5.06	15.84	14.18	6.58	24.72	9.31
11	89	2.74	10.57	8.53	19.60	4.40	7.89	6.66	7.35	23.59	-4.66
12	89	5.84	-0.31	3.61	13.48	3.52	1.06	1.47	7.14	8.24	7.79
1	90	7.24	4.07	8.11	4.43	7.77	6.31	9.92	-1.96	5.16	3.13
2	90	-0.77	9.20	8.61	8.20	-17.45	7.00	4.38	-2.83	14.84	4.12
3	90	-9.26	0.70	5.56	20.26	3.70	8.76	7.44	10.90	16.51	-1.95
4	90	3.09	-3.91	5.35	1.30	4.42	10.70	5.65	0.51	17.43	3.78
5	90	3.94	2.50	-6.54	9.50	3.32	-2.18	-12.02	1.32	7.15	-11.31
6	90	5.14	7.98	13.27	24.09	4.25	11.26	8.97	-17.40	17.32	7.02
7	90	4.35	0.83	-6.13	7.87	4.08	10.12	4.75	6.85	1.62	4.34
8	90	2.04	19.82	6.63	37.65	6.51	13.34	21.35	14.18	29.81	8.54
9	90	4.41	17.48	17.43	27.97	5.23	17.37	23.33	23.73	21.02	6.28
10	90	1.74	-6.03	-9.16	-27.02	-1.60	-1.91	-5.35	-9.95	5.07	0.49
11	90	4.10	6.58	1.15	8.02	3.41	-0.74	4.56	12.35	8.47	4.98
12	90	5.28	12.27	10.42	23.22	-5.51	4.36	8.83	11.77	6.06	3.72
1	91	3.84	5.02	0.55	15.47	2.91	7.89	4.44	16.05	11.16	1.15
2	91	5.62	9.62	6.00	6.69	3.05	9.40	7.76	-2.84	7.24	9.06
3	91	-1.91	5.16	-7.71	-3.27	1.66	2.30	1.12	7.82	9.36	-5.50
4	91	1.43	6.50	-0.17	25.84	5.31	-1.50	2.18	2.06	8.76	4.06
5	91	6.04	-2.11	4.50	-21.12	-5.08	-2.61	-11.42	9.65	-3.98	3.63
6	91	5.59	16.38	7.34	26.02	4.82	10.67	11.94	9.71	29.97	2.40
7	91	2.79	-5.34	17.32	15.58	3.84	20.84	1.48	15.89	10.90	4.12
8	91	-5.16	9.53	0.83	22.69	4.54	11.70	11.96	16.15	19.36	4.38
9	91	0.04	13.85	7.77	20.45	4.83	11.84	12.91	14.17	23.95	7.38
10	91	-6.66	11.66	2.33	22.86	4.49	7.85	4.87	12.15	12.24	5.65
11	91	-4.75	13.02	2.50	14.90	5.13	-2.37	0.16	14.52	17.13	5.19
12	91	10.24	10.67	0.19	17.51	-0.46	6.37	6.76	4.03	14.59	6.53
1	92	9.68	19.71	3.47	29.36	1.29	-5.26	2.33	-6.56	25.38	5.00

TABLA A.1: RENDIMIENTOS A FIN DE MES

Mes	Año	Gissa	Gmexico	Intenal	Kimber	Livepol	Nadro	Peñoles	Ponder	Sanborn	Sanluis
1	88	-152.79	-32.91	-59.49	-10.24	-21.77	6.10	-44.73	23.38	2.86	-19.05
2	88	-52.12	-16.23	-7.78	-10.15	-23.72	-93.32	7.60	-3.95	-5.80	-29.96
3	88	3.00	10.54	15.32	13.25	20.23	17.23	6.47	-31.66	11.02	9.49
4	88	12.28	9.92	28.09	15.64	17.31	22.03	-5.07	25.26	17.16	16.17
5	88	20.24	-3.78	12.03	6.86	2.57	19.60	6.76	15.05	1.48	-22.51
6	88	11.07	12.90	7.61	13.18	3.82	17.58	6.05	5.94	6.20	-13.83
7	88	9.50	6.34	23.68	10.90	17.14	25.68	1.72	12.19	8.82	4.12
8	88	30.20	3.90	14.08	10.75	9.70	20.35	12.47	1.38	20.81	-7.11
9	88	13.95	11.97	25.67	10.28	8.40	23.63	6.92	10.97	3.44	5.17
10	88	24.27	8.42	17.47	12.27	13.72	24.71	-1.34	6.74	9.97	5.15
11	88	13.69	-20.80	6.68	7.52	11.31	25.91	16.69	-7.06	4.96	-3.69
12	88	-3.62	-6.82	9.92	10.19	5.76	10.47	2.65	-5.49	0.01	-1.45
1	89	30.19	14.33	19.65	1.97	12.31	27.51	-3.64	5.52	3.91	10.53
2	89	19.23	8.56	18.07	4.77	9.47	18.73	-3.15	5.64	5.47	7.96
3	89	20.77	-14.45	9.38	0.60	6.88	19.99	0.24	19.08	4.88	-8.57
4	89	17.35	-4.72	11.94	1.08	3.38	15.85	-14.25	5.22	3.00	-0.36
5	89	15.60	6.22	-12.61	5.11	-8.79	24.96	-1.28	-5.04	-1.73	-1.93
6	89	8.45	-6.41	-0.10	2.22	7.19	13.66	14.12	-37.57	1.63	-8.72
7	89	15.97	16.30	20.62	6.38	9.63	21.68	-1.28	-8.04	4.55	4.34
8	89	18.82	1.48	-4.93	0.05	9.12	17.00	7.01	-5.50	4.47	-4.86
9	89	19.21	9.49	-5.30	8.89	2.09	-7.46	-4.37	1.05	0.87	-0.57
10	89	17.26	6.74	17.31	10.66	5.24	19.29	10.93	10.84	6.16	8.68
11	89	20.33	6.44	14.49	9.23	8.58	17.54	6.26	8.15	4.23	2.60
12	89	-3.55	10.74	3.15	5.57	5.92	19.38	11.10	2.89	2.67	1.33
1	90	5.26	1.78	-22.70	5.16	1.07	26.89	-6.31	4.17	4.82	8.68
2	90	-16.98	6.50	20.11	0.42	6.81	15.29	9.38	-11.08	1.68	-4.32
3	90	20.30	7.86	-1.70	5.32	8.25	-1.39	11.26	0.37	2.87	-2.22
4	90	16.66	10.08	14.06	-5.76	5.88	15.00	7.19	3.64	2.54	5.87
5	90	17.68	-2.67	-6.91	7.20	-5.62	-10.41	9.41	9.64	-1.11	1.03
6	90	6.56	12.93	16.32	8.27	9.55	21.93	3.57	7.07	-0.07	5.02
7	90	16.37	1.41	18.33	-4.89	4.00	21.70	6.47	3.24	2.27	-1.12
8	90	23.39	7.92	20.22	16.67	-7.61	28.42	11.35	21.36	2.99	11.37
9	90	20.03	8.95	24.71	10.85	12.81	24.57	-4.89	2.42	2.02	6.92
10	90	18.19	5.06	6.46	-1.03	2.11	15.50	1.27	-7.03	2.26	-18.67
11	90	12.19	7.95	14.19	3.26	-2.61	-15.96	5.04	3.37	-6.68	11.03
12	90	9.56	10.90	10.50	-2.00	5.55	9.52	4.28	9.40	-9.59	6.86
1	91	13.39	9.59	10.27	8.32	10.35	17.25	5.13	7.12	1.17	19.30
2	91	13.08	10.18	4.52	2.31	6.23	8.12	4.36	11.49	-1.05	4.32
3	91	10.89	7.06	12.97	-0.91	8.32	-1.42	6.38	-5.06	2.16	-4.97
4	91	21.69	-1.76	14.53	7.42	16.76	16.40	8.83	1.11	6.02	-3.86
5	91	14.86	8.56	9.26	-3.80	8.41	2.78	5.45	-6.09	-7.25	6.17
6	91	16.99	7.55	4.90	12.35	14.67	7.98	6.35	13.95	3.26	-3.22
7	91	22.86	16.52	16.32	6.50	18.25	-14.14	9.44	11.65	3.84	12.98
8	91	21.90	10.29	25.58	9.76	9.73	21.37	21.40	-0.20	8.06	1.33
9	91	26.60	7.73	19.81	12.94	8.27	24.39	4.97	4.05	2.71	5.98
10	91	13.72	13.01	-2.33	11.64	11.28	12.72	0.46	12.33	5.94	-10.99
11	91	13.10	-0.83	10.24	7.00	-3.52	-7.49	-1.77	-0.52	12.08	3.56
12	91	10.08	0.47	6.54	4.12	8.13	16.80	6.03	8.66	4.31	-2.89
1	92	0.00	-10.45	-23.64	1.87	8.85	4.88	1.47	-8.33	6.82	-0.83

TABLA A.1: RENDIMIENTOS A FIN DE MES

Mes	Año	Serfin	Sidek	Synkro	Tamsa	Telmex	Visa	Vitro
1	88	-27.78	-56.25	-27.14	-23.12	1.92	20.42	-35.25
2	88	-17.76	-21.98	0.33	21.31	-1.65	12.52	-30.73
3	88	28.98	11.71	12.27	15.35	23.26	10.73	17.81
4	88	30.33	7.49	12.23	-22.68	22.66	27.43	15.68
5	88	1.76	9.23	-6.05	-26.65	-2.82	3.22	-8.58
6	88	15.65	1.59	15.81	12.46	6.30	11.46	13.80
7	88	21.27	16.41	14.08	-6.42	26.48	9.93	10.12
8	88	16.97	37.60	9.72	10.75	14.34	1.23	17.48
9	88	26.90	16.84	14.31	-37.63	18.49	9.39	12.95
10	88	17.01	11.07	9.71	11.65	13.71	-21.09	15.90
11	88	-1.35	-8.24	5.51	0.26	-1.14	-19.96	13.33
12	88	9.93	8.06	-4.31	21.49	20.95	9.56	10.71
1	89	16.15	16.65	24.22	14.38	11.31	9.72	12.12
2	89	17.08	25.10	7.27	15.92	20.57	8.98	17.61
3	89	17.52	4.38	12.85	2.72	4.65	8.11	5.00
4	89	9.49	1.35	-2.22	15.14	-0.13	-9.03	-1.55
5	89	6.13	15.34	7.45	-1.99	-2.48	10.74	-4.57
6	89	-14.80	-11.60	-1.03	10.65	8.88	-3.47	10.45
7	89	33.01	15.89	8.09	-5.30	9.04	2.87	7.66
8	89	-5.17	6.37	9.05	8.73	0.01	-0.60	4.12
9	89	-7.37	4.46	-4.03	-6.72	13.50	-8.07	8.52
10	89	18.48	7.19	14.10	17.56	11.75	4.35	18.23
11	89	9.90	12.02	9.92	22.09	14.91	4.68	10.91
12	89	6.39	3.56	3.92	3.04	0.92	7.13	5.67
1	90	-25.87	9.83	5.45	11.28	4.46	8.80	12.96
2	90	23.00	19.27	9.59	0.09	11.95	6.86	8.01
3	90	-5.81	10.93	8.27	20.29	6.63	2.41	11.92
4	90	10.45	19.52	7.08	6.25	13.60	9.13	5.04
5	90	-12.50	7.10	3.91	11.04	-14.32	-8.25	-9.15
6	90	11.48	5.10	7.29	17.70	19.67	10.06	10.77
7	90	13.30	10.11	-0.63	12.35	6.24	3.93	5.17
8	90	22.48	27.20	12.14	10.79	24.34	2.61	27.50
9	90	25.37	30.08	9.12	-5.73	26.84	15.72	19.09
10	90	9.78	9.41	9.72	10.63	-0.46	1.09	-3.47
11	90	14.87	0.37	11.93	9.41	10.32	-9.72	3.80
12	90	12.27	9.47	4.29	4.42	16.24	-0.35	11.71
1	91	11.20	17.14	8.10	17.11	14.45	9.88	10.86
2	91	18.46	-7.22	16.16	5.75	11.15	7.41	1.11
3	91	2.70	-10.54	10.34	-3.80	-13.15	0.81	4.26
4	91	10.95	12.27	-21.54	13.39	3.18	-4.36	1.81
5	91	7.25	-23.45	7.92	-4.84	5.27	-20.55	-14.21
6	91	7.48	23.20	10.60	14.52	20.40	-4.04	15.47
7	91	22.86	2.50	1.76	2.49	1.11	9.10	1.08
8	91	23.15	13.82	5.25	11.14	4.86	5.54	9.18
9	91	10.29	14.74	10.96	16.59	14.57	4.29	14.03
10	91	-9.30	9.16	11.85	9.52	3.56	-1.20	16.26
11	91	9.77	17.46	17.96	13.10	17.96	7.14	9.81
12	91	14.11	4.55	2.34	12.10	6.09	5.34	4.66
1	92	-17.79	12.46	17.79	-4.01	6.34	1.79	19.74

TABLA A2: VARIABLES MACROECONOMICAS

Mes	Año	Dow Jones	INPC	Pro.Ind	Cetes a 28 dias	Cetes a avg 91
12	87	1,938.0	10,647.2	112.3	121.84%	133.04%
1	88	1,958.2	12,293.5	107.0	154.12%	155.67%
2	88	2,034.0	13,318.9	106.9	153.46%	153.86%
3	88	1,978.0	14,000.9	109.8	95.84%	78.33%
4	88	2,032.0	14,431.9	107.3	65.16%	51.51%
5	88	2,031.0	14,711.1	107.1	50.66%	44.81%
6	88	2,142.0	15,011.2	107.6	40.36%	33.01%
7	88	2,061.0	15,261.8	102.6	40.25%	32.48%
8	88	2,032.0	15,402.2	108.9	41.25%	32.45%
9	88	2,113.0	15,490.2	106.0	41.85%	32.45%
10	88	2,149.0	15,608.2	109.9	44.57%	32.45%
11	88	2,115.0	15,817.3	114.9	49.92%	36.35%
12	88	2,182.7	16,817.3	114.2	52.30%	51.47%
1	89	2,341.1	16,542.6	112.4	50.78%	50.65%
2	89	2,258.4	16,767.1	110.5	49.15%	49.39%
3	89	2,281.3	16,948.8	112.3	47.79%	48.80%
4	89	2,401.4	17,202.3	116.6	50.09%	51.55%
5	89	2,475.0	17,439.1	115.6	51.83%	53.82%
6	89	2,439.5	17,650.9	115.3	56.60%	54.99%
7	89	2,633.9	17,827.4	111.4	47.03%	36.42%
8	89	2,737.3	17,997.3	116.0	34.76%	36.42%
9	89	2,686.7	18,169.4	110.5	34.35%	35.73%
10	89	2,645.1	18,438.1	114.9	37.92%	39.18%
11	89	2,706.3	18,696.9	119.5	38.99%	40.07%
12	89	2,732.3	19,327.9	113.9	40.55%	40.19%
1	90	2,590.5	20,260.7	117.2	41.29%	40.25%
2	90	2,627.3	20,719.5	112.9	45.20%	43.03%
3	90	2,707.2	21,084.8	122.0	46.65%	45.16%
4	90	2,656.8	21,405.7	115.5	44.64%	44.32%
5	90	2,876.7	21,779.7	121.3	36.92%	38.04%
6	90	2,880.7	22,258.9	120.8	32.38%	33.04%
7	90	2,905.2	22,664.8	118.7	30.66%	31.76%
8	90	2,614.4	23,051.0	122.7	29.72%	30.54%
9	90	2,452.5	23,379.6	117.5	30.14%	31.53%
10	90	2,442.3	23,715.7	125.1	28.70%	30.34%
11	90	2,559.7	24,345.4	126.9	24.82%	26.29%
12	90	2,633.7	25,112.7	123.6	25.99%	25.84%
1	91	2,736.4	25,752.8	124.6	23.64%	23.93%
2	91	2,882.2	26,202.3	118.0	23.15%	23.33%
3	91	2,913.9	26,576.0	119.5	22.04%	22.51%
4	91	2,887.9	26,854.4	127.4	21.12%	21.43%
5	91	3,027.5	27,116.9	126.0	19.77%	20.15%
6	91	2,906.8	27,401.5	124.4	17.74%	18.53%
7	91	3,024.8	27,643.6	123.3	18.47%	18.64%
8	91	3,043.6	27,836.0	123.4	16.71%	17.69%
9	91	3,016.8	28,113.3	124.8	17.55%	18.46%
10	91	3,069.1	28,440.3	128.8	17.87%	18.86%
11	91	2,894.7	29,146.4	126.5	16.62%	17.24%
12	91	3,168.8	29,832.5	125.9	16.65%	17.17%