

01168

6  
85



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

## TECNICAS DE SELECCION DE PORTAFOLIO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN INGENIERIA

( INVESTIGACION DE OPERACIONES )

P R E S E N T A

ALEJANDRO CUEVAS SALGADO

DIRIGIDA POR DR. SERGIO FUENTES MAYA



Cd. Universitaria

Septiembre de 1993

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# TECNICAS DE SELECCION DE PORTAFOLIO

**AGRADECIMIENTOS** i

**INDICE** ii

**RESUMEN** 1

## PARTE I. INTRODUCCION

<b>CAPITULO 1. INVERSIONES</b>	<b>3</b>
1.1. El Dinero, hoy y siempre	3
1.2. El Inversionista	4
1.3. Estrategia de Inversión	6
1.4. El Sistema Financiero Mexicano	7
1.5. El Sistema Bursátil Mexicano	12
1.6. La Bolsa Mexicana de Valores	14
1.7. El Mercado de Dinero	16
1.8. El Mercado de Capitales	18
1.9. Análisis de Acciones	24

## PARTE II. EL MODELO DE PRONOSTICO E INVERSION

<b>CAPITULO 2. EL MODELO DE PRONOSTICO</b>	<b>32</b>
2.1. El Modelo de Mercado	32
2.2. El Pronóstico	34
2.3. Riesgo de los Activos y del Mercado	35
2.4. Pronóstico del Riesgo	36

<b>CAPITULO 3. EL MODELO DE SELECCION DE PORTAFOLIO</b>	<b>38</b>
3.1. El Riesgo del Portafolio	38
3.2. Modelo de Media-Varianza Multiperiódico con Riesgo Pronosticado	39
3.3. Modelo de Media-Varianza Clásico Multiperiódico	41
<b>PARTE III. APLICACIONES</b>	
<b>CAPITULO 4. GENERACION DEL PRONOSTICO</b>	<b>43</b>
4.1. Identificación	44
4.2. Estimación	46
4.3. Verificación	47
4.4. Pronóstico	50
<b>CAPITULO 5. DETERMINACION DEL PORTAFOLIO OPTIMO</b>	<b>52</b>
5.1. El Conjunto Eficiente	52
5.2. El Portafolio Optimo	53
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>58</b>
<b>APENDICE A. TEORIA DE SERIES DE TIEMPO MULTIVARIADAS</b>	<b>59</b>
<b>APENDICE B. PARAMETROS DE LOS MODELOS (PRONOSTICO)</b>	<b>67</b>
<b>APENDICE C. GRAFICAS DE PRONOSTICO</b>	<b>73</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>104</b>

## RESUMEN

Este trabajo de tesis tiene por objetivo formular un conjunto de técnicas matemáticas, cuya utilidad potencial es apoyar al inversionista (decisor racional) en la toma de decisiones en inversiones en acciones (de empresas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores) en horizontes de corto plazo. En otras palabras, el objetivo fundamental es proporcionar una herramienta de aplicación práctica, y acorde a las necesidades y recursos reales del pequeño inversionista. Estas técnicas se describen enseguida.

En primer término, se presenta un modelo de pronóstico, fundamentado en la teoría de *Series de Tiempo Multivariadas*. Esta técnica permite la elaboración de un modelo de pronóstico para algunas acciones de la Bolsa Mexicana de Valores, en la concepción de un *Modelo de Mercado*; en consecuencia, el rendimiento esperado de las acciones, y su respectivo riesgo (varianza), son conocidos en un horizonte de varios días. Con esta información es posible aplicar un modelo de Selección de Portafolio para el horizonte de planeación dado. El modelo formulado es del tipo de Modelos de Media-Varianza, y es dinámico-determinista (multiperiódico). El acoplamiento de ambos modelos permite al inversionista la obtención de la política óptima de inversión, en un horizonte de planeación de cinco días, obteniendo el mayor rendimiento esperado al más bajo nivel de riesgo.

La aplicación de ambos modelos resulta muy práctica ya que, para el caso del Modelo de Mercado, sólo se requiere conocer las series de tiempo históricas de las acciones, recursos computacionales mínimos y de tiempo real. Por su parte, el Modelo de Selección también requiere de una microcomputadora y de tiempo real para la obtención del conjunto eficiente.

Sin embargo, ambos modelos adolecen de no ser perfectos, por lo que no reproducen exactamente la realidad. El Modelo de Mercado sólo

pronostica para algunos días; además de no predecir el momento del cambio en la tendencia de la Bolsa de Valores; debido a esto, el Modelo de Selección no necesariamente será 'bueno' para este tipo de situaciones, particularmente cuando ocurren cambios con tendencia a la baja. Una de las condiciones más difíciles de estructurar es la relacionada al tamaño del lote de acciones a comercializar, la cual no se presenta con la cuantización adecuada.

La principal contribución de este trabajo es la unificación de un Modelo de Mercado con un Modelo de Selección de Portafolio Multiperiodico, de forma tal que se proporciona un enfoque claro y amplio del entorno del Mercado de Valores y de las acciones mismas en forma individual; y cuya aplicación práctica está dentro de los recursos y limitaciones de un pequeño Inversionista.

Pero, a pesar de sus limitaciones y defectos, el Modelo descrito puede ser de gran ayuda al Inversionista; y ser base para futuras formulaciones de modelos más complejos y con mayor apego a la realidad del Mercado Bursátil Mexicano.

## PARTE I. INTRODUCCION

### CAPITULO 1. INVERSIONES

#### 1.1. El Dinero, hoy y siempre

La Historia del Mundo, desde tiempos inmemoriales, ha sido susceptible al factor económico en alguna medida. Esto significa que el papel del dinero ha sido determinante para el desarrollo de ciertos pueblos a lo largo de la evolución de la humanidad. De tal suerte que, paulatinamente, han aparecido, desde el uso de la moneda en la Edad Antigua, los usureros medievales, los primeros bancos holandeses en el siglo XVII, hasta llegar a los grandes emporios comerciales e imperios coloniales que el Capitalismo ha traído consigo en los tiempos contemporáneos. Así, en la actualidad, es tal la importancia del dinero que cualquier periódico o noticiero ofrece una sección completa al respecto. Así pues, el tener dinero es, en muchos casos, sinónimo de poder, cultura, linaje y de otras tantas cosas.

Pero no basta con tener dinero, tal vez lo más importante es saber administrarlo y hacer que genere más riqueza. Ha sido tal el desarrollo del Capitalismo y del uso del dinero, que la ciencia financiera se encarga de su estudio. Así pues, existe hoy en día una gama considerable de instrumentos en los que el dinero puede invertirse (bonos, papel comercial, moneda extranjera, cuentas bancarias, acciones, etc.), existen inversiones de renta fija (sin riesgo) y de renta variable (con riesgo). Estas últimas merecen particular atención, ya que son las que pueden hacer que el inversionista obtenga grandes ganancias en poco tiempo o también pérdidas considerables. De tal suerte que la función riesgo-rendimiento se encuentra en razón inversa. Surgiendo la necesidad de minimizar el riesgo y conseguir altos rendimientos.

## 1.2. El Inversionista

La riqueza de un Inversionista está representada por los recursos económicos que posee. Estos recursos pueden ser bonos, cuentas bancarias, o simplemente dinero en efectivo (en papel o amonedado), los cuales, después de un proceso de inversión, pueden servir para incrementar la riqueza inicial.

Por otra parte, todo Inversionista tiene que hacer algo para incrementar su riqueza inicial, es decir, tiene que invertir sus recursos monetarios en uno o varios instrumentos de inversión y obtener utilidades. Para lograr este objetivo tiene que decidir en qué invertir, cuando y cuanto de sus recursos disponibles. Por supuesto, las decisiones racionales son las que le reeditarán mayores rendimientos y así incrementar su riqueza. Por lo tanto, el Inversionista es un decisor racional, y por ello, debe emplear técnicas analíticas precisas, para obtener una visión clara y lo más próxima al entorno donde se desenvuelven sus inversiones.

El Inversionista busca siempre un medio adecuado para invertir sus recursos, y éste es un Mercado de Valores o Bolsa de Valores, en donde las alternativas de inversión son amplias. También podrían ser susceptibles de inversión proyectos industriales, comerciales o de prestación de servicios, ya sean de creación de nuevas empresas o para expansión de otras ya existentes. Es conveniente aclarar que en este trabajo los términos 'inversión' e 'inversionista' se aplican a las *inversiones financieras*.

Un Inversionista puede invertir su dinero en cualquier parte del mundo, pues en todas partes existen Mercados Financieros, en particular en la Bolsa Mexicana de Valores, ya que actualmente cumple con condiciones rentables para la inversión financiera<sup>17,20</sup>. Suponiendo que el Inversionista elige este Mercado, él debe estar dentro de las reglas (leyes, reglamentos, disposiciones, etc.) que regulan el Mercado Mexicano de Valores. Además de las reglas oficiales, existen otras, impuestas por los Intermediarios (Casas de Bolsa), tales como los montos mínimos de Valores requeridos al efectuar una transacción.

Es importante reconocer que en la Bolsa Mexicana de Valores las cotizaciones de los Valores de renta variable (acciones) fluctúan ampliamente y, en consecuencia, el riesgo asociado a estas inversiones es sumamente alto. Pero, el Inversor sabe también que es ahí donde puede obtener grandes ganancias en el corto plazo, días o semanas como máximo. Este tipo de movimientos en los precios pueden deberse a un conjunto muy amplio de razones (políticas, psicológicas, económicas, etc.) que afectan de una u otra forma al Mercado. Así pues, la información que le permitirá invertir en el corto plazo es la que tiene que ver con el Mercado mismo, es decir, con el movimiento de los precios de las acciones y del índice del Mercado. La información relacionada con la calidad misma de las empresas que emiten acciones pasa a segundo plano, ya que la publicación y asimilación de ésta por el Inversor, ocurre en intervalos de algunos meses, por lo que, para sus objetivos y necesidades, le es completamente insuficiente. De esta manera, lo que importa al Inversor es que las acciones susceptibles para invertir son aquellas que cotizan todos los días, es decir, aquellas que son fáciles de comprar y vender, ya que un pequeño retraso, o adelanto, en la transacción puede significar una pérdida. Es por ello, que el Inversor debe aprovechar hábilmente los períodos con tendencia alcista, *comprando bajo y vendiendo alto*, en operaciones sobre capital de riesgo (acciones).

Sintetizando, se supone que el Inversor tiene un objetivo fundamental, *incrementar su riqueza*. Asimismo, es un decisor racional, esto es, toma únicamente las decisiones que favorecen el alcance de sus objetivos y antepone la razón (analiza objetivamente cualquier eventualidad) frente a cualquier situación; tiene aversión al riesgo, por lo que intenta ganar el mayor rendimiento al mínimo de riesgo. Y dispone de los siguientes recursos: una riqueza inicial limitada; su horizonte de planeación es finito y de corto plazo (N días); emplea técnicas matemáticas de pronóstico y optimización; sus recursos computacionales son modestos (microcomputadoras y paquetes); su tiempo de cálculo y análisis estadístico es muy pequeño (minutos o a lo más algunas horas); y la información disponible es limitada y del dominio público (periódicos y revistas).

### 1.3. Estrategia de Inversión

Después de haber expuesto el punto de vista de un Inversionista, en el ambiente de la Bolsa Mexicana de Valores, conviene presentar una estrategia para alcanzar los mencionados propósitos del Inversionista. El desarrollo de esa estrategia es el objetivo fundamental de este trabajo de tesis, el cual se encuentra a continuación.

La estrategia consiste en desarrollar un conjunto de técnicas matemáticas que permitan al Inversionista tomar decisiones racionales de inversión, dentro de sus objetivos establecidos, para incrementar su riqueza. Desde el punto de vista matemático, el conjunto de esas técnicas consta de dos etapas a) pronosticar el valor de los instrumentos de inversión, y b) optimizar los resultados para encontrar una política óptima de inversión.

La obtención de la política óptima de inversión, permite al decisor invertir el capital disponible, en un momento dado, en uno o varios instrumentos, de tal forma que se consigue formar un Portafolio de inversiones, es decir, un conjunto de instrumentos que le garantizan un mínimo de riesgo para los rendimientos deseados, mediante una diversificación racional de sus inversiones.

El desarrollo de la estrategia del inversionista se realiza bajo el siguiente esquema.

En primer término, en las secciones siguientes de este Capítulo se presenta una breve introducción de lo que son el Sistema Financiero y el Sistema Bursátil Mexicanos, con el fin de ubicar al lector dentro del medio de las Inversiones. Los Capítulos 2 y 3 presentan la formulación teórica de las Técnicas de Pronóstico y Selección de Portafolio, mediante la introducción de un Modelo de Mercado para explicar el comportamiento de las acciones de la Bolsa de Valores; y de un Modelo de Selección de Portafolio (de inversiones) cuyos datos de entrada son los obtenidos del Modelo de Mercado. En los Capítulos 4 y 5 se muestran las aplicaciones hechas según la teoría de los dos Capítulos previos; los datos empleados son reales, de acciones de empresas que cotizan en la Bolsa de Valores.

Finalmente, se concluye que el Modelo de Selección de Portafolio (Media-Varianza Multiperiódico con Riesgo Pronosticado) puede proporcionar al Inversor una técnica analítica confiable para la Selección de sus inversiones, en situaciones reales y de corto plazo, bajo entornos de alto riesgo.

#### 1.4. El Sistema Financiero Mexicano<sup>7,17</sup>

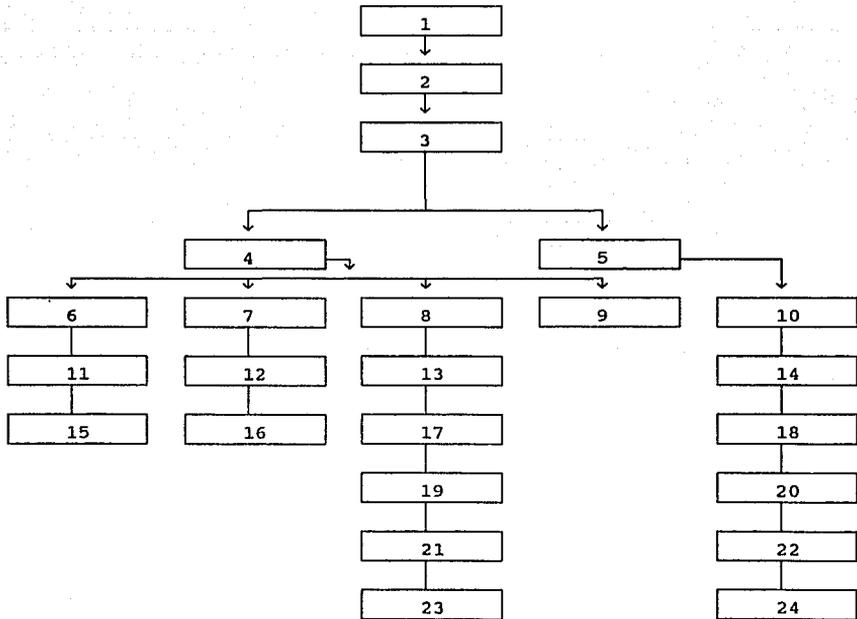
El Sistema Financiero Mexicano está constituido por una estructura de órganos de diverso nivel, y tiene como propósito la definición de la política financiera, en concordancia con la política de desarrollo nacional, la regulación, inspección y vigilancia, promoción y operatividad sobre los flujos de dinero, ahorro, tasa de interés y el tipo de cambio. Existen tres organizaciones reguladoras y supervisoras:

- a) Banco de México, cuyas principales funciones son el control de la emisión, la circulación y la regulación crediticia y cambiaria.
- b) Comisión Nacional Bancaria y de Seguros, que regula la operación de las instituciones bancarias, de seguros y de fianzas.
- c) Comisión Nacional de Valores, que regula la operación del Sistema Bursátil.

En el organigrama de la Figura 1.1 se muestra esquemáticamente al Sistema Financiero Mexicano<sup>17</sup>. Además, a nivel operativo existen otras organizaciones, las cuales se describen a continuación:

- Sociedades Nacionales de Crédito, las cuales las hay de dos tipos: la banca múltiple (conocidos como bancos) y la banca de desarrollo, cuyo objetivo es fomentar el desarrollo en un área específico.
- Instituciones Privadas de Crédito, como el Citibank, el Banco Obrero y las representaciones de otros Bancos Extranjeros.
- Organizaciones Auxiliares de Crédito (Privadas o Públicas), las cuales son Arrendadoras, Uniones de Crédito, Almacenes Generales de Depósito y Casas de Cambio.

Figura 1.1. El Sistema Financiero Mexicano<sup>7</sup>



- 1) SECRETARIA DE HACIENDA Y CREDITO PUBLICO
- 2) SUBSECRETARIA DE LA BANCA NACIONAL
- 3) BANCO DE MEXICO
- 4) COMISION NACIONAL BANCARIA Y DE SEGUROS
- 5) COMISION NACIONAL DE VALORES
- 6) SOCIEDADES NACIONALES DE CREDITO
- 7) INSTITUCIONES PRIVADAS DE CREDITO
- 8) ORGANIZACIONES AUXILIARES DE CREDITO
- 9) INSTITUCIONES DE SEGUROS Y FIANZAS
- 10) ORGANIZACIONES BURSATILES

- 11) BANCA MULTIPLE
- 12) CITIBANK, BANCO OBRERO
- 13) PRIVADAS NACIONALES
- 14) REGISTRO NACIONAL DE VALORES E INTERMEDIARIOS
- 15) BANCA DE DESARROLLO
- 16) OFICINAS DE REPRESENTACION DE BANCOS EXTRANJEROS
- 17) ARRENDADORAS FINANCIERAS
- 18) INSTITUCIONES PARA EL DEPOSITO DE VALORES
- 19) UNIONES DE CREDITO
- 20) BOLSA MEXICANA DE VALORES
- 21) ALMACENES GENERALES DE DEPOSITO
- 22) AGENTES DE BOLSA
- 23) CASAS DE BOLSA

-Instituciones de Seguros y Fianzas, y Casas de Bolsa (Privadas o Públicas).

-Instituciones Bursátiles. Estas comprenden a la Bolsa de Valores, los Agentes de Bolsa, el Registro Nacional de Valores e Intermediarios y las Instituciones para el Depósito de Valores.

Las funciones esenciales del Sistema Financiero son las siguientes:

- a) Determinar la política financiera.
- b) Actualizar el marco normativo que le permita instrumentar la política financiera.
- c) Regular los flujos monetarios, el crédito, la tasa de interés y el tipo de cambio.
- d) Fomentar y captar el ahorro social para canalizarlo a la inversión productiva.
- e) Diseñar mecanismos para ofrecer a las empresas alternativas adecuadas de financiamiento a diversos plazos.

El objetivo que persigue el Sistema Financiero es contribuir al aumento de la capacidad productiva de la sociedad, poniendo a disponibilidad de los productores los recursos para el desarrollo y modernización permanente de la planta productiva, cubrir sus necesidades de capital e incrementar los volúmenes de inversión y financiamiento.

La Secretaría de Hacienda y Crédito Público es el órgano rector del Sistema Financiero, le corresponde definir la política financiera del país, elaborar el marco normativo que rige el funcionamiento y operación del sistema. Le corresponde tomar decisiones de alto nivel que afectan el comportamiento de las variables financieras (crédito, dinero, cambios, tasa de interés, etc.) y de los intermediarios. Asimismo, vigila el cumplimiento de la política para el desarrollo.

**EL ENTORNO ECONOMICO ACTUAL Y EL PAPEL DEL SISTEMA FINANCIERO.**  
Dada la situación económica del país, el Gobierno Federal ha establecido una estrategia para el desarrollo nacional,

institucionalizada en el *Plan Nacional de Desarrollo (1989-94)*, cuyas principales metas son alcanzar una tasa de crecimiento cercana al 6% anual hacia finales del período y reducir la inflación a un nivel comparable al de los principales socios comerciales de México. Para tal efecto se definen las líneas básicas:

- a) Estabilización continua de la economía (estabilidad de precios).
- b) La ampliación de la disponibilidad de recursos para la inversión productiva.
- c) La modernización económica, adaptando las estructuras económicas a las cambiantes condiciones por las que atraviesa el país y a las tendencias de la economía mundial.

En cuanto a la política monetaria, financiera y crediticia, los lineamientos más significativos son:

- a) El Sector Público se apoyará más en la colocación de valores gubernamentales en el mercado que en el uso de crédito directo del Banco de México.
- b) La política de tasas de interés estará enfocada a lograr dos objetivos, otorgar rendimientos atractivos al ahorrador y promover tasas reales.

En el Plan se reconoce que la inversión pública en periodos anteriores fue insuficiente, causando un estancamiento en el crecimiento económico nacional; para revertir esa tendencia, la nueva política de financiamiento para la inversión productiva plantea lo siguiente:

- Incrementar ahorro interno, público y privado.
- Mejorar los términos de intercambio del país, es decir, mejorar los precios de los productos de exportación en relación a las importaciones.
- Reducir las transferencias netas de recursos financieros al exterior.

La transferencia de recursos al exterior se pretende reducir como resultado de la renegociación de la deuda externa, proceso concluido

en 1992; y con el fortalecimiento de las exportaciones no petroleras, a fin de contrarrestar el deterioro de los términos de intercambio que se presentó con la reducción del precio internacional del petróleo, debido a la alta proporción que representó en las exportaciones en periodos pasados.

**MODERNIZACION FINANCIERA.** En el Plan se destacan los cambios que ha experimentado el Sistema Financiero, tanto a escala nacional como internacional. El surgimiento de otros intermediarios financieros además de los bancarios, así como el grado de integración alcanzado por los mercados financieros del mundo.

La política actual establece una amplia flexibilidad a las tasas de interés con el fin de atraer capitales extranjeros; y sugiere a la banca dejar de financiar al Gobierno Federal. Asimismo, se plantea una reducción en el Sector Público, en cuanto a su gasto y tamaño, una mayor productividad en las empresas públicas y una eficiente recaudación fiscal. En consecuencia se espera una mayor inversión pública que en periodos pasados.

El Sistema Financiero mantiene el objetivo incumplido del anterior Plan (1984-88), que es el de incrementar la captación del ahorro interno y canalizarlo con eficiencia y oportunidad al sistema productivo. Los propósitos que persigue la modernización del Sistema Financiero son los siguientes:

- a) Aumentar la eficiencia operativa y la autonomía de gestión de la banca. Este objetivo fue rebasado, ya que la autonomía llegó a la desincorporación al entrar el proceso de reprivatización.
- b) Examinar la reglamentación de seguros y fianzas, Mercado de Valores y otros intermediarios financieros para garantizar un eficiente funcionamiento de los mercados. En Julio de 1990 se promulgó una nueva ley bancaria, se reforzó la ley del Mercado de Valores y se emitió el decreto de Grupos Financieros.
- c) Lograr la consolidación del Mercado de Capitales, a fin de apoyar los requerimientos de inversión productiva. A este respecto es

importante señalar que hasta la fecha, los principales intermediarios financieros, las Casas de Bolsa, no han aportado recursos a la inversión productiva, ya que su papel ha sido el de instituciones de centralización de capital, que a través de medios especulativos, se han apoderado o adquirido importantes paquetes accionarios de las principales empresas del país.

La internacionalización del Sistema Financiero, como consecuencia del Tratado de Libre Comercio, ha creado la expectativa de que una vez firmado, la inversión extranjera fluya a México, previa reforma de la Ley de Inversión Extranjera. Ya que estos capitales se orientan hacia países que proporcionan altas tasas de ganancias con la mayor estabilidad política, esto es, inversiones sin riesgo y con garantía de protección a dichos capitales. Aquí entran los elementos como bajo costo de materias primas y mano de obra barata que el país ofrece.

De esta forma, se ha expuesto que el Sistema Financiero intenta responder a la problemática económica nacional, es decir, el desarrollo firme y sostenido, mediante su modernización e internacionalización, a través de la captación de recursos y su respectiva canalización al sector productivo.

Finalmente, bajo este entorno la Bolsa Mexicana de Valores se convierte en un centro potencial de inversión de capital, atractivo para inversiones financieras e industriales.

#### 1.5. El Sistema Bursátil Mexicano<sup>7,17</sup>

El Sistema Bursátil Mexicano es el conjunto de organizaciones, tanto públicas como privadas, por medio de las cuales se llevan a cabo actividades crediticias mediante títulos-valor que se negocian en la Bolsa Mexicana de Valores, de acuerdo con las disposiciones de la Ley del Mercado de Valores. Para dar una idea rápida del Sistema Bursátil Mexicano, éste puede sintetizarse en las siguientes líneas.

Oferentes y Demandantes intercambian los Recursos Monetarios, obteniendo los primeros un Rendimiento y pagando los segundos un Costo, y ambos entran en contacto a través de Casas y Agentes de

Bolsa. Las operaciones de intercambio de recursos se documentan mediante Títulos-Valor que se negocian en la Bolsa Mexicana de Valores. Tanto estos documentos como agentes y Casas de Bolsa deben estar inscritos en el Registro Nacional de Valores e Intermediarios. Los documentos, además, deben depositarse en Instituciones para el Depósito de Valores. La Comisión Nacional de Valores supervisa y regula la realización de todas estas actividades y la Ley del Mercado de Valores reglamenta el sistema en general.

A continuación se detallan cada una de las partes que forman el Sistema Bursátil Mexicano.

Se definen como Valores a las acciones, obligaciones y demás títulos de crédito emitidos en serie o en forma masiva, que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores<sup>17</sup>.

El Registro Nacional de Valores e Intermediarios es un organismo formado por una sección de valores y otra de intermediarios y está a cargo de la Comisión Nacional de Valores.

Las Casas de Bolsa son las sociedades anónimas registradas en la Sección de Intermediarios del Registro Nacional de Valores e Intermediarios. Las actividades que éstas realizan son las siguientes:

- Actuar como intermediarios en el Mercado de Valores.
- Recibir fondos por concepto de las operaciones con Valores que se les encomienden.
- Otorgar créditos para apoyar la inversión en Bolsa de sus clientes.
- Prestar asesoría en materia de Valores.
- Actuar como representantes comunes de obligacionistas y tenedores de otros Valores.
- Administrar las reservas para pensiones o jubilaciones de personal.

Todas las Casas de Bolsa cobran las mismas tarifas por sus servicios, pero la modalidad en que éstos son ofrecidos varía mucho (como los montos mínimos para inversión, información de valores, etc.). Además, los inversionistas sólo pueden participar en el Mercado de Valores a través de las Casas de Bolsa o por medio de las

Instituciones Bancarias autorizadas para actuar como intermediarios bursátiles.

La Comisión Nacional de Valores es el organismo encargado de regular el Mercado de Valores, en términos de la Ley del Mercado de Valores y de sus disposiciones reglamentarias, y de vigilar la debida observancia de éstos.

Finalmente, el espacio en donde se desenvuelven e interaccionan todos los agentes mencionados, es la *Bolsa Mexicana de Valores*, la cual se describe en la siguiente sección.

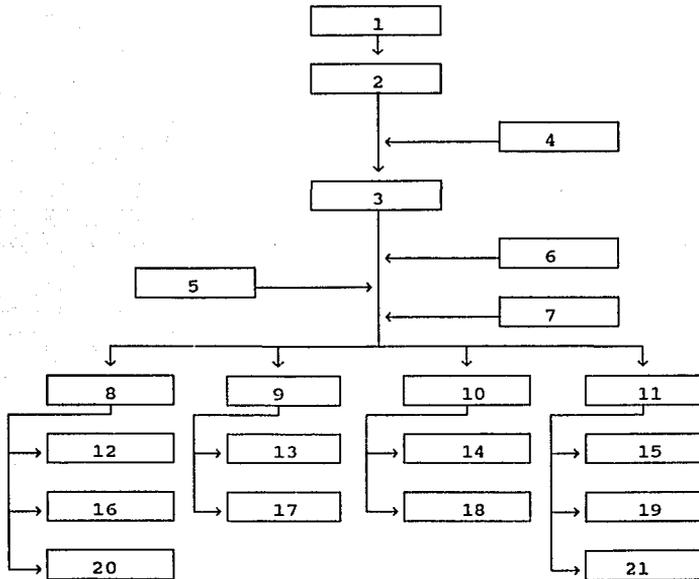
#### 1.6. La Bolsa Mexicana de Valores<sup>7,17</sup>

Las primeras operaciones con valores que se realizaron en México se concertaron hacia 1880 en las oficinas de la Compañía Mexicana de Gas, principalmente con títulos de compañías mineras. Las operaciones con estas acciones concluyeron en 1894, cuando se constituyó la Bolsa de Valores de México, la cual se disolvió pocos años después. En 1907 se creó la Bolsa Privada de México, que en 1910 cambió su nombre por el de Bolsa de Valores de México, S.C.L., y que operó ininterrumpidamente hasta 1933, año en que se transformó en la Bolsa de Valores de México, S.A. de C.V., y que fue autorizada para actuar como institución auxiliar de crédito.

En 1975 se promulgó la Ley del Mercado de Valores que estableció el marco legal para el funcionamiento del Sistema Bursátil Mexicano. Por último, en 1976, la Bolsa de Valores de México adoptó su denominación actual de Bolsa Mexicana de Valores, S.A. de C.V. La Figura 1.2 muestra un organigrama de la Bolsa Mexicana de Valores.

El funcionamiento de la Bolsa Mexicana de Valores gira en torno a las operaciones de intercambio de recursos monetarios que, mediante títulos-valor, se llevan a cabo en su piso o salón de remates, sitio que está dispuesto para el intercambio entre oferentes y demandantes. En este salón se reúnen los agentes de Bolsa y los operadores de piso (representantes de Casas de Bolsa) para concretar las operaciones de compra-venta de Valores.

Figura 1.2. La Bolsa Mexicana de Valores, S. A. de C. V.<sup>7</sup>



- 1) CONSEJO DE ADMINISTRACION
- 2) ASAMBLEA DE ACCIONISTAS
- 3) DIRECCION GENERAL
- 4) AUDITORIA EXTERNA
- 5) AUDITORIA INTERNA
- 6) ASESORIA LEGAL
- 7) ASESORIA ECONOMICA
- 8) DIRECCION DE ADMINISTRACION Y FINANZAS
- 9) DIRECCION DE COMUNICACION Y RELACIONES
- 10) DIRECCION DE INFORMATICA
- 11) DIRECCION DE OPERACIONES
- 12) SUBDIRECCION DE ADMINISTRACION Y FINANZAS

- 13) SUBDIRECCION DE COMUNICACION
- 14) SUBDIRECCION DE SISTEMAS
- 15) SUBDIRECCION DE MERCADOS
- 16) SUBDIRECCION DE ESTUDIOS FINANCIEROS
- 17) SUBDIRECCION DE INFORMACION Y DIFUSION
- 18) SUBDIRECCION DE PROCESAMIENTO Y SOPORTE
- 19) SUBDIRECCION DE OPERACIONES
- 20) SUBDIRECCION DE RECURSOS HUMANOS
- 21) SUBDIRECCION DE ANALISIS TECNICO

La operatividad del Mercado de Valores es desarrollada por los intermediarios financieros, Bancos y Casas de Bolsa, de acuerdo a lo establecido a la Ley del Mercado de Valores. Así pues, desde este punto de vista, el Mercado de Valores está constituido por el Mercado de Dinero y el Mercado de Capitales, los cuales se describen enseguida.

### 1.7. El Mercado de Dinero<sup>17</sup>

El Mercado de Dinero es un mercado de instrumentos de deuda de corto plazo, en el que actúan los demandantes y oferentes, a través de los intermediarios para llegar a las transacciones de dinero a un precio que generalmente se lleva a cabo a 'descuento' y siempre se relaciona con el 'rendimiento' (o costo del dinero). Aquí las empresas y las entidades gubernamentales satisfacen sus necesidades de liquidez a corto plazo, mediante la emisión de instrumentos de financiamiento y su respectiva colocación. Estos instrumentos pueden clasificarse, de acuerdo a su fuente de emisión, en tres grupos, los cuales se detallan a continuación.

#### Valores Gubernamentales

CETES. Son títulos de crédito al portador, a cargo del Gobierno Federal; no contienen estipulación sobre pago de intereses y son colocados a tasas de descuento; su valor nominal es de N\$10; el agente colocador y amortizador es el Banco de México; forman parte del endeudamiento directo del Sector Público Federal; el Gobierno Federal se obliga a pagar al vencimiento su valor nominal. Los plazos son de 1, 3 y 12 meses.

PAGARES DE LA TESORERIA DE LA FEDERACION (PAGAFES). Son títulos de crédito denominados en dólares de los Estados Unidos de América, en los cuales se consigna la obligación del Gobierno Federal de pagar una suma en Moneda Nacional equivalente al valor de dicha moneda, en una fecha determinada. Es un instrumento que tiene formalmente todas las características de los Cetes. Su valor nominal es de \$1,000 US dólares y los plazos de vencimiento son menores de un año.

**BONOS DE LA TESORERIA DE LA FEDERACION (TESOBONOS).** Son títulos de crédito negociables, denominados en moneda extranjera, en los cuales se consigna la obligación del Gobierno Federal de pagar en una fecha determinada, a través del Banco de México, el equivalente en Moneda Nacional calculado al tipo de cambio libre. Su valor nominal es de 1000 dólares a plazos de 91 y 182 días.

**BONOS AJUSTABLES DEL GOBIERNO FEDERAL (AJUSTABONOS).** Son títulos de crédito nominativos, negociables, denominados en Moneda Nacional, en los que se establece la obligación del Gobierno Federal de pagar una suma en Moneda Nacional en una fecha determinada y su valor se ajustará periódicamente en la misma proporción en que varíe el Índice Nacional de Precios al Consumidor, publicado por el Banco de México. Su valor nominal es de N\$100 a plazo de tres años.

**BONOS DE DESARROLLO DEL GOBIERNO FEDERAL.** Es un título de largo plazo (un año o más), que ampara créditos en Moneda Nacional emitidos por el Gobierno Federal a través del Banco de México, el cual se obliga a pagar su valor nominal más intereses en fechas determinadas. Tiene las mismas características de los Cetes, sólo que es de largo plazo.

#### Valores Bancarios

**ACEPTACIONES BANCARIAS.** Se definen como letras de cambio que son giradas por empresas domiciliadas en el país, a su propia orden y aceptadas por instituciones de Banca Múltiple a fin de cubrir financiamientos a corto plazo, aplicándolos a rendimientos de capital de trabajo. Su rendimiento proviene del diferencial entre el precio de compra a tasa de descuento y su valor nominal al vencimiento. Su valor nominal es de N\$100.

**PAGARE CON RENDIMIENTO LIQUIDABLE AL VENCIMIENTO.** Es un título de crédito bancario, expedido por las instituciones de banca múltiple y su rendimiento se deriva del diferencial entre el precio de compra a través de tasa de descuento y el valor nominal al vencimiento. Su plazo consta de 130 periodos de 28 días cada uno, o sea, de aproximadamente 10 años. Su valor nominal es de N\$100.

## Valores Empresariales

**PAPEL COMERCIAL.** Es un pagaré suscrito por sociedades anónimas, sin garantía específica sobre los activos de la empresa emisora, que ampara una deuda de corto plazo, la cual será pagadera en una fecha determinada. Su valor nominal es de N\$100 o sus múltiplos y se opera a través de una tasa de descuento. Su rendimiento se obtiene de igual forma que los Cetes.

**PAPEL COMERCIAL INDICADO AL TIPO DE CAMBIO LIBRE DEL DOLAR.** Son títulos de crédito que se documentan a través de pagarés y que no tienen garantía específica, emitidos por empresas públicas y privadas del país a corto plazo, denominadas en Moneda Nacional pero vinculados al tipo de cambio libre. Su valor nominal es de N\$100. Su rendimiento proviene del diferencial entre el precio de compra y el de venta, más una ganancia cambiaria.

**BONOS DE PRENDA.** Son títulos de créditos que amparan mercancías, emitidos a corto plazo por los Almacenes Generales de Depósito y son representativos de las mercancías que se encuentran bajo su custodia, las cuales actúan como garantía del bono. Su valor nominal es de N\$100, colocándose a través de una tasa de descuento, por lo que el rendimiento proviene del diferencial entre el precio de compra y el valor nominal al vencimiento.

**PAGARE PEMEX (PETROPAGARES).** Son títulos de crédito a cargo de Petróleos Mexicanos, que se garantizan y que se emiten por esta empresa a mediano plazo, obligándose a pagar directa e incondicionalmente a los tenedores al vencimiento.

### 1.8. El Mercado de Capitales<sup>7,17</sup>

El Mercado de Capitales puede definirse como "el punto de concurrencia de fondos provenientes de las personas, empresas y gobierno, con los demandantes de dichos fondos que normalmente lo solicitan para destinarlo a la formación de capital fijo". Sus características fundamentales son las operaciones a mediano y largo plazo, el financiamiento para la formación de capital fijo,

rendimientos variables en acciones y riesgos en la inversión. Los instrumentos de este mercado son los siguientes.

**OBLIGACIONES.** Son títulos de crédito nominativos, emitidos por sociedades anónimas o dependencias gubernamentales, representando la participación proporcional de un crédito colectivo a cargo del emisor, de mediano o largo plazo. Contienen la promesa por parte de la empresa (emisora), de pagar a sus poseedores en los plazos preestablecidos una determinada cantidad por concepto de intereses, los cuales son calculados sobre el monto del capital señalado en los títulos y de restituir ese monto mediante amortizaciones convenidas. Existen varios tipos de obligaciones, por ejemplo:

*Quirografarias*, que no requieren más respaldo que la solvencia de la empresa emisora.

*Hipotecarias*, o avaladas por alguna institución de crédito o fondo de fomento, y que tienen como garantía una hipoteca sobre bienes inmuebles de la empresa.

*Convertibles en acciones de la empresa emisora*, que en una fecha predeterminada pueden ser cambiadas por acciones del capital social de la empresa emisora.

El plazo de vigencia de la obligación puede ser de 3 a 10 años, con un período mínimo de gracia equivalente a la mitad del plazo de la emisión durante el cual no hay pagos de indemnización.

**BONOS DE RENOVACION URBANA.** Son títulos de crédito emitidos por el Departamento del Distrito Federal, a largo plazo (10 años). Pagan trimestralmente una tasa, determinada por el promedio de las tasas de los Certificados de Depósito Bancarios a 90 días de las 4 semanas anteriores al pago.

**CERTIFICADOS DE PARTICIPACION INMOBILIARIA AMORTIZABLES (CPI's).** Son títulos que emiten las instituciones de crédito, que tienen como garantía inmuebles comprometidos como patrimonio de un fideicomiso constituido para un proyecto determinado. Además del cobro de un

interés mínimo garantizado, permite la obtención de una ganancia que está en relación a la plusvalía que el inmueble, objeto del destino de la emisión, adquiera durante el período de amortización de los certificados. Su valor nominal es de N\$10 y el plazo es de 3 años.

**CERTIFICADOS DE PLATA.** Son certificados de participación ordinaria; nominativos, no amortizables, que confieren al tenedor el derecho a la parte alicuota de la titularidad de la masa de plata fideicomitida de millones de onzas calidad *good delivery*, que resulte de dividir ésta entre el número de certificados en circulación y el recibir la propia parte alicuota de la plata que sea adjudicada. No se establece ningún rendimiento garantizado, sino que éste proviene del diferencial entre el precio de compra y el precio de venta.

**SOCIEDADES DE INVERSION.** Son instituciones integradas por una gran cantidad de socios que aportan sus recursos para su constitución y desarrollo, los cuales son canalizados al Mercado de Valores. La compra de valores se realiza con recursos provenientes de los socios, los cuales reciben a cambio acciones representativas del capital social de la sociedad de inversión de que se trate. La estructuración de la cartera de inversiones tiene que ser de acuerdo a los siguientes criterios: diversificación de riesgo, fomento de actividades prioritarias, seguridad, liquidez y rentabilidad atractiva. Asimismo, existen varios tipos de sociedades, los cuales se explican enseguida.

**SOCIEDADES DE INVERSION COMUNES.** Operan y estructuran carteras de inversión que contienen valores y documentos de renta variable (acciones, descritas posteriormente) y de renta fija.

**SOCIEDADES DE INVERSION DE RENTA FIJA.** Se orientan a la estructuración de carteras sobre títulos de renta fija. Su actividad se enfoca hacia el Mercado de Dinero.

**SOCIEDADES DE INVERSION DE CAPITALES.** Tienen como objetivo la creación de empresas y apoyar a aquellas que quieran ampliar su capacidad productiva, es decir, se enfocan a la inversión productiva, a la diversificación y modernización de los procesos de producción.

**ACCIONES.** Las acciones son títulos que representan la propiedad de su tenedor sobre una de las partes iguales en que se divide el capital contable de una sociedad anónima. Son los únicos Valores considerados de renta variable en el medio bursátil y son, al mismo tiempo, los Valores que pueden producir más ganancias o más pérdidas al Inversorista.

A las acciones se les considera inversiones a largo plazo, aunque no tienen fecha de vencimiento, ya que su existencia depende de la existencia misma de la empresa cuyo capital representan. Y, por otro lado, sus rendimientos provienen tanto de los dividendos que las empresas con utilidades pagan a sus tenedores, como de ganancias de capital, al comprar a un precio y vender a otro más alto. La forma tradicional de evaluar acciones consiste en calcular la tasa de rendimiento con base en el precio de compra y el flujo de ingresos por dividendos. Pero para un gran número de Inversoristas (probablemente la mayoría), el interés principal en la inversión de acciones no radica en los ingresos por dividendos, sino en los que se pueden lograr mediante ganancias de capital, que pueden ser muy elevados y que normalmente se buscan tanto a largo plazo como a plazos cortos y medianos, dependiendo la estrategia adoptada por el Inversorista.

Los tipos y características de las acciones son los siguientes:

**Acciones Comunes.** Son las que otorgan los mismos derechos e imponen las mismas obligaciones a todos sus tenedores. Estos tienen derecho a voz y voto en las asambleas de accionistas y también igualdad de derechos para percibir dividendos cuando la empresa tenga utilidades.

**Acciones Preferentes.** En caso de liquidación de la empresa, se liquidan antes que cualquier otro tipo de acción que exista en circulación. No tienen derecho de voto, salvo cuando se acuerde que tienen voto limitado en asambleas extraordinarias a las que se convoquen para tratar asuntos como prórroga de la duración, disolución de la sociedad y otros. Antes de asignar pagos de dividendos a las acciones comunes se debe cubrir un pago a las preferentes del 5% mínimo.

El *Valor Nominal* de una acción se determina dividiendo el capital social entre el número de acciones en que se decide dividir ese capital. El *Valor en Libros* o *Valor Contable* es el valor que tendría el documento en caso de liquidación de la empresa. El *Valor de Mercado* de una acción es el precio al que se cotiza en un momento dado en la Bolsa Mexicana de Valores.

Otro concepto importante es el *Split* o división de acciones, el cual se produce cuando se aumenta el número de acciones sin aumentar el capital social, lo cual resulta en la disminución del valor nominal de las acciones, ya que se reparte el mismo capital que existía antes entre un número mayor de aquéllas. Se produce un *Split invertido* cuando, en vez de aumentar, se reduce el número de acciones, con los consecuentes efectos contrarios.

Las operaciones de compra-venta se llevan a cabo de acuerdo a una cantidad mínima de acciones o unidades de transacción, denominadas *lotes*, los cuales se determinan en función del precio de los valores, pudiendo negociar el lote mínimo o sus múltiplos, así por ejemplo, si el precio por unidad es de N\$50.25 a N\$100, el lote mínimo es de 2000 acciones. En general, la magnitud del lote depende de cada instrumento. Pudiera ser que, en ciertos casos, quedara un remanente que no alcance a constituir un lote, a esta cantidad de valores se le denomina *pico*.

Las modificaciones que van teniendo los precios de los valores están sujetos a variaciones mínimas determinadas, llamadas *pujas* y se establecen en función del precio del valor; en el caso de acciones, si el precio unitario es de entre N\$10.05 y N\$20 la puja será de N\$0.05.

Las Casas de Bolsa cobran el 1.7% por concepto de comisión, tanto a la compra como a la venta de acciones, y la liquidación de las mismas ocurre en las 48 horas siguientes.

Las acciones, como ya se dijo, cotizan en la Bolsa de Valores, respondiendo a diversos factores e interaccionando entre sí. Es así como resulta conveniente medir esta actividad por medio de un parámetro que represente el comportamiento en conjunto del Mercado de

Valores. A este parámetro se le conoce como el *Índice de Precios y Cotizaciones (IPC)*, el cual se explica en los siguientes párrafos.

**INDICE DE PRECIOS Y COTIZACIONES.** Es un indicador que mide los cambios o variaciones en los precios de las acciones que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores, diariamente. Para el cálculo del índice no se toman en cuenta todas las acciones que cotizan en el Mercado, sino que solamente se considera una muestra representativa. Esta muestra está basada en 39 emisoras, seleccionadas de acuerdo a la mayor bursatilidad, la cual es revisada bimestralmente. Otro criterio de selección es que las emisoras deben ser altamente representativas de todos los sectores económicos. La ecuación para su cálculo diario es la siguiente:

$$I_t = I_{t-1} \left( \frac{\sum_i P_{it} Q_{it-1} F_{it}}{\sum_i P_{it} Q_{it}} \right) \quad 1.1$$

$I_t$ : valor del índice en el día  $t$

$P_{it}$ : precio de la  $i$ -ésima acción en el día  $t$

$Q_{it}$ : número de acciones inscritas de la  $i$ -ésima emisión en el día  $t$

$F_{it}$ : factor de ajuste de la  $i$ -ésima acción en el día  $t$ , ya sea por dividendos en efectivo, dividendos en acciones, suscripción de acciones, split, reducción de capital.

Es así como se ha presentado, a grandes rasgos, lo que es el Medio Bursátil Mexicano, y principalmente los valores llamados acciones. Y, en virtud del riesgo que traen consigo inversiones en este tipo de instrumentos, resulta conveniente esquematizar algunas técnicas ampliamente usadas para su análisis. En la última sección de este Capítulo introductorio se presentan algunas técnicas de Análisis de Acciones.

**OPCIONES.** Además de las acciones existen otros instrumentos de inversión con alto riesgo, las *opciones*. Una opción es un contrato que involucra a dos inversionistas en el cual un inversionista (emisor) concede al otro (comprador) el derecho de comprar (o vender) un título específico a un precio determinado dentro de un periodo de tiempo

determinado. La adquisición de una opción lleva un costo asociado (no es el costo del título subyacente), que es el costo de la opción (prima). El tiempo de vida de la opción puede ser hasta de varios meses o hasta años.

Las opciones de compra sobre un título (valor subyacente) conceden a su poseedor el derecho a comprarlo a un precio fijo, ya sea en una fecha futura predeterminada o antes de la misma. La fecha fijada, como límite para ejercer el derecho, es conocida como *fecha de vencimiento* y el precio al que se puede ejercer es el *precio de ejercicio*, o de cierre. El rendimiento asociado a este instrumento para el comprador se obtiene de la diferencia entre el valor de mercado del título y el precio de ejercicio, menos la prima que pagó inicialmente; si no se ejerce el derecho de la opción, la pérdida sólo será la de la prima. En el caso del emisor, el rendimiento se obtiene de la diferencia entre el precio de ejercicio, más la prima, y menos el valor de mercado del título, si la opción es ejercida; en caso contrario su ganancia es la prima.

Las opciones de venta sobre un título conceden a su poseedor el derecho a venderlo a un precio fijo, en una determinada fecha futura o antes de la misma. El rendimiento para el comprador se obtiene de la diferencia entre el valor de mercado del título subyacente, menos la prima, y menos el precio de ejercicio, si la opción se ejerce; en caso contrario, la pérdida es la prima. Para el emisor la ganancia consiste de la ganancia del comprador menos la prima.

Las opciones pueden proporcionar al inversionista grandes ganancias con pequeños desembolsos iniciales y, además, el riesgo está limitado a una cantidad fija, el precio de la opción.

### 1.9. Análisis de Acciones

Los precios de las acciones en el Mercado Bursátil fluctúan constantemente y dependen, en gran medida de la cantidad de Inversionistas dispuestos a vender y a comprar. Es decir, los precios dependen más que nada de la oferta y la demanda; en términos generales se cumple la relación clásica entre estos dos factores: al aumentar la

oferta disminuyen los precios y al aumentar la demanda, éstos incrementan su valor. La tendencia general de éstos, medida a través del IPC, muestra periodos con clara tendencia alcista y presenta otros con marcada tendencia a la baja.

El Análisis de acciones con propósitos de inversión es una actividad difícil y ningún tipo de análisis, por completo o complejo que sea, elimina el riesgo inherente a esta clase de inversiones. Sin embargo, si se lleva a cabo de una manera sistemática y se apoya en información amplia y pertinente, se aumenta la probabilidad de éxito.

Una de las principales dificultades del análisis, es la gran cantidad de elementos que parecen influir sobre el comportamiento del Mercado. Entonces, el análisis se convierte en la consideración de diversos factores y su posible efecto sobre los precios. La principal clasificación del análisis lo divide en fundamental y técnico. En el Análisis Fundamental se incluyen los factores externos al medio bursátil, como fenómenos macroeconómicos (inflación y tipo de cambio), sucesos políticos y otros. Por su parte, en el análisis técnico se incluyen los elementos que se originan dentro del Mercado de Valores, los precios de las acciones y los volúmenes que se negocian. Y aunque en ocasiones la división pueda no ser muy clara, se adjudica a los factores fundamentales un efecto más a largo que a corto plazo, en tanto que sucede lo contrario con los factores técnicos: se considera que su efecto tiende a manifestarse más a corto plazo. En los siguientes párrafos se explican ambos tipos de análisis.

**ANALISIS TECNICO**<sup>7,17</sup>. Entre los analistas técnicos, el método gráfico se utiliza ampliamente para tratar de identificar 'señales' que ayuden al inversionista a tomar decisiones, donde las diferentes 'señales' se interpretan a través de diferentes formaciones que las gráficas presentan. Este tipo de gráficas se construye trazando una barra o línea vertical para cada día de operaciones. Esta barra se determina dibujando sobre la misma posición vertical, los tres tipos de precios que normalmente aparecen en los reportes de la Bolsa de Valores, máximo, mínimo y último (cierre), y uniendo los tres por una línea. En la Figura 1.3 se muestra una gráfica de este tipo; corresponde a las acciones de Cifra C para el periodo comprendido entre Enero de 1992 y

Mayo de 1993.

Se considera que muchas de las formaciones que se pueden apreciar en las gráficas de barras, permiten pronosticar o anticipar los movimientos del Mercado. Las principales formaciones son Resistencias, Soportes, Cabeza y Hombros, Triángulos.

**RESISTENCIAS.** Se presenta cuando la gráfica de precio de una acción o del IPC llega a una cumbre para después descender y, posteriormente, volver a formar otra u otras cumbres con sus respectivos descensos. Ver Figura 1.3. Esto indica que el precio no puede subir más, por lo que es probable que empiece a descender, o que se mantenga por debajo de ese nivel. En la Figura 1.3 se observa una resistencia en N\$5.75.

**SOPORTES.** Son formaciones opuestas a las resistencias: se trata de una serie de cimas sucesivas, por debajo de las cuales el precio no baja más. Se considera que es el nivel mínimo al que llega el precio y, por ello, es probable que empiece a subir o que se mantenga en ese nivel. En la Figura 1.3 se indica un soporte en N\$5.45.

**CABEZA Y HOMBROS.** En la Figura 1.3 se observa una formación de este tipo, entre los meses de Marzo y Mayo de 1992, la cual puede verse representada, además de las barras, por las líneas de promedios móviles. Se observa una alza seguida de una baja y ésta a su vez, seguida de otra alza mayor que la primera. A esta segunda alza le sigue una baja que, nuevamente, es seguida de otra alza, sólo que esta vez el alza es menor que la segunda. Las crestas de los extremos forman los hombros y la del centro la cabeza. Esto significa que es de esperarse una baja importante, especialmente si la altura del segundo hombro es menor que la del primero.

**TRIANGULOS.** Esta formación indica una continuación de la tendencia. En la Figura 1.3 se observa un triángulo que envuelve las barras, desde Septiembre de 1992 hasta Mayo de 1993.

**VOLUMEN.** Se considera que los cambios en la tenencia de los precios de las acciones van acompañados o son precedidos por cambios



en los volúmenes que se negocian. Algunas de las interpretaciones más ampliamente aceptadas son:

- a) Una tendencia firme, tanto al alza como a la baja, va acompañada de volúmenes altos. Los volúmenes bajos son señal de debilidad en la tendencia.
- b) Un aumento importante en el volumen dentro de un periodo de precios deprimidos, puede ser el preámbulo de una tendencia alcista.
- c) Una disminución considerable en el volumen de acciones negociadas en un periodo de aumentos en los precios puede ser el inicio de una tendencia a la baja.

En la parte inferior de la Figura 1.3 se han graficado líneas proporcionales a los volúmenes negociados diariamente.

**PROMEDIOS MOVILES.** Por su parte, el objetivo de las líneas de promedios móviles es suavizar las fluctuaciones de los precios, para lograr observar gráficamente, una tendencia más estable y en donde las distorsiones quedan reducidas al mínimo.

Por lo explicado en esta parte, se concluye que el método gráfico es una herramienta cualitativa y aritmética, cuyo fundamento es más bien empírico que analítico.

Además del análisis gráfico, pueden emplearse técnicas matemáticas de Pronóstico, tales como los métodos de regresión y los de suavización<sup>9</sup>; éstas técnicas, con mayor solidez analítica, pueden ser de gran ayuda al analista técnico.

**ANALISIS FUNDAMENTAL<sup>7.17</sup>.** Por su parte, en el Análisis Fundamental se incluyen factores Económicos, Políticos y Psicológicos.

Entre los factores económicos (macroeconómicos) más importantes están el Producto Interno Bruto (PIB); la devaluación, que beneficia a algunas empresas (sobre todo las exportadoras) y que perjudica a otras (comerciales); y la inflación, la cual impacta negativamente a todos los sectores productivos, encareciendo los costos de financiamiento y desalentando la inversión. Los factores Políticos involucran políticas

sexenales y cambios de gobierno, que pueden propiciar alzas o bajas; la regulación gubernamental, a través de la Secretaría de Hacienda y de la Comisión Nacional de Valores. El factor Psicológico es importante si existe desconfianza, ya que el pánico envuelve al público inversionista, propiciando un desplome en los precios, o en caso contrario, éstos pueden incrementarse abruptamente ante una expectativa optimista.

Las condiciones de la empresa misma son determinantes para el comportamiento de los precios de sus acciones. Aquí es importante analizar el estado y estructura financiera de la empresa, su producción (bienes o servicios), su tamaño, la importancia dentro del sector productivo al que pertenece, etc. Se considera que esta información reditúa resultados en el largo plazo, por lo que se incluye en el análisis fundamental.

**ANÁLISIS DE LA EMPRESA<sup>7</sup>.** El análisis de las acciones de las empresas que cotizan en la Bolsa debe abarcar diversos aspectos, que se revisan a continuación, y de los cuales es probable que los más importantes sean los que se refieren a su estructura financiera, según se reflejan en sus estados financieros.

El análisis de estados financieros puede realizarse cada tres meses, ya que las empresas que cotizan en la Bolsa entregan trimestralmente sus resultados. Los folletos respectivos contienen información acerca de balance general, estado de resultados, estado de origen y aplicación de recursos, razones y proporciones sobre rendimiento, actividad, apalancamiento, liquidez, flujo de efectivo; además de su posición en divisas extranjeras, créditos nacionales y extranjeros, información sobre eventos extraordinarios y subsidiarias.

Algunas de las principales características que se analizan son:

- a) Utilidades. Son las ganancias netas de las empresas en un período.
- b) Razón de rendimiento del capital social. Se calcula dividiendo la utilidad neta (después de impuestos) entre el total del capital social. Esta razón permite evaluar el rendimiento que se obtiene sobre la inversión, y su crecimiento en varios periodos corresponde

al incremento de la eficiencia de la empresa.

- c) Razón de rendimiento de los activos. Se calcula dividiendo la utilidad de operación antes de impuestos e intereses entre el total del activo. Sirve para evaluar la eficiencia del manejo del endeudamiento de la empresa (apalancamiento financiero). Para lo cual, se compara la razón de rendimiento del capital social, con el promedio ponderado de las tasas de interés que las empresa paga por sus créditos que maneja (a corto y largo plazo), y si la razón es más alta que este promedio, se entiende que el manejo de la deuda es eficiente, ya que la empresa obtiene más rendimiento sobre sus créditos que lo que debe pagar de intereses por ellos.
- d) Razón de solvencia. Se calcula dividiendo el total del activo circulante entre el total del pasivo circulante y refleja la capacidad de la empresa para cubrir sus pasivos a corto plazo.
- e) Razón de solvencia inmediata. A diferencia de la razón anterior, en esta sólo se incluye el efectivo y las cuentas por cobrar y se excluyen los inventarios, ya que los primeros conceptos representan cuentas fácilmente convertibles en efectivo. Se calcula dividiendo la diferencia de los activos circulantes, menos los inventarios, entre el pasivo a corto plazo.
- f) Pasivos en moneda extranjera. En situaciones de inestabilidad económica pueden representar una amenaza para la liquidez y la solidez financiera de la empresa.
- g) Razón de solidez financiera. Se calcula dividiendo el pasivo total entre el capital contable, y por lo general se considera que una razón inferior a uno es saludable, ya que muestra que es mayor el capital comprometido en la empresa que los recursos obtenidos a crédito.

Por otra parte, el análisis estratégico de la empresa también es importante. Algunos de los principales aspectos son:

- a) Productos producidos. Competitividad en el mercado. Ventas al extranjero.
- b) Accionistas mayoritarios. Qué intereses tienen en otras empresas.
- c) Tecnología. Modernidad u obsolescencia.
- d) Empresas subsidiarias. Efectividad de éstas. Grados de integración.
- e) Efectividad, historial y reputación de sus funcionarios.

- f) Planes de expansión o de lanzamiento de nuevos productos.
- g) Aparición, resurgimiento o desaparición de competidores importantes.

Finalmente, siempre que se pretende resolver un problema conviene analizarlo y estudiar a éste mediante la aplicación de técnicas matemáticas, en la medida que el fenómeno es estudiado lo permita. El método gráfico proporciona un criterio que puede ser mejorado sustancialmente y, en consecuencia, un decisor racional no puede emplear este tipo de técnicas en el análisis de sus inversiones. Los métodos de regresión y suavización, a pesar de estar dentro del esquema científico, suponen que las observaciones (en este caso los precios) son independientes entre sí. Este hecho priva de una gran cantidad de información al modelo formulado en esos términos, lo cual imposibilita a estas técnicas de participar en pronósticos bursátiles. Posteriormente, se verá que existe autocorrelación en los precios de las acciones y, por lo tanto, la técnica de Box y Jenkins resulta la más indicada para desarrollar un sistema de pronóstico para las acciones de la Bolsa Mexicana de Valores. Asimismo, por el tipo de objetivos de inversión en el corto plazo, el análisis que posteriormente se desarrolla, se orienta hacia el Análisis Técnico.

## PARTE II. EL MODELO DE PRONOSTICO E INVERSION

### CAPITULO 2. EL MODELO DE PRONOSTICO

Un Inversionista antes de tomar una decisión en sus inversiones, tiene que tener alguna idea del comportamiento futuro de las acciones del Mercado y, en base en ello, tomar una decisión racional. Por otro lado, es bien conocido del público Inversionista, que los precios de las acciones fluctúan, y que tales variaciones pueden dar lugar a grandes ganancias o pérdidas para los tenedores de acciones. Por lo tanto, el Inversionista, antes que nada, necesita un pronóstico de los precios de las acciones de su interés, y una estimación del riesgo de sus inversiones a través del tiempo.

Por otro lado, los precios de acciones de una empresa en particular pueden tener alguna correlación con otras empresas o con el Mercado mismo, de tal forma que un análisis estadístico de una sólo variable (un activo individual) puede ser insuficiente.

En base a esta situación, en este trabajo se considera, como se verá posteriormente, que los precios de las acciones y el Mercado en general (o sus tasas) pueden modelarse como una *Serie de Tiempo Multivariada*. A esta tarea se dedica el contenido de este Capítulo.

El Apéndice A contiene la teoría de las Series de Tiempo Multivariadas<sup>2,3,21</sup>, que sustenta el desarrollo de este Capítulo.

#### 2.1. El Modelo de Mercado

Para un Inversionista el Modelo de pronóstico, dentro de la toma de decisiones en el ámbito bursátil, tiene por objetivo medir el riesgo actual y futuro de sus inversiones, a través de una estimación del riesgo de los precios de los activos del Mercado y que,

eventualmente, formarán parte de su Portafolio. De manera que entre más grande o lejano sea el horizonte de planeación, se cuenta con menos información del comportamiento futuro del Mercado de Valores. Pero, si se dispone de información del riesgo actual del Mercado y de cualquier activo, por medio de la varianza muestral, obtenida de las series de tiempo históricas de todos los activos del Mercado. Entonces, se infiere que el riesgo futuro de un activo es proporcional al riesgo actual y al horizonte de cada período de planeación.

El Pronóstico del riesgo mediante el uso del Análisis de Series de Tiempo Multivariadas, proporciona el valor esperado de los precios de las acciones y su respectiva varianza, es decir, el riesgo futuro. En consecuencia, el uso de esta técnica permite a) estimar el riesgo futuro, b) tomar decisiones racionales sustentadas en una técnica científica poderosa, y c) su aplicación sólo requiere del conocimiento de las series de tiempo históricas de los activos (o del índice del Mercado).

Los precios de las acciones y del Mercado generalmente siguen alguna tendencia, ya sea a la baja o la alza; tal como puede observarse en las gráficas de la página 74. Esto da lugar a que una representación en términos de series de tiempo sea del tipo no estacionaria. Por otra parte, lo que realmente importa al Inversionista no son los precios mismos de las acciones, sino más bien las *tasas de cambio diario*; es decir, una tasa positiva representa una ganancia y si es negativa una pérdida, por lo que cualquier análisis puede realizarse también a través de las tasas y no necesariamente de los precios.

La formulación de la teoría de este Capítulo supone que "las tasas de cambio del valor (precio) de las acciones y del índice del Mercado constituyen un proceso estocástico vectorial bivariado". De esta manera, se puede desarrollar un Modelo estadístico de pronóstico que represente el comportamiento de los activos y el Mercado, a través de una relación matemática, es decir, por medio de un *Modelo de Mercado*<sup>1</sup>.

Si  $Z_{i,t}$  y  $Z_{M,t}$  son las series de tiempo de las tasas diarias de un activo  $i$  (que forma parte del Mercado) y del índice del Mercado, respectivamente, con  $n$  realizaciones, su representación es

$$\Phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \Theta_q(B) a_t \quad 2.1$$

donde  $Z_t = [Z_{i,t}, Z_{M,t}]'$  y  $a_t = [a_{i,t}, a_{M,t}]'$  son los residuales del activo  $i$  y del Mercado, respectivamente.

De esta manera, el comportamiento aleatorio de un activo  $i$  acoplado con el Mercado, se representa mediante un Modelo de Series de Tiempo Bivariado no-estacionario, es decir, un Modelo ARIMAVEC( $p,d,q$ ) (autorregresivo integrado y de promedios móviles vectorial).

## 2.2. El Pronóstico

La información necesaria para el pronóstico de las tasas de las acciones, a partir del Modelo (2.1) se obtiene de las ecuaciones siguientes (ver el Apéndice A):

$$Z_t = \sum_{l=1}^p \Phi_l(B)(1-B)^d Z_{t-l} + a_t - \sum_{j=1}^q \Theta_j(B) a_t \quad 2.2$$

$$V_l(1) = \sum_{k=1}^2 \eta_{lk}(1) \sigma_k^2 \quad 2.3$$

$$\eta_{lk}(1) = \sum_{j=0}^l \psi_{lk}^2(j) \quad 2.4$$

$$\sigma_l^2 = V(a_{lt}) \quad 2.5$$

donde la ecuación (2.2) es la ecuación del pronóstico y  $Z_t$  cumple con

$$Z_t = \begin{cases} \hat{Z}_n(1) & \text{si } t > n \\ Z_t & \text{si } t \leq n \end{cases} \quad 2.6$$

$$a_t = \begin{cases} 0 & \text{si } t > n \\ a_t & \text{si } t \leq n \end{cases} \quad 2.7$$

donde  $\hat{Z}_n(1)$  son los valores pronosticados o esperados en  $t = n + 1$ , con  $1 > 0$ ; mientras que las ecuaciones (2.3), (2.4) y (2.5) constituyen la varianza del pronóstico en  $t = n + 1$ . El índice corresponde al conjunto  $i = \{\text{activo cualquiera, mercado}\}$ .

En lo sucesivo, las varianzas del activo  $i$  en el estado  $k$ ,  $V_i(k)$ , serán denotadas por  $\hat{\sigma}_i^2(k)$ , y sus correspondientes desviaciones por  $\hat{\sigma}_i(k)$ , mientras que las  $\hat{\sigma}_H^2$  seguirán representando las varianzas  $V(a_{it})$ .

### 2.3. Riesgo de los Activos y del Mercado

Una estimación del riesgo puede ser proporcionada por la varianza, o por la desviación estándar. Por ello, resulta conveniente interpretar la ecuación (2.3), la que también puede ser escrita como

$$\hat{\sigma}_i^2(k) = \eta_{ii}(k) \sigma_i^2 + \eta_{iH}(k) \sigma_H^2 \quad 2.8a$$

$$\hat{\sigma}_H^2(k) = \eta_{Hi}(k) \sigma_i^2 + \eta_{HH}(k) \sigma_H^2 \quad 2.8b$$

De la ecuación (2.8a) se observa que el riesgo (varianza) del activo  $i$  en el periodo  $k$  (futuro), es una combinación lineal del riesgo del activo  $i$  más el riesgo del Mercado. Análogamente, en el caso de los valores esperados; al reescribir la ecuación (2.2) se tiene

$$Z_{i,t} = \sum_{k=1}^{p-1} \left\{ \varphi_{ii}(k) B Z_{i,t-k} + \varphi_{iH}(k) B Z_{H,t-k} \right\} + a_{it} \\ - \sum_{k=1}^q \left\{ \theta_{ii}(k) B a_{i,t-k} + \theta_{iH}(k) B a_{H,t-k} \right\} \quad 2.9a$$

$$Z_{H,t} = \sum_{k=1}^{p'} \left\{ \varphi_{H1}(k) B Z_{1,t-k} + \varphi_{HH}(k) B Z_{H,t-k} \right\} + a_{it} \\ - \sum_{k=1}^q \left\{ \theta_{H1}(k) B a_{1,t-k} + \theta_{HH}(k) B a_{H,t-k} \right\} \quad 2.9b$$

donde los elementos de matriz  $\varphi_{ij}(k)$  corresponden a los elementos  $(i,j)$  del operador generalizado  $\Phi_p(B)(1-B)^d$ , con  $p' = p + d$ .

Obsérvese en la ecuación (2.9a), que el valor  $Z_{i,t}$  del activo  $i$ , es función de los vectores estocásticos  $Z_t$  y  $a_t$ . En el caso de que el Modelo sea únicamente autorregresivo, el vector  $Z_t$  es función lineal del vector  $Z_t$  con  $k$  retrasos.

Finalmente, la formulación del Modelo de pronóstico en términos de series de tiempo, conduce a la obtención de un Modelo de Mercado; asimismo, el valor esperado  $\hat{Z}_n(k)$  y la varianza  $\hat{\sigma}_i^2(k)$ , también tienen la estructura de un Modelo de Mercado, ya que ambas funciones están relacionadas con el Mercado en cada periodo. Y, por otro lado, el conocimiento de  $\hat{\sigma}_i^2(k)$  permite la elaboración de la matriz de varianza-covarianza para cualquier periodo futuro  $k$ .

#### 2.4. Pronóstico del Riesgo

La construcción de la matriz de varianza-covarianza pronosticada es muy importante, ya que la información contenida en ella es fundamental para la estimación del riesgo de una inversión futura. A continuación se presenta un procedimiento para su obtención.

Con la información proporcionada por  $\hat{\sigma}_i(k)$  y  $\hat{\rho}_{ij}$ , es posible construir la matriz de varianza-covarianza muestral de todos los activos del Mercado, denotada por  $\hat{\sigma}_{ij}(k)$ , para cada periodo  $k$ . Efectivamente, la matriz  $\hat{\sigma}_{ij}(k)$  está definida por

$$\hat{\sigma}_{ij}(k) = \hat{\rho}_{ij} \hat{\sigma}_i(k) \hat{\sigma}_j(k) \quad 2.10$$

donde  $\hat{\rho}_{ij}$  es el coeficiente de correlación muestral entre los activos  $i$  y  $j$ , y ambos forman parte del Mercado. Obsérvese que el coeficiente

de correlación  $\hat{\rho}_{ij}$  no depende de  $k$ , es decir, del tiempo. El pronóstico supone que el proceso vectorial  $Z_t$  tiene las mismas características en el dominio del tiempo, esto es, en  $t \in [1, \dots, n+1]$ . En particular, la relación entre un activo  $i$  y otro cualquiera,  $j$ , permanecen sin cambio. Por lo tanto, el coeficiente de correlación es estacionario, no depende de  $k$ .

La información hasta aquí obtenida, el valor esperado  $\hat{Z}_n(k)$  y la covarianza  $\hat{\sigma}_{ij}(k)$ , constituye el 'Pronóstico del Riesgo', que a su vez es la base de los Modelos de Selección de Portafolio de Media-Varianza que se presentan en el siguiente Capítulo.

### CAPITULO 3. EL MODELO DE SELECCION DE PORTAFOLIO

Hasta aquí se tiene una estimación del riesgo futuro de cualquier activo del Mercado, y del valor esperado de sus respectivas tasas de rendimiento. Ahora el interés se enfoca a saber qué hacer dentro del horizonte de planeación que se ha fijado, esto es ¿qué comprar, qué vender, cuándo y cuánto? o sea, hay que encontrar la política óptima de toma de decisión.

Por otra parte, el objetivo primordial es maximizar el rendimiento de su Portafolio al final del horizonte de planeación, con el menor riesgo posible. Entonces, una medida del riesgo del Portafolio está dada por su varianza a lo largo de todo el horizonte de planeación, por lo que el problema se traduce en un Problema de Optimización, es decir, minimizar Riesgo sujeto a un Rendimiento especificado<sup>13</sup>. La formulación y solución de este problema conduce a las respuestas de las cuatro interrogantes del párrafo anterior, que es el tema de este Capítulo. A este respecto, los trabajos publicados son abundantes; algunos modelos son lineales<sup>10,11</sup>, lo que los hace muy prácticos, pero sin ser multiperiodicos; otros son dinámicos<sup>15</sup>, pero no funcionan para situaciones de riesgo. En suma, resulta conveniente formular un modelo que sea dinámico y que tenga utilidad práctica en situaciones de riesgo.

#### 3.1. El Riesgo del Portafolio

El riesgo del Portafolio<sup>1</sup> en el estado  $k$  está definido por su varianza, y ésta es estimada por medio de la matriz  $\hat{\sigma}_{ij}(k)$  y de la cantidad de activo  $i$  (se tienen  $m$  activos) que se haya invertido en ese mismo periodo  $k$ ,  $X_{ik}$ , o sea

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m X_{ik} X_{jk} \hat{\sigma}_{ij}(k) \quad 3.1$$

de tal forma que el riesgo total, estimado por la varianza total  $S_P^2$ ,

en un horizonte de planeación con N periodos, es:

$$S^{\hat{p}} = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m X_{ik} X_{ik} \hat{\sigma}_{ij}(k) \quad 3.2$$

Es así como las variables de estado,  $X_{ik}$  son funciones de las variables de decisión ( $U_{ik}$ -comprar,  $V_{ik}$ -vender), y del Portafolio del estado anterior, o sea,  $X_{ik+1} = X_{ik+1}(X_{ik}, U_{ik}, V_{ik})$ . Efectivamente, una mala decisión en un estado  $k$  puede tener consecuencias catastróficas en el siguiente estado  $k+1$ . Así pues, se infiere que un Modelo más aproximado a la realidad deberá incluir información de las posiciones  $X_{ik}$  en todos los estados anteriores, ( $X_{ik-1}$ ,  $X_{ik-2}$ , ...,  $X_{i0}$ ). En la sección siguiente se presenta un Modelo de Selección formulado bajo este enfoque, y que permite obtener la política óptima de inversión durante el horizonte de planeación del Inversionista.

### 3.2. Modelo de Media-Varianza Multiperiodico con Riesgo Pronosticado

A continuación se presenta el Modelo de Media-Varianza con Riesgo Pronosticado

$$S^{\hat{p}} = \min \left\{ \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m X_{ik} X_{jk} \hat{\sigma}_{ij}(k) \right\} \quad 3.3a$$

$$X_{jk+1} = \frac{(X_{ik} + \beta U_{ik} - V_{ik})(1 + R_{ik+1})}{\sum_{i=1}^m (X_{ik} + \beta U_{ik} - V_{ik})(1 + R_{ik+1}) + [W_k + \sum_{i=1}^m (\beta V_{ik} - U_{ik})](1 + r_{k+1})} \quad 3.3b$$

$$W_{k+1} = \frac{[W_k + \sum_{i=1}^m (\beta V_{ik} - U_{ik})](1 + r_{k+1})}{\sum_{i=1}^m (X_{ik} + \beta U_{ik} - V_{ik})(1 + R_{ik+1}) + [W_k + \sum_{i=1}^m (\beta V_{ik} - U_{ik})](1 + r_{k+1})} \quad 3.3c$$

$$\prod_{k=1}^N \left( 1 + W_k r_k + \sum_{i=1}^m X_{ik} R_{ik} \right) \geq 1 + \delta \quad 3.3d$$

$$W_k + \sum_{i=1}^m X_{ik} = 1 \quad 3.3e$$

$$X_{ik}^2 \geq \rho X_{ik} \quad 3.3f$$

$$X_{jk}, W_{jk}, U_{jk}, V_{jk} \geq 0 \quad 3.3g$$

$$(X_{i0}, W_0) \text{ Portafolio inicial conocido} \quad 3.3h$$

donde,  $i = 1, 2, \dots, m$ ;  $k = 0, 1, \dots, N$ ; y las variables son

$X_{jk}$ : la fracción del activo  $j$  invertido en el estado  $k$

$U_{jk}$ : la fracción del activo  $j$  comprado en el estado  $k$

$V_{jk}$ : la fracción del activo  $j$  vendido en el estado  $k$

$R_{jk}$ : la tasa de rendimiento del activo  $j$  en el estado  $k$

$W_k$ : la fracción del activo de renta fija en el estado  $k$

$\hat{\sigma}_{ij}(k)$ : covarianza del activo  $i$  respecto del  $j$  en el estado  $k$

$r_k$ : la tasa de rendimiento del activo de renta fija en el estado  $k$

$\delta$ : la tasa de rendimiento deseada por el inversionista al final del horizonte de planeación

$\alpha$ : costo de una transacción, compra o venta;  $\beta = 1 - \alpha$

$\rho$ : mínimo porcentaje de transacción

La ecuación (3.3a) es la función objetivo del Modelo, y representa la minimización del riesgo sujeto, fundamentalmente, a un mínimo rendimiento  $\delta$  al final del horizonte de planeación, que es la ecuación (3.3d).

Las ecuaciones (3.3b) y (3.3c) corresponden a las ecuaciones de transformación de estado, y realizan la actualización del Portafolio en el estado  $k$  al nuevo estado  $k+1$ , incluyendo el rendimiento de la transición del final del estado  $k$  al final del estado  $k+1$ . Entonces, al final del estado  $k$  se tiene un Portafolio formado por  $(X_{ik}, W_k)$  y entonces es cuando se toma la decisión  $(U_{ik}, V_{ik})$ , que afecta al Portafolio del siguiente estado  $k+1$ . Así pues el conjunto de variables de decisión es  $(U_{i0}, U_{i1}, \dots, U_{iN-1}; V_{i0}, V_{i1}, \dots, V_{iN-1})$ , mientras que las variables de estado son  $(X_{i0}, X_{i1}, \dots, X_{iN}; W_0, W_1, \dots, W_N)$ ,

ya que  $X_{ik}$  y  $W_0$  son conocidos según la ecuación (3.3h).

La ecuación (3.3e) simplemente indica que la suma de todos las fracciones  $X_{ik}$  de los activos que se incluyen en el Portafolio, en un periodo  $k$ , es igual a la unidad.

Como las acciones se venden por lotes, se supone que necesita comercializar al menos una fracción  $\rho$  del Portafolio total, ya sea para comprar o vender; esto se exige matemáticamente al Modelo a través de la ecuación (3.3f).

La ecuación (3.3g) indica que las inversiones siempre son positivas, lo mismo que las cantidades a comercializar, ya que cantidades negativas no tienen sentido económico.

Por último, la ecuación (3.3h), que matemáticamente es una condición de frontera, económicamente es una condición inicial, es decir, es el Portafolio con que cuenta el Inversionista al principio del horizonte de planeación. En particular, puede ser un Portafolio formado exclusivamente por el activo de renta fija, o sea,  $W_0 = 1$ .

### 3.3. Modelo de Media-Varianza Clásico Multiperiodico

En el caso que no se cuente con el pronóstico del riesgo, sino únicamente con una estimación de la matriz de varianza-covarianza  $\hat{\sigma}_{ij}$ , el Modelo (3.3) puede simplificarse, y la función objetivo queda

$$S^2 = \min \left\{ \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m X_{ik} X_{jk} \hat{\sigma}_{ij} \right\} \quad 3.4a$$

El resto de las ecuaciones quedan sin cambio alguno, por lo que no se incluyen, pero en lo sucesivo se llamará a las ecuaciones (3.4) como si estuvieran escritas. Este Modelo (3.4) tiene un atractivo importante, no se requiere hacer pronóstico para su aplicación; y, en consecuencia, el costo en tiempo y esfuerzo computacional es mínimo en comparación con el Modelo (3.3).

Finalmente, la obtención de la política óptima,  $(U_{1k}, V_{1k})$ , para la toma de decisión, da lugar a que los Modelos (3.3) y (3.4) constituyan 'Modelos de Selección de Portafolio Multiperiódicos'. En los Capítulos siguientes se realizan aplicaciones de ambos Modelos al caso de un Portafolio construido con acciones de empresas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores.

### PARTE III. APLICACIONES

#### CAPITULO 4. GENERACION DEL PRONOSTICO

En esta parte se muestra el empleo de la técnica del Capítulo 2 para la obtención del pronóstico del riesgo en un conjunto de acciones. Cada uno de los pasos en que consiste el análisis de series de tiempo multivariadas ocupa una sección del Capítulo. Las gráficas respectivas no se incluyen en el texto, sino que se encuentran en el Apéndice C ya que, al ser bastantes, conviene que no interfieran con el relato mismo de la aplicación del Modelo de Mercado propuesto.

La construcción de un Portafolio demanda previamente la elección de un grupo de activos potenciales, de entre los cuales se seleccionará un Portafolio. El conjunto de activos empleados consta de las acciones de quince empresas. Cada serie de tiempo está formada por 57 observaciones de los precios de cierre del grupo de acciones. Los datos corresponden al período comprendido entre el Martes 5 de Enero de 1993 al 26 de Marzo de 1993, extraídos del Diario *El Economista*<sup>8</sup>. El tamaño de las series observadas es el mínimo que se requiere para realizar el análisis de Box-Jenkins; además, este tamaño muestral (pequeño) reduce considerablemente el tiempo de cálculo computacional.

La exposición detallada, de cada uno de los pasos de la técnica empleada, corresponde únicamente a las series de las acciones de Televisa L y del Índice del Mercado, entendido como un proceso vectorial de dimensión 2; para el resto de las series sólo se incluyen las gráficas correspondientes al pronóstico y los resultados numéricos (Apéndice B), ya que se requiere de una cantidad muy grande de gráficas que resulta poco práctica para incluirse en una tesis.

Para la realización de la gran cantidad de cálculos requeridos para la elaboración de un modelo estocástico bivariado, se codificó,

en Lenguaje de Programación C<sup>16,18,19</sup>, un paquete de Series de Tiempo Multivariadas; mediante el cual, se efectuó todo el cálculo numérico que involucran las cuatro etapas de la técnica de Box-Jenkins. La falta de un paquete de Series de Tiempo Multivariadas motivó el desarrollo del citado software. Aquí es importante destacar, que la parte que requiere de mayor precisión es la Estimación<sup>2,3,21</sup> de los parámetros. El método que aquí se emplea la hessiana, lo cual lo hace un tanto lento, pero es una técnica que, como se verá, dió buenos resultados. Existen otros métodos de estimación<sup>5,12,14</sup> con el inconveniente de ser extremadamente difíciles de codificar en un lenguaje de programación y de no contarse con información detallada de los algoritmos respectivos.

#### 4.1. Identificación

En primer lugar conviene mostrar la serie de precios de Televisa y del índice del Mercado (la Bolsa), las cuales aparecen en la página 74. Según la teoría del Capítulo 2, el análisis deberá ser efectuado para las tasas de cambio diario de los precios y del índice; estas gráficas aparecen en la página 75. Por otra parte, estas series de tasas no permiten encontrar las correlaciones deseadas para el ajuste de un Modelo estocástico. Es decir, tienen algún tipo de tendencia y es necesario aplicar una diferencia a estas series, cuyas gráficas aparecen en la página 76. La experiencia del autor en el análisis de este tipo de series (de acciones) para otros grupos de acciones y en otros periodos de tiempo, le han demostrado que la 'aceleración de los precios' constituye un proceso estacionario susceptible de un análisis según las técnicas expuestas. Asimismo, la primera diferencia de las tasas de los precios es equivalente a la aceleración de los mismos.

Entonces, las gráficas de la página 76, que muestran a las series originales con una diferencia aplicada, forman dos procesos estocásticos estacionarios correlacionados; así que la siguiente etapa consiste en encontrar esas correlaciones por medio de las matrices de funciones de Autocorrelación y Autocorrelación Parcial.

La matriz de funciones de autocorrelación, al tratarse de un proceso bivariado, se ha calculado y graficado de la siguiente forma:

- Televisa-Televisa
- Televisa-Mercado
- Mercado-Televisa
- Mercado-Mercado

las cuales se presentan en las páginas 77 y 78.

Análogamente para la matriz de funciones de autocorrelación parcial, cuyas gráficas se muestran en las páginas 79 y 80.

Obsérvese que el número de retrasos usados no es mayor de 10. Se empleó este número porque el máximo de retrasos que pueden ser incluidos en la identificación de un Modelo debe ser menor que un cuarto del número total de observaciones.

Como resultado de la inspección de las gráficas se llega a los siguientes Modelos propuestos,

i) Parte de Promedios Móviles (retrasos significativos según la matriz de funciones de autocorrelación):

- (Televisa,Televisa): 1, 2, 5; decaimiento sinusoidal
- (Televisa,Mercado): 7; decaimiento sinusoidal
- (Mercado,Televisa): ninguno
- (Mercado, Mercado): 1, 2; decaimiento sinusoidal
- Posible componente autorregresiva

ii) Parte Autorregresiva (retrasos significativos según la matriz de funciones de autocorrelación parcial)

- (Televisa,Televisa): 1, 2, 3, 4; se corta
- (Televisa,Mercado): 1, 2, 3, 7, 8, 9; decaimiento sinusoidal
- (Mercado,Televisa): ninguno
- (Mercado, Mercado): 1, 2, 3, 4; se corta
- Posible componente de promedios móviles

Empleando el estadístico  $X(s)$  definido por la ecuación (A.14) para determinar el orden de la parte autorregresiva se tiene

Retraso	X(retraso)
1	8.293761
2	17.108042
3	8.276388
4	14.855061
5	0.128492
6	4.078401
7	6.839040
8	6.748987
9	3.521130
10	24.202952

Donde el  $X(s)$  para un retraso  $s$  y con 4 grados de libertad es comparado contra un  $\chi^2$  con una significancia  $\alpha$  del 99%, cuyo valor es 13.277. Así, el mayor retraso que debe ser incluido es el de orden 4.

#### 4.2. Estimación

La etapa de estimación es, sin lugar a dudas, la más difícil y laboriosa, ya que pueden existir problemas muy serios en el transcurso del ajuste del Modelo. Efectivamente, cuando se trata de ajustar un Modelo ARMAVEC(p,q) la función de verosimilitud puede tener muchos máximos locales los cuales son mucho más pequeños que el máximo global<sup>3</sup>. Este hecho, desde el punto de vista computacional puede traducirse en un alto consumo de tiempo. Entonces, para salvar este obstáculo se intentó ajustar a todos los Modelos en base a su parte autorregresiva, es decir, todos y cada uno de los quince Modelos serán representados en términos de un Modelo Autorregresivo. Esta situación implica tiempos relativamente cortos de estimación, lo cual hace que el problema sea manejable en tiempos reales.

Como una primera aproximación se intentó construir un Modelo autorregresivo con únicamente los retrasos 2 y 4; pero este Modelo es insuficiente ya que no pasó las pruebas de Verificación. Finalmente, el Modelo AR(4), en el cual se incluyen todos los retrasos resulta bueno, según se verá en la sección siguiente. Los estimadores de los

parámetros son

i) Matriz de varianza-covarianza (unidades  $\times 10^4$ ):

$$\hat{\Sigma} = \begin{bmatrix} 5.429273 & 1.228081 \\ 1.228081 & 1.575534 \end{bmatrix}$$

ii) Modelo Ajustado AR(4):

$\hat{\phi}_{11}(1) = -0.611477$	$\hat{\phi}_{12}(1) = 0.163009$
$\hat{\phi}_{21}(1) = -0.063418$	$\hat{\phi}_{22}(1) = -0.303565$
$\hat{\phi}_{11}(2) = -0.674371$	$\hat{\phi}_{12}(2) = 0.070658$
$\hat{\phi}_{21}(2) = 0.032039$	$\hat{\phi}_{22}(2) = -0.578943$
$\hat{\phi}_{11}(3) = -0.508477$	$\hat{\phi}_{12}(3) = 0.116385$
$\hat{\phi}_{21}(3) = -0.078843$	$\hat{\phi}_{22}(3) = -0.058681$
$\hat{\phi}_{11}(4) = -0.370329$	$\hat{\phi}_{12}(4) = -0.160079$
$\hat{\phi}_{21}(4) = 0.099517$	$\hat{\phi}_{22}(4) = -0.312448$

#### 4.3. Verificación

A pesar de tener una buena identificación y estimación del Modelo, es necesario verificarlo cualitativa y cuantitativamente. El análisis se basa en probar que los residuales  $\hat{a}_t$  son un proceso de ruido blanco<sup>2, 21</sup>. Las gráficas de los residuales  $\hat{a}_t$  del proceso en estudio se encuentran en la página 81.

Ahora bien, las partes en que consiste la verificación son

- a) Matriz de Funciones de Autocorrelación
- b) Matriz de Funciones de Autocorrelación Parcial
- c) Periodograma
- d) Periodograma Acumulado Normalizado
- e) Raíces del Polinomio característico

Las gráficas de la matriz de funciones de autocorrelación se encuentran dispuestas en la misma forma que en la identificación; ver las páginas 82 y 83. Similarmente, las gráficas de las matrices de autocorrelación parcial se encuentran en las páginas 84 y 85.

Por simple inspección de las gráficas de las páginas 82 y 83, la matriz de funciones de autocorrelación del proceso  $\hat{a}_t$  no muestra ningún componente de promedios móviles. Por su parte, las gráficas de las matrices de funciones de autocorrelación parcial (páginas 84 y 85), en general son aceptables, salvo que los retrasos 8 y 10 parecen tener alguna relevancia; a este respecto, se ajustó nuevamente el Modelo incluyendo los retrasos 8 y 10, pero los resultados fueron inaceptables; por lo tanto, aplicando el principio de parsimonia, el Modelo quedó en un AR(4). Enseguida se calcula el estadístico  $X(s)$  para los diez retrasos, tal como se hizo en la identificación, el cual se presenta a continuación

Retraso	$X(\text{retraso})$
1	0.067700
2	0.935576
3	0.955803
4	2.596492
5	2.563872
6	7.149928
7	3.011298
8	13.800466
9	4.779120
10	25.693742

Comparando estos Valores con el estadístico  $\chi^2 = 13.277$  al 99% de significancia y con 4 grados de libertad, se observa que, bajo esta prueba, los retrasos 8 y 10 sí son significativos.

Continuando con la verificación, se obtiene el periodograma y el periodograma acumulado (normalizado) de las componentes del proceso  $\hat{a}_t$ , las que se muestran en las páginas 86 y 87. El periodograma

muestra un comportamiento homogéneo en todo el semiperiodo, es decir, no muestra ninguna acumulación; esto conduce a sospechar que no hay correlación importante, o sea, más allá de lo significativo. El periodograma acumulado comprueba tal sospecha; su gráfica no se sale de las bandas de significancia, 90% las interiores y 95% las exteriores. Por lo tanto, no hay correlación significativa.

El polinomio característico del Modelo ajustado, que se muestra enseguida,

$$1 - 0.915042x - 1.449275x^2 - 1.125143x^3 - 1.281407x^4 - 0.612894x^5 - 0.462217x^6 - 0.156401x^7 - 0.131639x^8 = 0$$

donde, en general,  $x \in \mathbb{C}$ , y cuyos módulos de sus 8 raíces son

$$\begin{array}{lll} |x_1| = 1.256011 & |x_2| = 1.256011 & |x_3| = 1.269304 \\ |x_4| = 1.269304 & |x_5| = 1.153356 & |x_6| = 1.153356 \\ |x_7| = 1.498944 & |x_8| = 1.498944 & \end{array}$$

Donde se observa que todas las raíces del polinomio característico están fuera del círculo unitario, por lo que se concluye que el Modelo es estacionario.

Finalmente, se da por bueno el Modelo ajustado en base a

- a) La matriz de autocorrelación prueba que los  $\hat{a}_t$  no son un proceso de promedios móviles.
- b) La matriz de autocorrelación parcial prueba, excepto para los retrasos 8 y 10, que no hay correlación autorregresiva.
- c) El periodograma no muestra picos sobresalientes, es decir, no hay componentes estacionales en ninguna de las componentes de  $\hat{a}_t$ .
- d) El periodograma acumulado se comporta muy aceptablemente, su curva queda perfectamente acotada por las bandas de significancia.
- e) El Modelo es estacionario.

f) La parte autorregresiva de los retrasos 8 y 10 no cuenta con la misma cantidad de información que en los retrasos más pequeños, por lo que estas componentes pesan poco y no contribuyen fuertemente en el Modelo. Así, el Modelo, al satisfacer todas las pruebas anteriores, se acepta y se realiza el pronóstico.

#### 4.4. Pronóstico

Una vez que el Modelo ajustado se da por bueno, se procede a efectuar el pronóstico, cuyas gráficas se muestran en la página 88, con un intervalo de confianza del 90%. Los resultados numéricos para los 10 días se detallan a continuación.

##### a) Televisa L

1) $\hat{Z}_{1,57}(1) = 0.00122839$	$\hat{\sigma}_1^2(1) = 6.290689 \times 10^{-4}$
2) $\hat{Z}_{1,57}(2) = 0.00056366$	$\hat{\sigma}_1^2(2) = 6.334734 \times 10^{-4}$
3) $\hat{Z}_{1,57}(3) = 0.00281864$	$\hat{\sigma}_1^2(3) = 6.516382 \times 10^{-4}$
4) $\hat{Z}_{1,57}(4) = 0.00475544$	$\hat{\sigma}_1^2(4) = 6.907441 \times 10^{-4}$
5) $\hat{Z}_{1,57}(5) = 0.00205575$	$\hat{\sigma}_1^2(5) = 8.596894 \times 10^{-4}$
6) $\hat{Z}_{1,57}(6) = 0.00104849$	$\hat{\sigma}_1^2(6) = 9.385117 \times 10^{-4}$
7) $\hat{Z}_{1,57}(7) = 0.00235066$	$\hat{\sigma}_1^2(7) = 9.617072 \times 10^{-4}$
8) $\hat{Z}_{1,57}(8) = 0.00248236$	$\hat{\sigma}_1^2(8) = 9.925840 \times 10^{-4}$
9) $\hat{Z}_{1,57}(9) = 0.00326247$	$\hat{\sigma}_1^2(9) = 10.438428 \times 10^{-4}$
10) $\hat{Z}_{1,57}(10) = 0.00267758$	$\hat{\sigma}_1^2(10) = 11.431262 \times 10^{-4}$

##### b) Mercado

1) $\hat{Z}_{2,57}(1) = 0.00370005$	$\hat{\sigma}_2^2(1) = 2.361537 \times 10^{-4}$
2) $\hat{Z}_{2,57}(2) = 0.00332657$	$\hat{\sigma}_2^2(2) = 2.427978 \times 10^{-4}$
3) $\hat{Z}_{2,57}(3) = -0.00042685$	$\hat{\sigma}_2^2(3) = 2.797083 \times 10^{-4}$
4) $\hat{Z}_{2,57}(4) = 0.00278405$	$\hat{\sigma}_2^2(4) = 3.037601 \times 10^{-4}$
5) $\hat{Z}_{2,57}(5) = 0.00093556$	$\hat{\sigma}_2^2(5) = 3.302668 \times 10^{-4}$
6) $\hat{Z}_{2,57}(6) = -0.00003596$	$\hat{\sigma}_2^2(6) = 3.865211 \times 10^{-4}$
7) $\hat{Z}_{2,57}(7) = 0.00236255$	$\hat{\sigma}_2^2(7) = 4.150012 \times 10^{-4}$
8) $\hat{Z}_{2,57}(8) = 0.00159288$	$\hat{\sigma}_2^2(8) = 4.387534 \times 10^{-4}$
9) $\hat{Z}_{2,57}(9) = 0.00091661$	$\hat{\sigma}_2^2(9) = 4.722503 \times 10^{-4}$
10) $\hat{Z}_{2,57}(10) = 0.00148214$	$\hat{\sigma}_2^2(10) = 5.042129 \times 10^{-4}$

Todos los valores están en tasas de cambio de precios o índice. Las gráficas de los pronósticos para las demás series se encuentran en las páginas 89-103 del Apéndice C.

## CAPITULO 5. DETERMINACION DEL PORTAFOLIO OPTIMO

Los resultados del Capitulo 4 permiten encontrar la matriz  $\hat{\sigma}_{ij}(k)$ , con la cual, mediante el uso del Modelo del Capitulo 3, se llega a establecer la política óptima de Selección de Portafolio. En este Capitulo se realiza la obtención de esa política, usando las matrices  $\hat{\sigma}_{ij}(k)$  y los valores esperados  $\hat{z}_{in}(k)$ . La aplicación se efectúa sobre los dos Modelos presentados en el Capitulo 3.

La complicada tarea del cálculo numérico se efectuó con ayuda de un conocido paquete de optimización matemática, el GAMS<sup>4</sup>, ejecutado en una microcomputadora 80486.

### 5.1. El Conjunto Eficiente

Hasta aquí, ya se puede conocer el riesgo y el valor esperado futuros para cada uno de los quince activos de la muestra. Además, se supone que se cuenta con un capital inicial  $W_0$  y que se tiene un proyecto de inversión de 5 días, es decir, el horizonte de planeación consta de 5 estados o periodos. Lo único que importa es incrementar el valor del Portafolio inicial  $W_0$  en al menos una fracción  $\delta$ , sin importar el tipo y cantidad de activos con que finalice el Portafolio al término del horizonte.

Por otra parte, las transacciones en la Bolsa de Valores se realizan, como ya se explicó en la Introducción, por lotes. Así que, para fines de cálculo, se supone que transacciones de al menos un 5% del Portafolio total cumple con esta restricción, o sea,  $\rho = 0.05$ . Para facilitar el cálculo no se considera el costo de las operaciones de compra-venta, por lo que  $\alpha = 0$  y  $\beta = 1$ .

De esta forma, las constantes y condiciones de frontera quedan como

$W_0 = 1, X_{10} = 0$	Portafolio inicial
$\delta > 0.0$	rendimiento mínimo
$\rho = 0.05$	transacción mínima
$r_k = 0.0004780555$	activo de renta fija (tasa diaria)
$\beta = 0$	no hay costo de comisión

Ahora bien, el Modelo (3.3) queda en términos de un parámetro libre, el mínimo rendimiento esperado por el Inversionista  $\delta$ . De tal forma, que el problema deberá ser resuelto para distintos valores de  $\delta$ , hasta llegar a un  $\delta_{max}$ , que es el máximo rendimiento factible que puede obtenerse al aplicar el Modelo (3.3). Así, se obtienen una serie de pares ordenados (varianza, rendimiento), donde la 'varianza' es el valor optimizado de la función objetivo (3.3a) para un  $\delta$  arbitrario y factible. A este conjunto de puntos  $(S^2, \delta)$  se le conoce como *Conjunto Eficiente*, es decir, es el conjunto de *Portafolios Eficientes*, o sea, que ofrecen un máximo rendimiento esperado a un nivel de riesgo mínimo, y viceversa!

El conjunto eficiente para el caso del Modelo (3.4) se obtiene de similar manera. Finalmente, las gráficas del conjunto eficiente, para cada uno de los dos Modelos, (3.3) y (3.4), se encuentran al final del Capítulo, en la página 57.

## 5.2. El Portafolio Optimo

Una vez que se tiene el conjunto eficiente, el Inversionista elige de entre todos ellos aquel que le ofrece el mayor valor esperado, esto es elige, el Portafolio con  $\delta = 9\%$  para el Modelo (3.3) y el Portafolio con  $\delta = 8\%$  en el caso del Modelo (3.4). En la tablas de las páginas siguientes se muestra la política óptima para cada Modelo. Sólo se incluyen los activos sobre los que se efectúa alguna operación.

De esta manera se obtuvo la política óptima para cada Modelo. Ahora bien, el comportamiento del Portafolio real, en términos de las políticas obtenidas habría redituado 6.3% y 5.5% para cada Modelo, respectivamente. Estos resultados pueden visualizarse en las gráficas al final del Capítulo.

a) Modelo de Media-Varianza con Riesgo Pronosticado

ALFA A

Dia	Portafolio	Compra	Venta
0	0.0		
1	0.0	0.05	
2	0.05		
3	0.048	0.346	
4	0.395		0.189
5	0.206		

COMERCI B

Dia	Portafolio	Compra	Venta
0	0.0		
1	0.0	0.05	
2	0.048	0.325	
3	0.375		0.346
4	0.029		
5	0.029		

CONTAL ACP

Dia	Portafolio	Compra	Venta
0	0.0		
1	0.0		
2	0.0		
3	0.0		
4	0.0	0.05	
5	0.049		

CYDSA A

Dia	Portafolio	Compra	Venta
0	0.0	1.0	
1	1.0		0.10
2	0.902		0.325
3	0.577		
4	0.576		
5	0.578		

ACTIVO DE RENTA FIJA

Día	Portafolio	Compra	Venta
0	1.0		1.0
1	0.0		
2	0.0		
3	0.0		
4	0.0	0.139	
5	0.138		

b) Modelo de Media-Varianza Clásico

VITRO

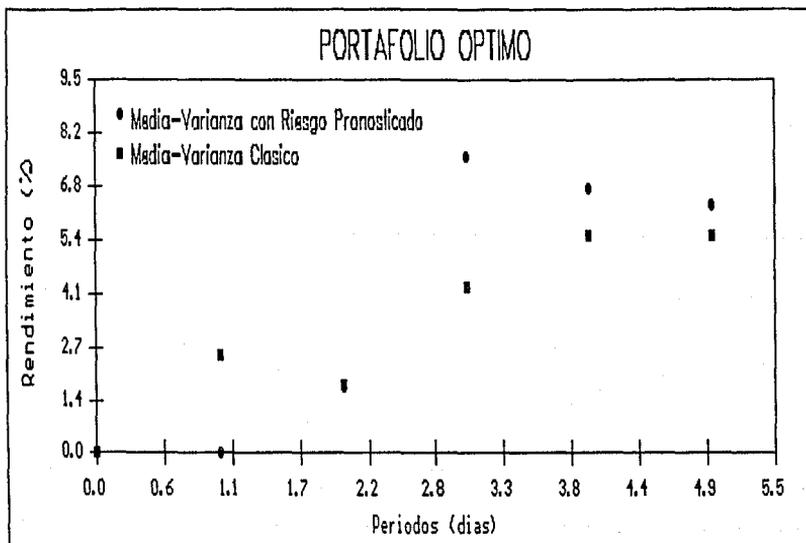
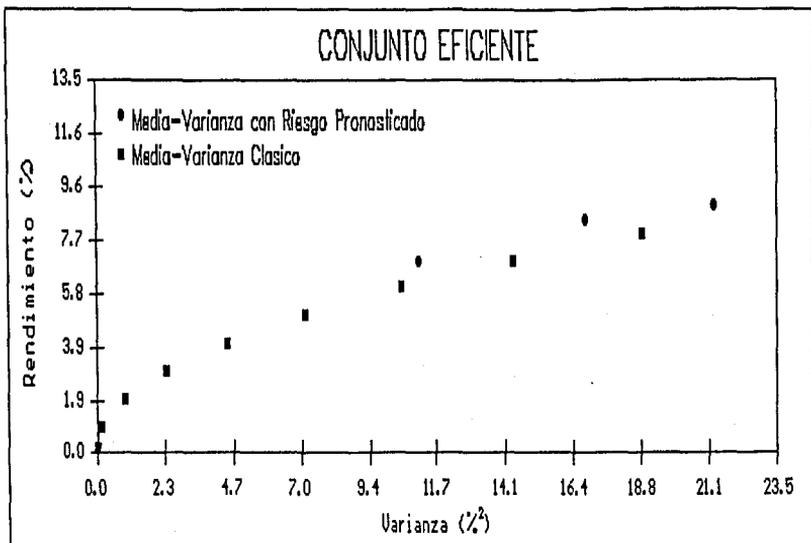
Día	Portafolio	Compra	Venta
0	0.0	0.953	
1	0.954		
2	0.954		
3	0.954		
4	0.954		
5	0.954		

ACTIVO DE RENTA FIJA

Día	Portafolio	Compra	Venta
0	1.0		0.953
1	0.046		
2	0.046		
3	0.046		
4	0.046		
5	0.046		

La diferencia que se aprecia en las gráficas del conjunto eficiente de ambos Modelos es muy significativa. El Modelo Clásico tiene más riesgo que el otro, ya que sólo diversifica en dos activos, Vitro y Renta Fija. De tal forma que, al ser más amplia la diversificación, el riesgo estimado se reduce y, al mismo tiempo, el rendimiento esperado aumenta, como sucede con el Modelo de Media-Varianza con Riesgo Pronosticado.

Otra observación muy importante es la siguiente. Para el caso del Modelo (3.4), las medias muestrales de las series analizadas, a excepción de Vitro, son menores que cero, es decir, experimentan una tendencia a la baja, por lo que al Modelo no le queda más que seleccionar a Vitro y al activo de renta fija. Este efecto demuestra lo importante que resulta la incorporación del pronóstico del riesgo, esto es, el cálculo de  $\hat{\sigma}_{i,j}(k)$  y su uso dentro del Modelo de Selección.



## CONCLUSIONES

En primer término, se establece que el comportamiento de las acciones de la Bolsa Mexicana de Valores puede ser representado por medio de un Modelo de Mercado. Este Modelo se sustenta en la construcción de un modelo ARIMA, de un proceso estocástico vectorial (activos del Mercado y el Mercado). Asimismo, esta formulación garantiza el pronóstico del riesgo, incorporando el riesgo de los activos y del mercado en una sola ecuación. Y, con esta información, es posible estructurar un Portafolio diversificado, con alto rendimiento y bajo condiciones de riesgo.

Por otra parte, tal como se vió en el Capítulo 5, el Modelo de Media-Varianza con Riesgo Pronosticado proporciona rendimientos superiores al de Media-Varianza Clásico, y a más bajo riesgo esperado.

Para el Inversorista estos resultados son de gran trascendencia, pues tiene idea de qué hacer en la semana siguiente (5 días del horizonte de planeación), con lo que puede aprovechar los beneficios de un cambio en la tendencia del Mercado. Además, el hecho de que el horizonte de planeación sea de una semana no significa que el Modelo deba ser aplicado cada cinco días. Según esta perspectiva, el Inversorista puede obtener diariamente de los Modelos desarrollados, pronóstico de tasas y Selección de Portafolio, con lo que simplemente actualizará su Portafolio a las nuevas condiciones del Mercado y a sus necesidades propias. Además, el Modelo de Selección tiene la capacidad de incorporar en su estructura las necesidades de liquidez, riesgo, Portafolio inicial o final, etc.

El uso de la teoría desarrollada puede servir al Inversorista racional para incrementar su riqueza e invertir dentro de un Mercado con alto riesgo, en el corto plazo. Finalmente, desde este punto de vista, la Bolsa de Valores puede representar una alternativa real de inversión.

## APENDICE A. TEORIA DE SERIES DE TIEMPO MULTIVARIADAS

El estudio de procesos estocásticos mediante la metodología de Box-Jenkins<sup>2</sup> representa una tarea laboriosa y hasta artistica. Por tal motivo, es muy difícil escribir en una cuantas líneas toda la teoría necesaria y suficiente para el análisis y la construcción de un Modelo ARIMA, sobre todo si el proceso en estudio es vectorial<sup>3, 21</sup>. En este Apéndice se hizo lo posible por sintetizar lo absolutamente indispensable para entender el mecanismo de pronóstico que se discute en los Capítulos 2 y 4.

Brevemente, la técnica de las Series de Tiempo consiste del siguiente algoritmo.

La Identificación consiste en el uso de los datos, y de alguna información sobre como las series fueron generadas, para sugerir algún tipo de Modelo, aplicando el principio de parsimonia (incluir el mínimo número de parámetros en el Modelo).

La Estimación significa el uso eficiente de los datos para ajustar los parámetros del Modelo.

La Verificación implica el uso del Modelo ajustado y su relación con los datos observados, para comprobar que el Modelo es adecuado y apreciar la ausencia de correlaciones no comprendidas dentro del Modelo mismo ajustado.

Finalmente, se concluye que el Modelo es bueno y se procede a realizar el Pronóstico.

### A1. Matrices de Covarianza y Correlación

Sea  $Z_t = [Z_{1,t}, Z_{2,t}, \dots, Z_{m,t}]'$ ,  $t = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ , se un proceso estocástico vectorial real conjuntamente distribuido de  $m$  dimensiones;

cuya media  $E(Z_{i,t}) = \mu_i$  es constante, con  $i = 1, 2, \dots, m$ ; y la covarianza entre  $Z_{i,t}$  y  $Z_{j,t}$ , para todo  $i, j = 1, 2, \dots, m$ , son funciones sólo de la diferencia temporal  $(s-t)$ . Así el valor esperado y la matriz de covarianza son:

$$E(Z_t) = \vec{\mu} \quad \text{A.1}$$

$$\Gamma(k) = \text{Cov}(Z_t, Z_{t+k}) \quad \text{A.2}$$

Por otro lado, la matriz  $\Gamma(k)$  cumple con la propiedad:

$$\Gamma(k) = \Gamma'(-k) \quad \text{A.3}$$

donde  $\Gamma'(k)$  es la transpuesta de  $\Gamma(k)$ .

## A2. Representación Autorregresiva y de Promedios Móviles de un Proceso Vectorial

Un proceso vectorial estacionario de  $m$  dimensiones se dice que es un proceso lineal o un proceso vectorial puramente no-determinista si puede ser escrito como una combinación lineal de un secuencia de vectores de ruido blanco de dimensión  $m$ , es decir,

$$Z_t = \vec{\mu} + \sum_{s=0}^{\infty} \Psi_s a_{t-s} \quad \text{A.4}$$

donde  $\Psi_0 = I$  es la matriz identidad de  $m \times m$ , los  $\Psi_j$  son matrices de coeficientes de  $m \times m$ , y los  $a_t$  son vectores de ruido blanco de  $m$  dimensiones con media cero y matriz de varianza-covarianza,

$$E[a_t a_{t+k}'] = \begin{cases} \Sigma & \text{si } k = 0 \\ 0 & \text{si } k \neq 0 \end{cases} \quad \text{A.5}$$

donde  $\Sigma$  es una matriz de  $m \times m$  positiva definida. Los elementos de  $a_t$  no están correlacionados.

Otra forma de representar un proceso vectorial es la representación autorregresiva, en la cual se obtiene un valor de  $Z_t$  en función de los anteriores más un vector de choques aleatorios, es

decir,

$$Z_t = \sum_{s=1}^{\infty} \Pi_s Z_{t-s} + a_t \quad \text{A.6}$$

donde  $\Pi_0 = I$ .

Es conveniente notar que un proceso invertible no es necesariamente estacionario. Para que un proceso estacionario con representación autorregresiva invertible sea estacionario, se requiere que los ceros del polinomio del determinante de la matriz, denotado por  $|\Pi(B)|$ , autorregresiva estén sobre o fuera del círculo unitario, o sea,  $|\Pi(B)| \neq 0$  para  $|B| \leq 1$ . Similarmente, un proceso estacionario no es necesariamente invertible. Para que un proceso vectorial con representación de promedio móviles sea invertible, los ceros del polinomio del determinante de la matriz de promedio móviles deben estar sobre o fuera del círculo unitario, es decir,  $|\Psi(B)| \neq 0$  para  $|B| \leq 1$ .

### A3. Representación ARMA de un proceso vectorial

Se llama Modelo vectorial ARMA(p,q) a

$$\Phi_p(B)Z_t = \Theta_q(B)a_t \quad \text{A.7}$$

es estacionario si los ceros de  $|\Phi_p(B)|$  están sobre o fuera del círculo unitario. En tal caso, el proceso  $Z_t$  puede ser escrito en la forma MA como,

$$Z_t = [\Phi_p(B)]^{-1} \Theta_q(B) a_t \quad \text{A.8}$$

Similarmente, la ecuación (A.7) es invertible si los ceros de  $|\Theta_q(B)|$  están sobre o fuera del círculo unitario, y así puede ser representada en la forma AR,

$$[\Theta_q(B)]^{-1} \Phi_p(B) Z_t = a_t \quad \text{A.9}$$

#### A4. Modelo Vectorial No Estacionario Autorregresivo de Promedios Móviles (ARIMAVEC)

En el análisis de series de tiempo, es muy común observar series que exhiben comportamiento no estacionario. Una manera útil de reducir series de tiempo no estacionarias a series estacionarias es aplicando diferencias sucesivas. Por ejemplo, en series de tiempo univariadas, una serie no estacionaria  $Z_t$  es reducida a una serie estacionaria por  $(1 - B)^d Z_t$  para algún  $d > 0$ , así que se puede escribir como

$$\phi_p(B)(1 - B)^d Z_t = \theta_q(B)a_t$$

donde  $\phi_p(B)$  es un operador AR estacionario. Una extensión similar de (A.10) a un proceso vectorial es

$$\Phi_p(B)(1 - B)^d Z_t = \Theta_q(B)a_t \quad \text{A.10}$$

#### A5. Identificación de Modelos Vectoriales de Series de Tiempo

En principio, la identificación de Modelos de series de tiempo vectoriales es similar al caso de univariado; para el caso vectorial se sigue el mismo patrón, es decir, se emplean las matrices de autocorrelación y autocorrelación parcial, después de transformaciones apropiadas para reducir el proceso en estudio, y trabajar con un proceso estacionario.

##### A5.1. Matriz de Funciones de Autocorrelación Muestral

Dado un vector de observaciones  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ , se puede calcular la matriz de funciones de autocorrelación muestral

$$\hat{\rho}(k) = [\hat{\rho}_{ij}(k)] \quad \text{A.11}$$

donde el elemento  $\hat{\rho}_{ij}(k)$  son las correlaciones cruzadas para la  $i$ -ésima y  $j$ -ésima componente del vector  $Z_t$ , esto es

$$\hat{\beta}_{ij}(k) = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Z_{i,t} - \mu_i)(Z_{j,t+k} - \mu_j)}{\left[ \sum_{t=1}^n (Z_{i,t} - \mu_i)^2 \sum_{t=1}^n (Z_{j,t} - \mu_j)^2 \right]^{1/2}}$$

donde  $\mu_i$  y  $\mu_j$  son las medias muestrales de la correspondiente componente del vector de series de tiempo.

### A5.2. Matriz de Funciones de Autocorrelación Parcial Muestral

Una herramienta útil para identificar el orden de un Modelo AR es la Matriz de Funciones de Autocorrelación Parcial  $P(s)$ . En esta sección se expondrá un proceso recursivo para el cálculo de la matriz de funciones de autocorrelación parcial con retraso  $s$ .

Para  $s = 1$ ,

$$\begin{aligned} V_u(1) &= V_v(1) = \Gamma(0), \\ V_{uv}(1) &= \Gamma(1), \\ \alpha_{1,1} &= \Gamma'(1) [\Gamma(0)]^{-1}, \\ \beta_{1,1} &= \Gamma(1) [\Gamma(0)]^{-1}. \end{aligned}$$

Para  $s \geq 2$ , y  $k = 1, \dots, s-1$ ,

A.12

$$\begin{aligned} V_u(s) &= \Gamma(0) - \sum_{k=1}^{s-1} \alpha_{s-1,k} \Gamma(k) \\ V_v(s) &= \Gamma(0) - \sum_{k=1}^{s-1} \beta_{s-1,k} \Gamma'(k) \\ V_{vu}(s) &= \Gamma(0) - \sum_{k=1}^{s-1} \Gamma(s-k) \alpha'_{s-1,k}, \\ \alpha_{s,s} &= V'_{vu}(s) [V_v(s)]^{-1}, \\ \alpha_{s,k} &= \alpha_{s-1,k} - \alpha_{s,s} \beta_{s-1,s-k}, \\ \beta_{s,s} &= V_{vu}(s) [V_u(s)]^{-1}, \\ \beta_{s,k} &= \beta_{s-1,k} - \beta_{s,s} \alpha_{s-1,s-k}; \end{aligned}$$

$$P(s) = [D_v(s)]^{-1} V_{vu}(s) [D_u(s)]^{-1},$$

donde  $D_v(s)$  es una matriz diagonal donde el  $i$ -ésimo elemento es la raíz cuadrada del  $i$ -ésimo elemento de  $V_v(s)$ , y  $D_u(s)$  es definida similarmente de  $V_u(s)$ .

El estimador de  $P(s)$ , denotado por  $\hat{P}(s)$ , son obtenidos substituyendo el estimador de  $\Gamma(j)$ ,  $\hat{\Gamma}(j)$ , en (A.12). Por otra parte, los estimadores  $\hat{\Gamma}(k)$  pueden ser calculados como sigue

$$\hat{\Gamma}(s) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-s} (Z_t - \bar{Z})(Z_{t+s} - \bar{Z})', \quad s = 1, 2, \dots \quad A.13$$

donde  $\bar{Z}$  es la media muestral vectorial del proceso.

Además, los elementos  $\hat{P}_{1j}(s)$  son normalmente distribuidos con media cero y varianza  $1/n$ ; en consecuencia, el estadístico  $n[\hat{P}_{1j}(s)]^2$  es asintóticamente distribuido como una  $\chi^2$  con 1 grado de libertad, lo cual implica que

$$X(s) = n \sum_{i=1}^m [\hat{P}_{1j}(s)]^2 \quad A.14$$

es asintóticamente distribuido como una  $\chi^2$  con  $m^2$  grados de libertad. Así,  $X(s)$  provee de un diagnóstico auxiliar para determinar el orden de un Modelo autorregresivo.

#### A6. Estimación del Modelo

Una vez que el Modelo ARMA ha sido identificado, es decir, se conoce  $p$  y  $q$ , se procede a la estimación de los parámetros del Modelo,  $\phi = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p)$  y  $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q)$ , por el método de máxima verosimilitud. De esta forma, el logaritmo de la función de verosimilitud es

$$\ln L(\phi, \theta | Z) = - \frac{n-p}{2} \ln |2\pi\Sigma| - \frac{1}{2} \text{tr} \Sigma^{-1} S(\phi, \theta) \quad A.15$$

donde

$$S(\phi, \theta) = \sum_{t=p+1}^n a_t a_t' \quad A.16$$

Claramente se observa que minimizando  $S(\phi, \theta)$ , se maximiza la función de verosimilitud. Entonces, a partir de la ecuación (A.16) se obtienen los estimadores de máxima verosimilitud para  $\phi$  y  $\theta$ .

Por otra parte, en el caso de que  $p > 0$  y  $q > 0$ , la función de verosimilitud no tiene un máximo único, por lo que se deben imponer condiciones adicionales<sup>3</sup>.

#### A7. Verificación del Modelo

Esta etapa consiste en el análisis de los residuales, los  $a_t$ ; esto es, se debe probar que los  $a_t$  son un proceso de ruido blanco.

Primero se grafican las matrices de funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial, donde se debe observar que las mencionadas funciones representan un proceso de ruido blanco; posteriormente, un prueba  $\chi^2$ , empleando la ecuación (A.14), permite saber si algún término autorregresivo es significativo.

Luego, se obtiene el periodograma muestral,

$$I(f_i) = 2 \left\{ \hat{\gamma}_0 + 2 \sum_{k=1}^{n-1} \hat{\gamma}_k \cos(2\pi f_i k) \right\} \quad \text{A.17}$$

donde  $0 \leq f_i \leq 1/2$ ,  $0 \leq i \leq n/2$  y  $\hat{\gamma}_k$  es la función de autocovarianza en el caso univariado. El periodograma acumulado está definido por

$$C(f_i) = \frac{\sum_{i=1}^j I(f_i)}{n s^2} \quad \text{A.18}$$

El último paso de la verificación consiste en saber que, efectivamente, el Modelo es estacionario y/o invertible, para lo cual se obtiene el polinomio característico del Modelo, tal como se expuso en la sección A3.

#### A8. Pronóstico

El pronóstico se realiza mediante la ecuación

$$Z_t = \sum_{i=1}^p \phi_i(B) Z_{t-1} + a_t - \sum_{j=1}^q \theta_j(B) a_t \quad \text{A.19}$$

Donde  $Z_t = Z_t(1)$  si  $t > n$ , y 1 es el pronóstico; esto es, se emplean los elementos observados  $Z_t$  para conocer los pronosticados  $\hat{Z}_t(1)$ ; por su parte, los residuales cumplen con  $a_t = \hat{a}_t$  si  $t \leq n$ , y  $a_t = 0$  en caso contrario. Por otra parte, la varianza del pronóstico del elemento  $i$  del proceso vectorial está dada por la ecuación

$$V_i(1) = \sum_{k=1}^m \eta_{ik}(1) \sigma_k^2 \quad \text{A.20}$$

donde

$$\eta_{ik}(1) = \sum_{j=0}^1 \psi_{ik}^2(j)$$

$$\sigma_i^2 = V(a_{1t})$$

y donde  $\psi_{ij}$  es un el elemento  $(i,j)$  de la matriz  $\Psi_k$  definida en la sección A2.

## APENDICE B. PARAMETROS DE LOS MODELOS (PRONOSTICO)

En este Apéndice se muestran los estimadores de los parámetros de los Modelos ajustados para los quince procesos vectoriales que se analizaron en el Capítulo 4. Estos estimadores son la matriz de Varianza-Covarianza  $\hat{\Sigma}$ , obtenida directamente del proceso  $\hat{a}_t$ , y los parámetros  $\hat{\phi}_{ij}(k)$  de la matriz de polinomios de retraso  $\hat{\Phi}_p(B)$ . Las unidades de la matriz  $\hat{\Sigma}$  están dadas en [%]<sup>2</sup>.

### B.1. ALFA A

#### B.1.1. Matriz $\hat{\Sigma}$

13.035562	0.827512
0.827512	1.536839

#### B.1.2. Modelo Ajustado AR(8)

Retraso 1	
-0.850009	0.691281
0.021633	-0.343952

Retraso 2	
-0.440889	0.099891
0.098006	-0.699840

Retraso 3	
-0.384163	1.494225
0.073986	-0.151986

Retraso 4	
-0.218331	0.091092
0.052633	-0.454188

Retraso 5	
0.000000	0.000000
0.000000	0.000000

Retraso 6	
0.059131	0.578922
0.026638	-0.266380

Retraso 7	
0.000000	0.000000
0.000000	0.000000

Retraso 8	
-0.049447	-1.131679
0.034583	-0.268835

### B.2. APASCO A

#### B.2.1. Matriz $\hat{\Sigma}$

3.356615	1.587465
1.587465	1.427027

#### B.2.2. Modelo Ajustado AR(8)

Retraso 1	
-0.712368	0.396879
-0.082000	-0.194798

Retraso 2	
-0.501697	-0.256393
-0.255172	-0.284961

Retraso 3	
0.000000	0.000000
0.000000	0.000000

Retraso 4	
-0.177270	-0.135076
-0.032522	-0.343568

Retraso 5	
0.000000	0.000000
0.000000	0.000000

Retraso 6	
-0.364219	-0.156006
-0.223589	0.068622

Retraso 7	
0.000000	0.000000
0.000000	0.000000

Retraso 8	
-0.176276	-0.061131
0.073139	-0.309241

**B.3. BIMBO 2****B.3.1. Matriz  $\hat{\Sigma}$** 

3.837829	1.176949
1.176949	1.493697

**B.3.2. Modelo Ajustado AR(4)**

Retraso 1	
-1.025186	0.119540
-0.219524	-0.212590

Retraso 2	
-0.999523	0.240281
-0.233027	-0.428090

Retraso 3	
-0.745049	-0.200474
-0.083923	-0.075936

Retraso 4	
-0.288815	-0.017481
-0.098806	-0.290593

**B.5. CIFRA C****B.5.1. Matriz  $\hat{\Sigma}$** 

4.054875	1.817089
1.817089	1.804335

**B.5.2. Modelo Ajustado AR(8)**

Retraso 1	
-0.593145	0.135249
0.161617	-0.459371

**B.4. CEMEX A****B.4.1. Matriz  $\hat{\Sigma}$** 

4.145279	1.910813
1.910813	1.412100

**B.4.2. Modelo Ajustado AR(8)**

Retraso 1	
-0.617852	0.544469
0.063868	-0.300037

Retraso 2	
-0.251086	-0.512851
-0.113012	-0.446757

Retraso 3	
0.000000	0.000000
0.000000	0.000000

Retraso 4	
-0.338457	0.114673
-0.217079	0.073936

Retraso 5	
0.000000	0.000000
0.000000	0.000000

Retraso 6	
0.000000	0.000000
0.000000	0.000000

Retraso 7	
0.000000	0.000000
0.000000	0.000000

Retraso 8	
0.567824	-0.960023
0.325006	-0.598240

**B.6. COMERCI B****B.6.1. Matriz  $\hat{\Sigma}$** 

2.667061	1.322143
1.322143	1.543794

**B.6.2. Modelo Ajustado AR(6):**

Retraso 1	
-1.182830	0.728950
-0.160942	-0.221404

Retraso 2  
-0.053973 -0.278608  
0.205603 -0.599216

Retraso 3  
0.000000 0.000000  
0.000000 0.000000

Retraso 4  
0.000000 0.000000  
0.000000 0.000000

Retraso 5  
0.000000 0.000000  
0.000000 0.000000

Retraso 6  
0.000000 0.000000  
0.000000 0.000000

Retraso 7  
0.000000 0.000000  
0.000000 0.000000

Retraso 8  
-0.207107 -0.074439  
-0.188277 -0.006410

#### B.7. CONTAL ACP

##### B.7.1. Matriz $\hat{\Sigma}$

3.241179 0.963169  
0.963169 1.774487

##### B.7.2. Modelo Ajustado AR(5)

Retraso 1  
-1.134212 0.617572  
-0.007114 -0.330552

Retraso 2  
-0.803725 0.253260  
0.062372 -0.504479

Retraso 3  
-0.474656 0.555415  
-0.024857 0.004143

Retraso 4  
0.000000 0.000000  
0.000000 0.000000

Retraso 2  
-1.049898 0.584990  
-0.132670 -0.508486

Retraso 3  
-1.010928 0.721635  
-0.320383 0.148048

Retraso 4  
-0.484519 0.162438  
-0.078027 -0.279388

Retraso 5  
0.000000 0.000000  
0.000000 0.000000

Retraso 6  
-0.138389 -0.177475  
0.017976 -0.218058

#### B.8. CYDSA A

##### B.8.1. Matriz $\hat{\Sigma}$

3.898189 0.227419  
0.227419 1.319289

##### B.8.2. Modelo Ajustado AR(8)

Retraso 1  
-1.000599 0.880606  
-0.190903 -0.163004

Retraso 2  
-0.693046 0.080649  
-0.089629 -0.533430

Retraso 3  
-0.602065 0.434952  
-0.119847 -0.069253

Retraso 4  
-0.327548 -0.037719  
-0.159615 -0.321906

Retraso 5	
0.029688	0.322502
-0.056400	0.126207

Retraso 5	
0.000000	0.000000
0.000000	0.000000

Retraso 6	
-0.029929	0.102155
-0.063422	-0.318153

Retraso 7	
0.000000	0.000000
0.000000	0.000000

Retraso 8	
-0.158847	-0.694288
-0.138544	-0.223069

B.9. DESC A

B.9.1. Matriz  $\hat{\Sigma}$

1.779895	0.966587
0.966587	1.522627

B.9.2. Modelo Ajustado AR(8)

Retraso 1	
-0.877577	0.495532
-0.234014	-0.188324

Retraso 2	
-0.479307	0.207523
-0.050321	-0.556185

Retraso 3	
-0.622781	0.316677
-0.104164	-0.109629

Retraso 4	
-0.373745	-0.016954
-0.308085	-0.213998

Retraso 5	
0.000000	0.000000
0.000000	0.000000

Retraso 6	
-0.099828	0.124653
0.026303	-0.232219

Retraso 7	
0.000000	0.000000
0.000000	0.000000

B.10. FEMSA B

B.10.1. Matriz  $\hat{\Sigma}$

2.347168	1.378633
1.378633	1.736643

B.10.2. Modelo Ajustado AR(8)

Retraso 1	
-0.699734	0.306011
0.051537	-0.374170

Retraso 2	
-0.424130	-0.136909
0.117760	-0.597326

Retraso 3	
-0.476714	0.262917
-0.191880	0.130373

Retraso 4	
0.000000	0.000000
0.000000	0.000000

Retraso 5	
0.000000	0.000000
0.000000	0.000000

Retraso 6	
0.000000	0.000000
0.000000	0.000000

Retraso 7	
0.000000	0.000000
0.000000	0.000000

Retraso 8  
-0.039142      -0.167607  
0.116987      -0.282898

Retraso 8  
-0.166073      -0.089014  
-0.221152      0.057044

B.11. GIGANTE B

B.12. KIMBER A

B.11.1. Matriz  $\hat{\Sigma}$

B.12.1. Matriz  $\hat{\Sigma}$

6.829443      2.143724  
2.143724      1.843920

1.240802      0.842048  
0.842048      1.359351

B.11.2. Modelo Ajustado AR(8)

B.12.2. Modelo Ajustado AR(8)

Retraso 1  
-0.772877      0.090282  
-0.020445      -0.326761

Retraso 1  
-0.900637      0.210708  
-0.434424      -0.302647

Retraso 2  
-0.636726      0.002064  
-0.083475      -0.375663

Retraso 2  
-0.935704      0.162386  
-0.786074      -0.154950

Retraso 3  
-0.463210      -0.199809  
0.052076      -0.126616

Retraso 3  
-0.887691      0.521305  
-0.668044      0.177480

Retraso 4  
0.000000      0.000000  
0.000000      0.000000

Retraso 4  
-0.217481      0.083586  
-0.317113      -0.106930

Retraso 5  
0.000000      0.000000  
0.000000      0.000000

Retraso 5  
0.000000      0.000000  
0.000000      0.000000

Retraso 6  
0.000000      0.000000  
0.000000      0.000000

Retraso 6  
0.000000      0.000000  
0.000000      0.000000

Retraso 7  
0.000000      0.000000  
0.000000      0.000000

Retraso 7  
0.000000      0.000000  
0.000000      0.000000

Retraso 8  
-0.035187      -0.264008  
-0.016523      -0.101257

Retraso 8  
0.097403      -0.107475  
0.169940      -0.321797

B.13. TELEVISIA L

B.14. TELMEX A

B.13.1. Matriz  $\hat{\Sigma}$

B.14.1. Matriz  $\hat{\Sigma}$

5.429273      1.228081  
1.228081      1.575534

1.936245      1.598947  
1.598947      1.659755

B.13.2. Modelo Ajustado AR(4)

Retraso 1  
-0.611477 0.163009  
-0.063418 -0.303565

Retraso 2  
-0.674371 0.070658  
0.032039 -0.578943

Retraso 3  
-0.508477 0.116385  
-0.078843 -0.058681

Retraso 4  
-0.370329 -0.160079  
0.099517 -0.312448

B.14.2. Modelo Ajustado AR(8)

Retraso 1  
-0.288761 -0.108128  
0.199302 -0.636641

Retraso 2  
0.205258 -0.885412  
0.527845 -1.157750

Retraso 3  
0.050136 -0.408021  
0.391793 -0.604528

Retraso 4  
0.097657 -0.433815  
0.261960 -0.535814

Retraso 5  
0.000000 0.000000  
0.000000 0.000000

Retraso 6  
0.000000 0.000000  
0.000000 0.000000

Retraso 7  
0.000000 0.000000  
0.000000 0.000000

Retraso 8  
-0.070560 -0.162901  
-0.134783 -0.027413

B.15. VITRO

B.15.1. Matriz  $\hat{\Sigma}$

4.487580 1.160758  
1.160758 1.360353

B.15.2. Modelo Ajustado AR(2)

Retraso 1  
-0.629488 0.125526  
0.286569 -0.384549

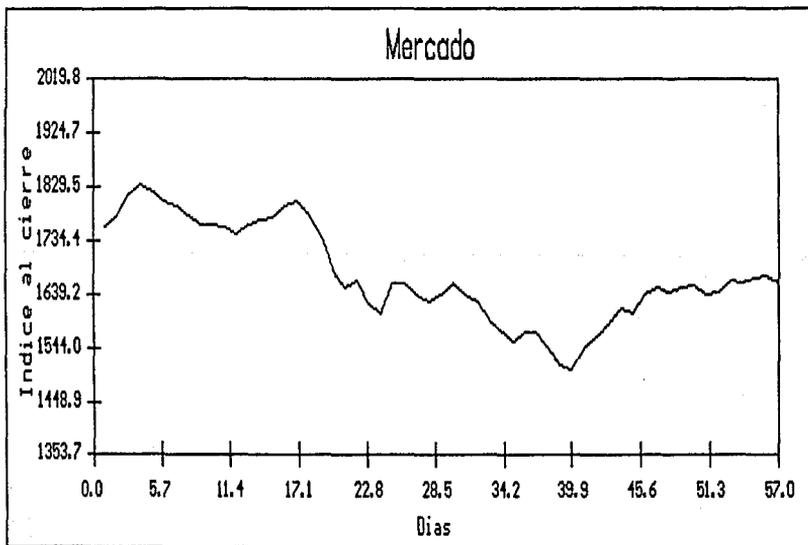
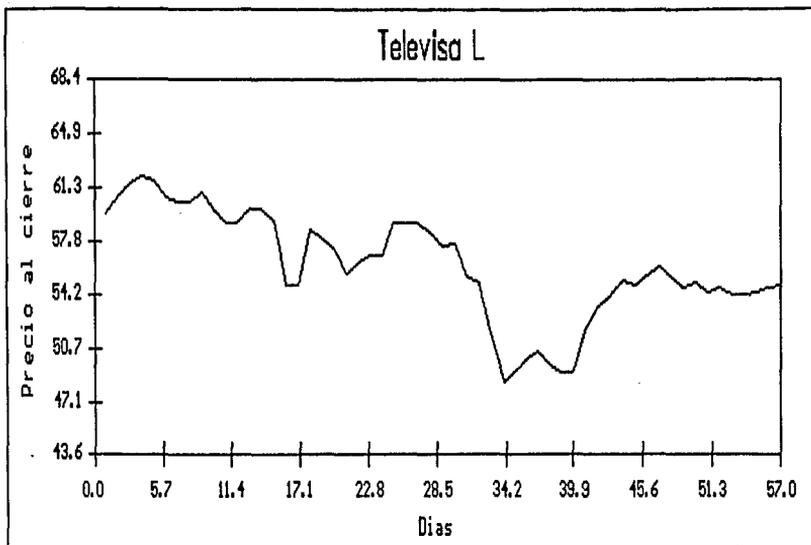
Retraso 2  
-0.512710 0.000000  
0.000000 -0.287089

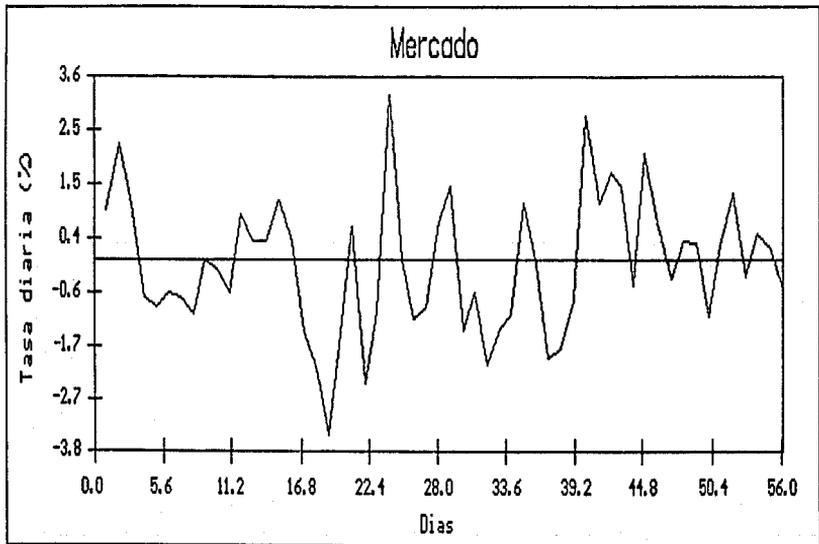
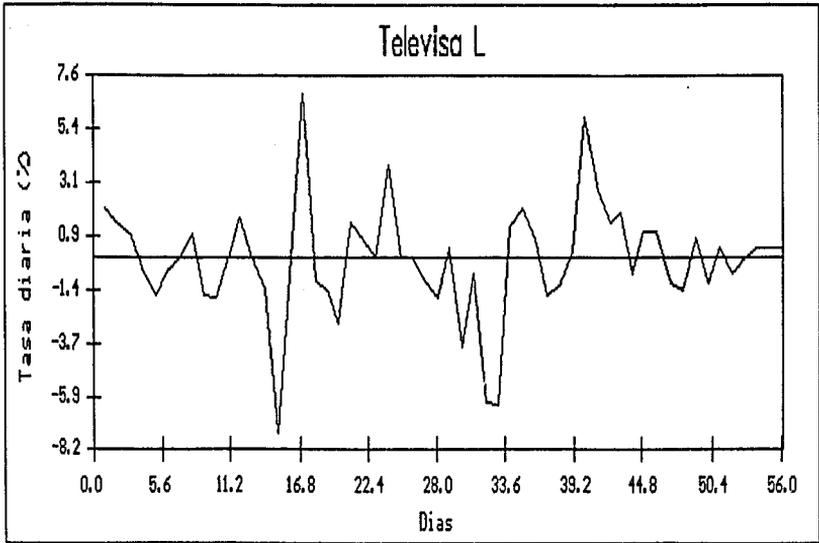
## APENDICE C. GRAFICAS DE PRONOSTICO

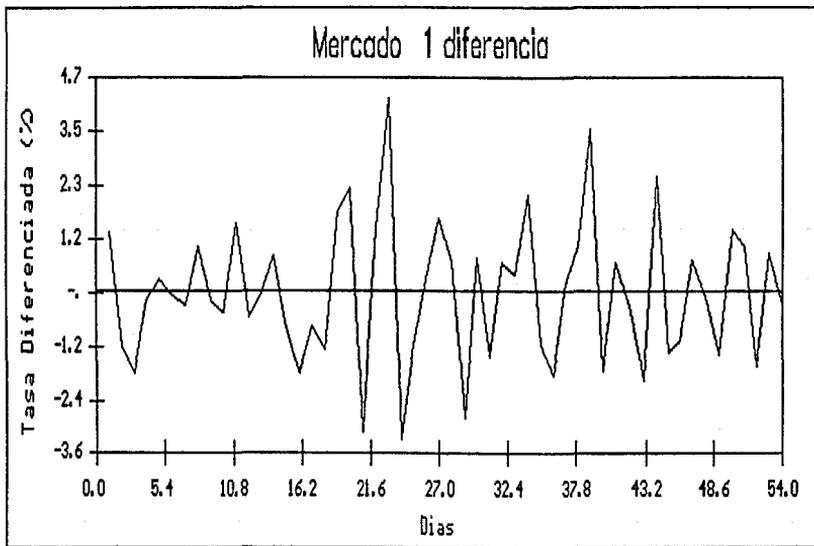
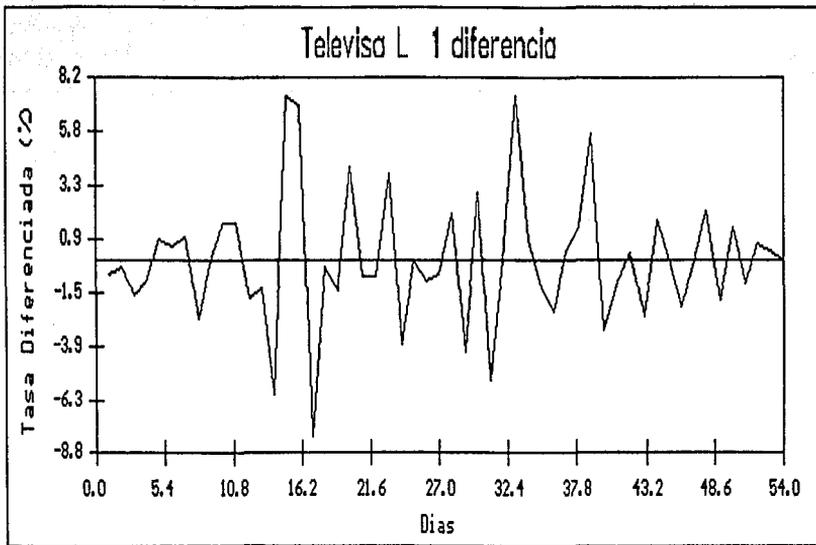
En las siguientes páginas (74-103) se presentan las gráficas correspondientes a la obtención del pronóstico del proceso estocástico vectorial (Televisa, Mercado), cuya descripción ocupa las primeras 15 páginas.

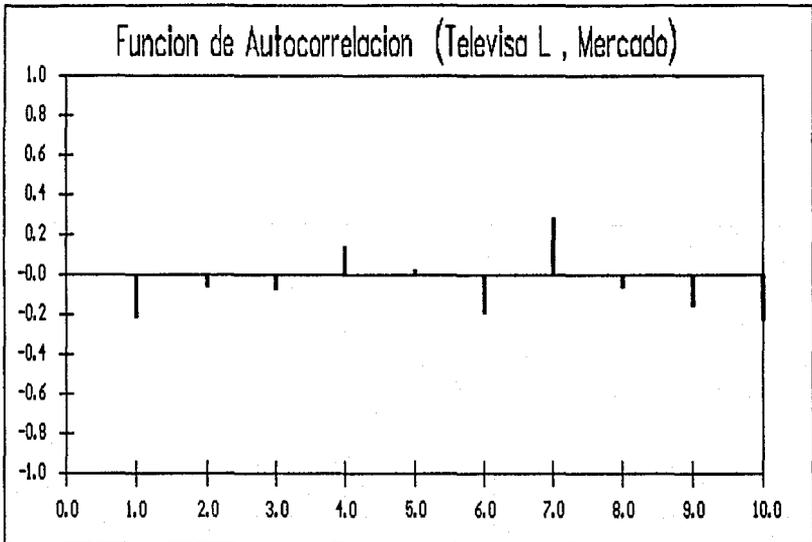
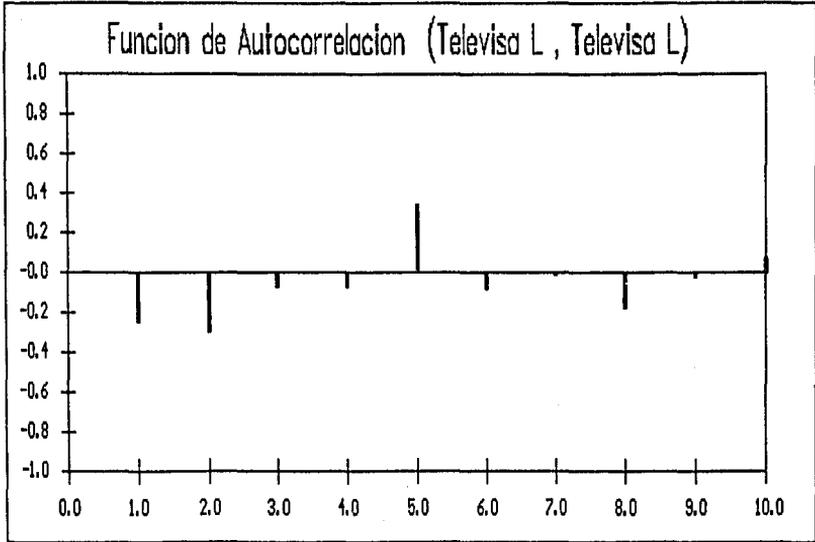
En las 15 páginas restantes se muestran las gráficas de los pronósticos de los procesos restantes.

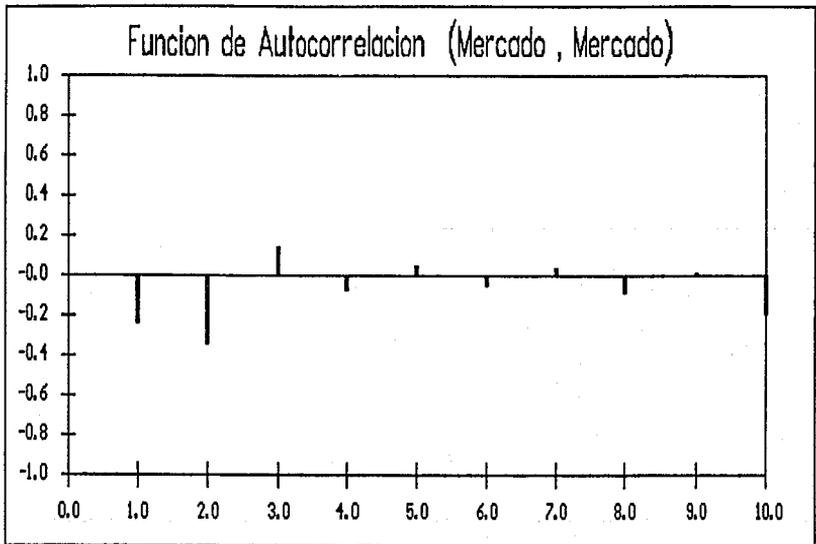
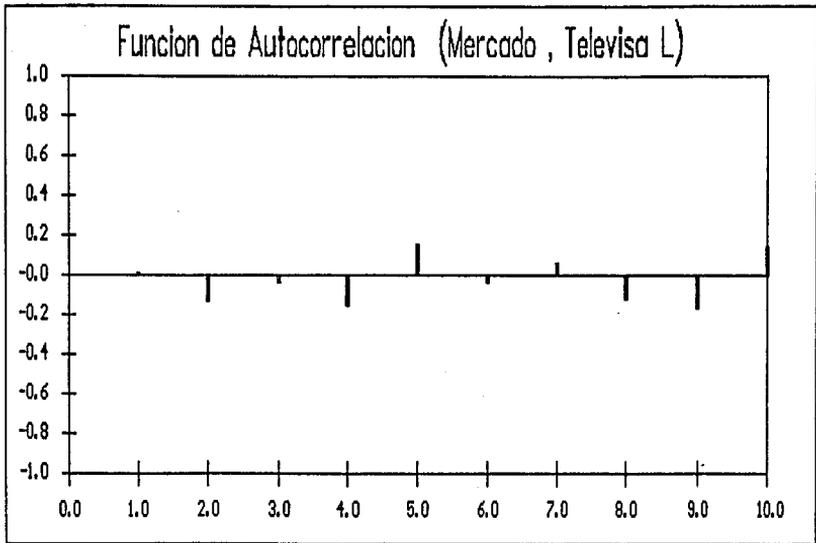
En las gráficas de pronóstico se muestra con línea continua las observaciones, mientras que el pronóstico mismo se presenta por medio de puntos oscuros.

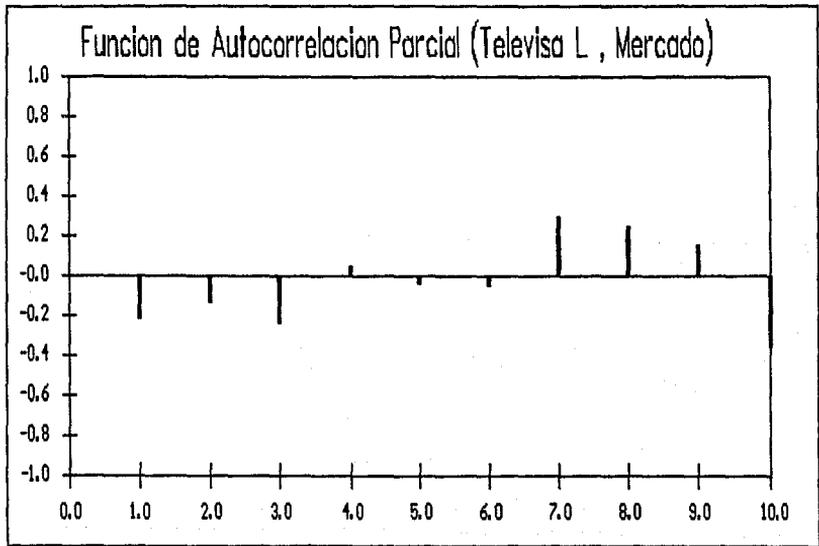
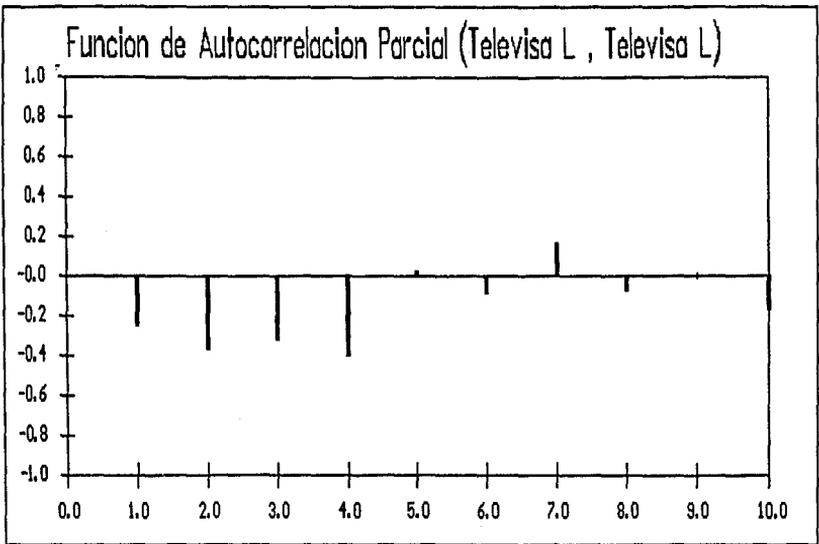


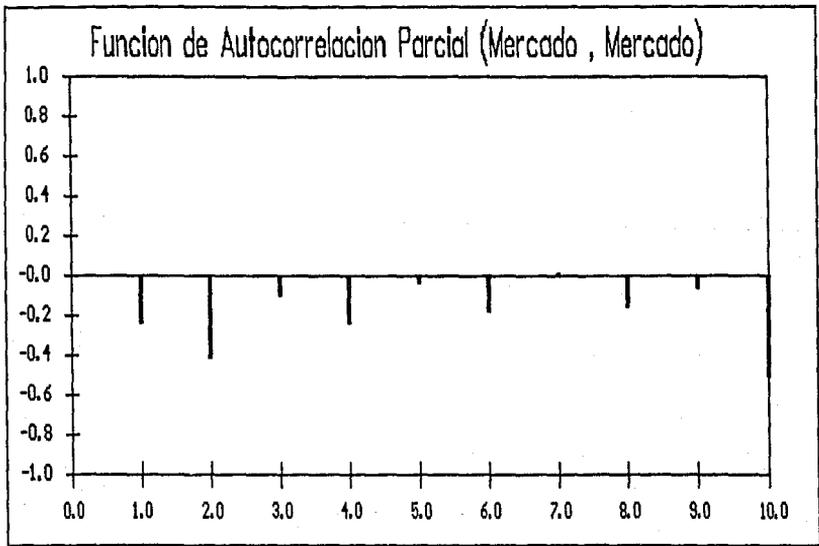
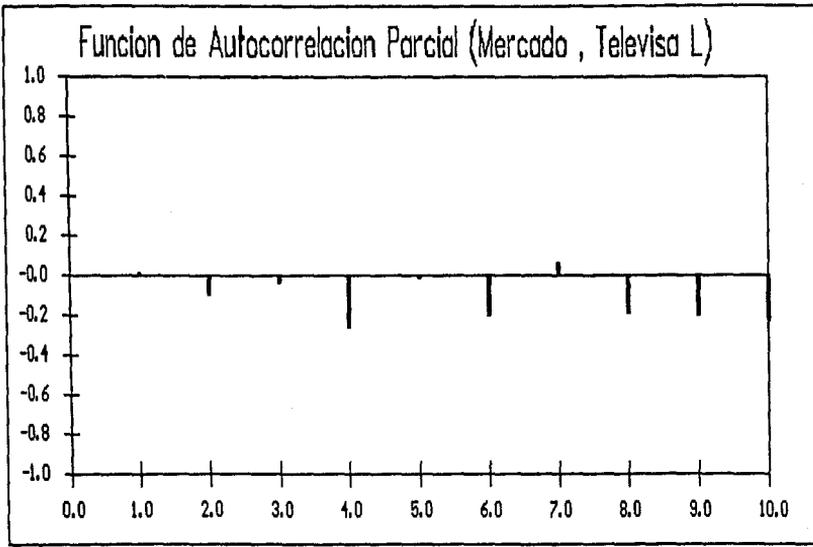


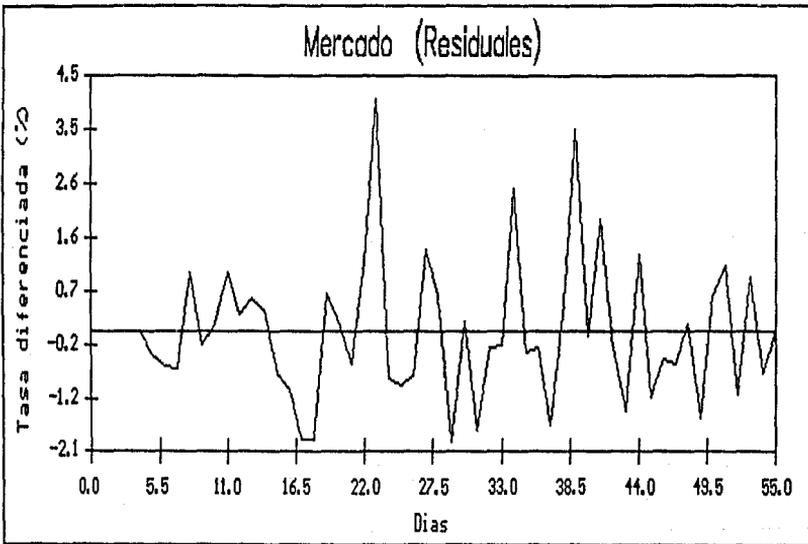
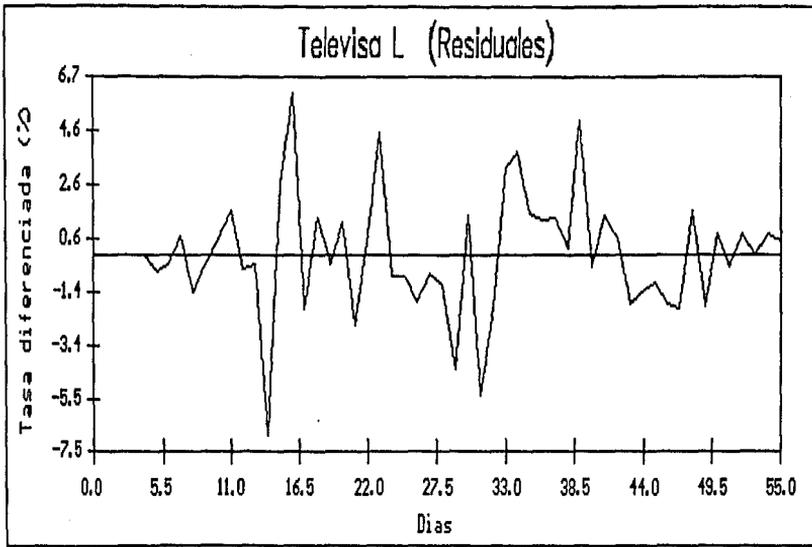


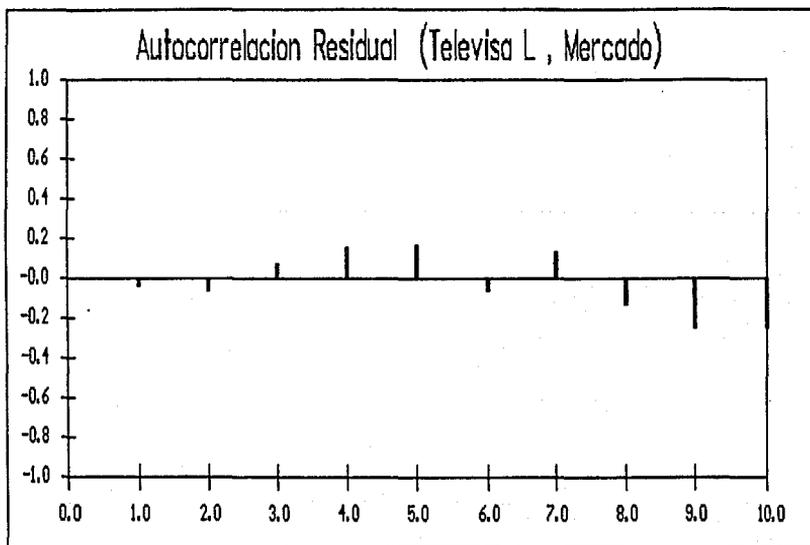
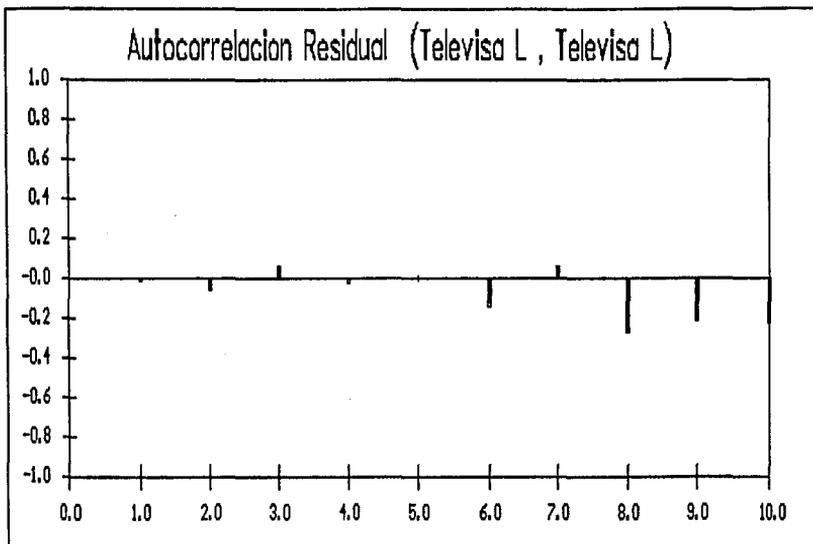


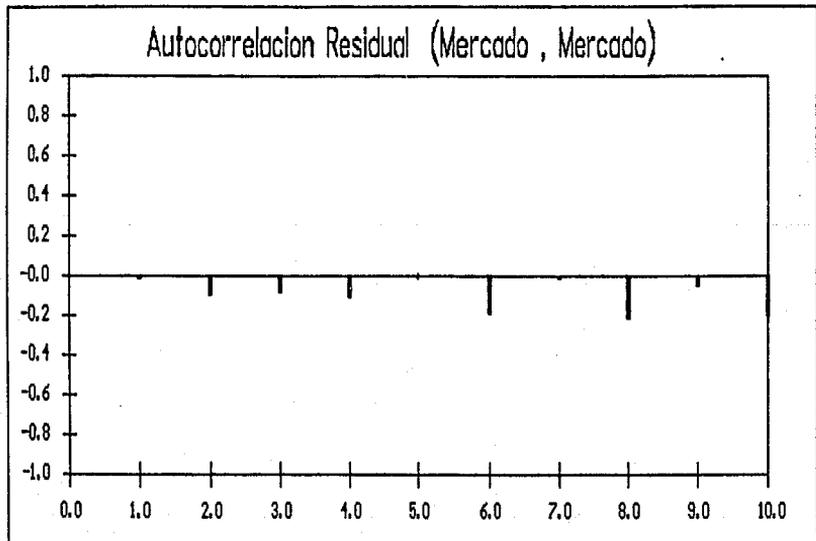
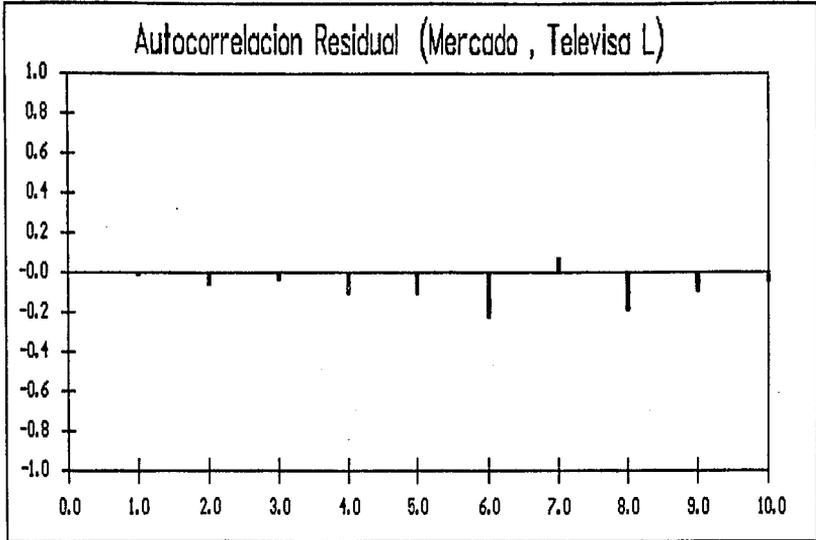


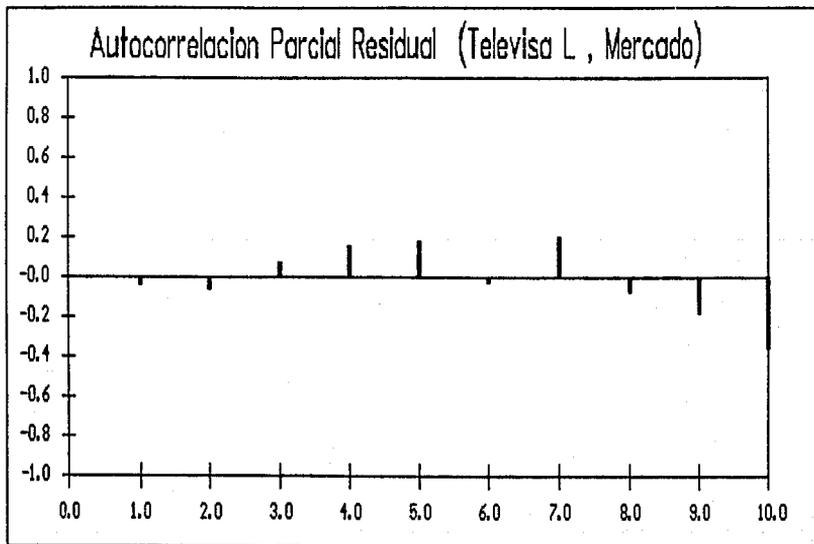
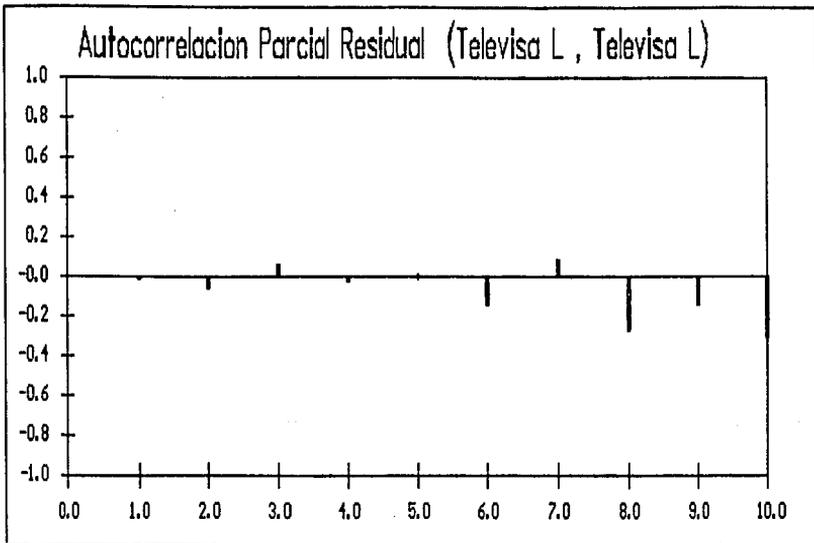


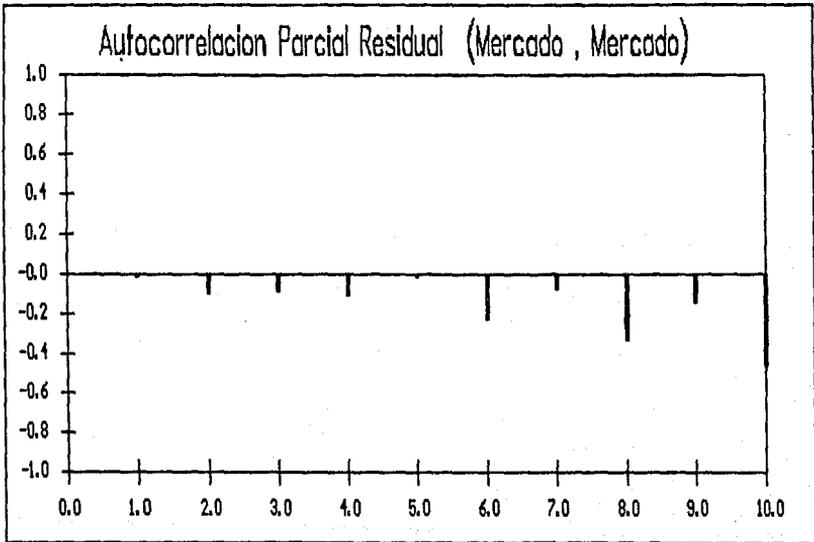
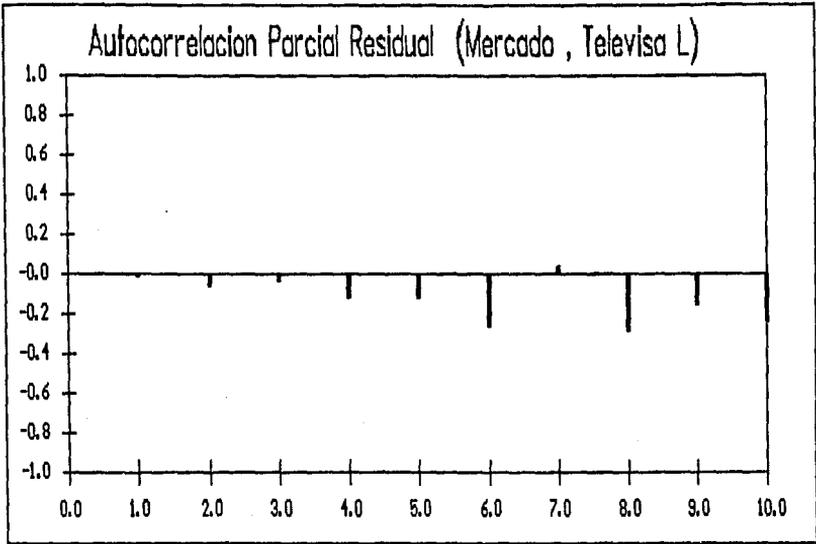


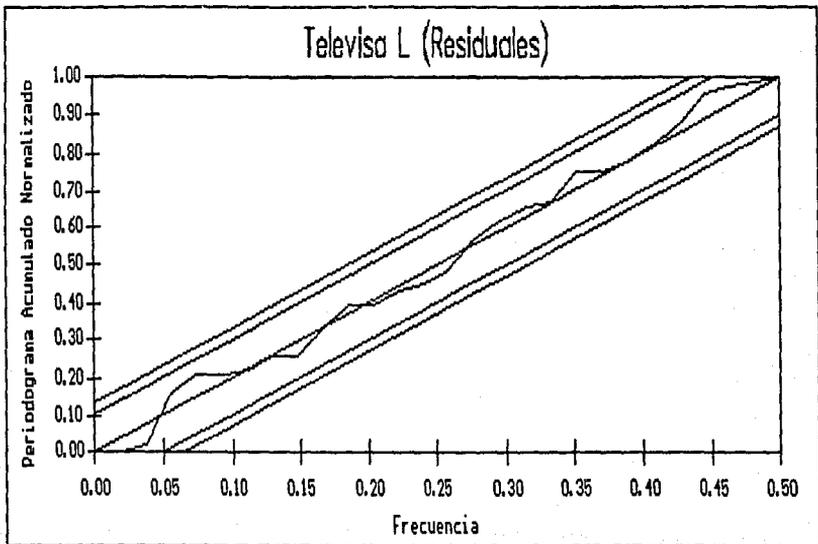
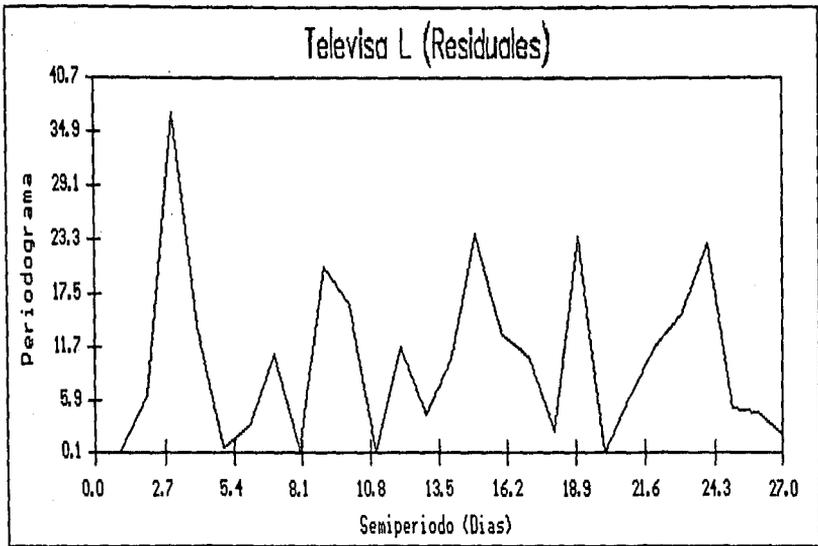


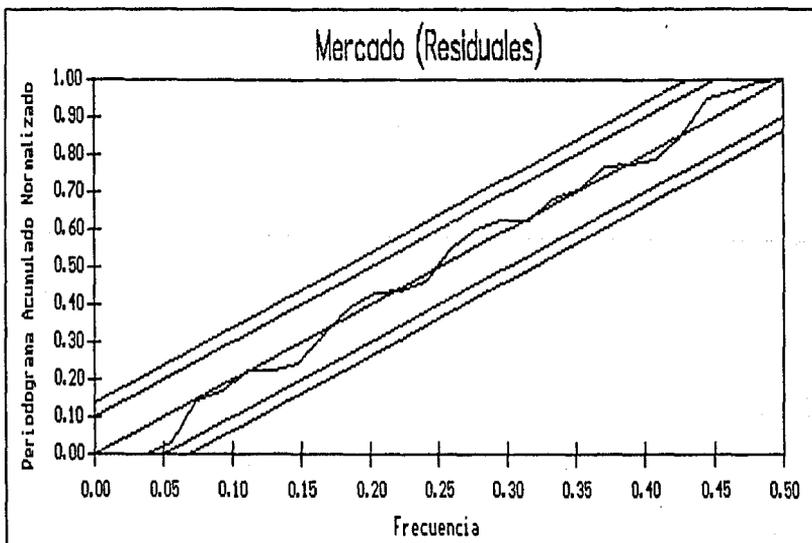
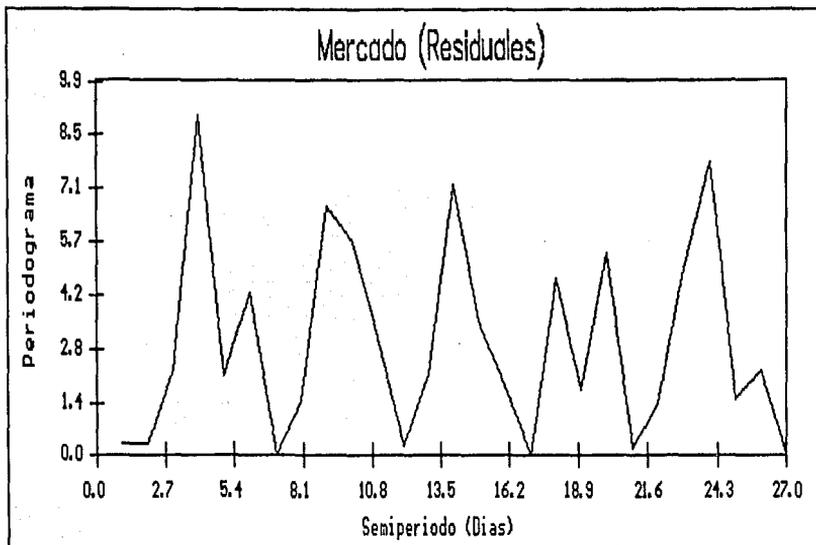


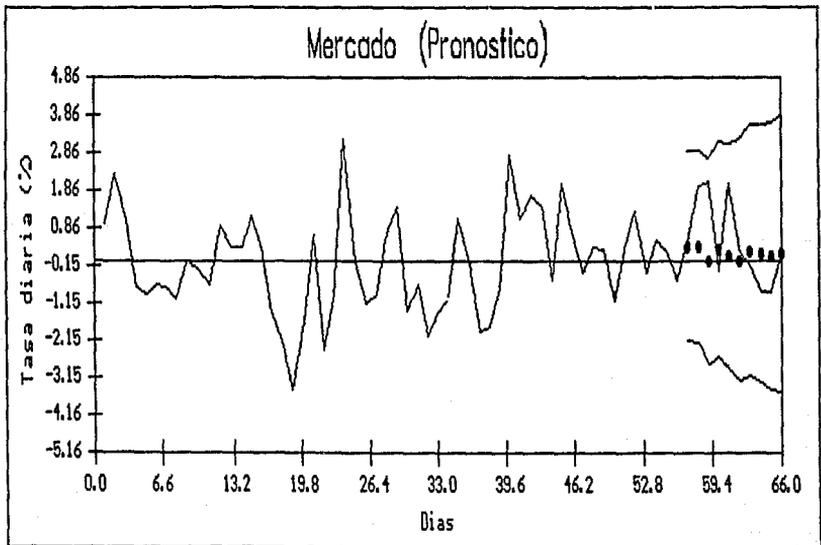
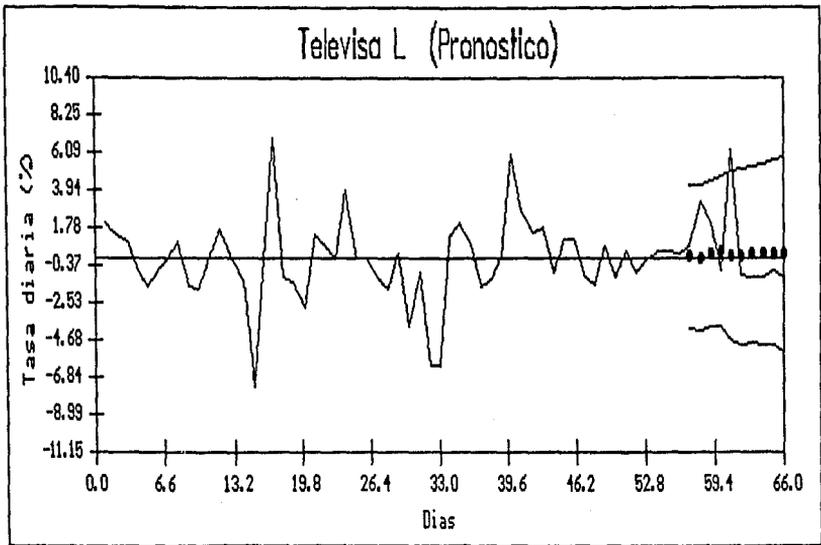


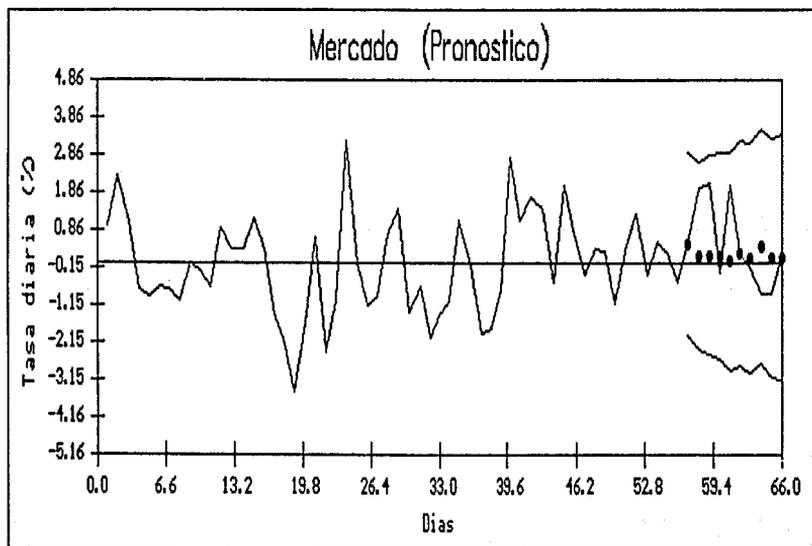
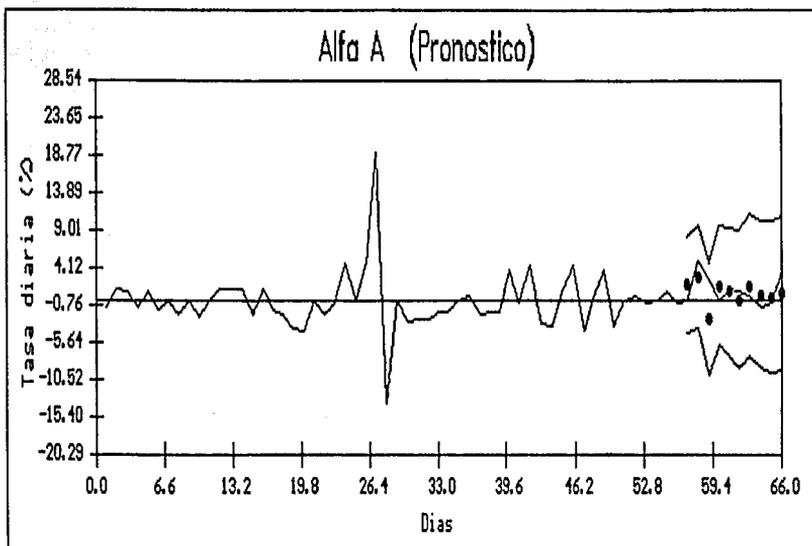


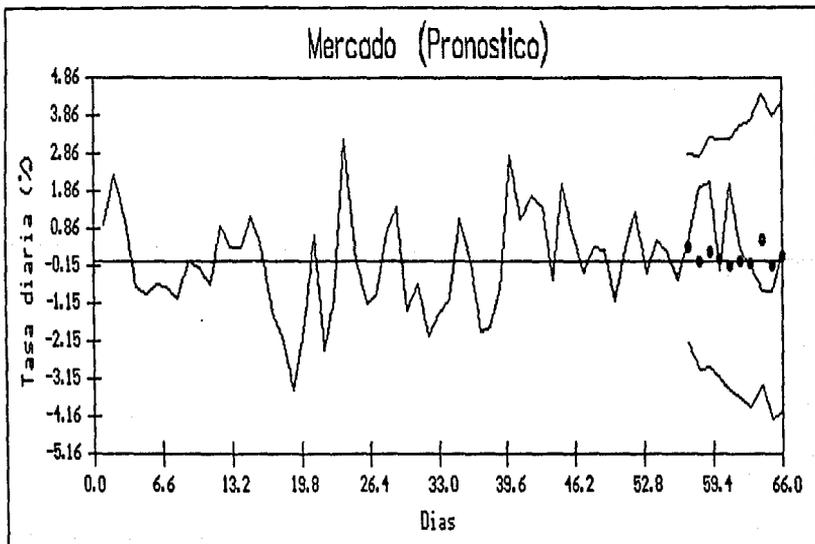
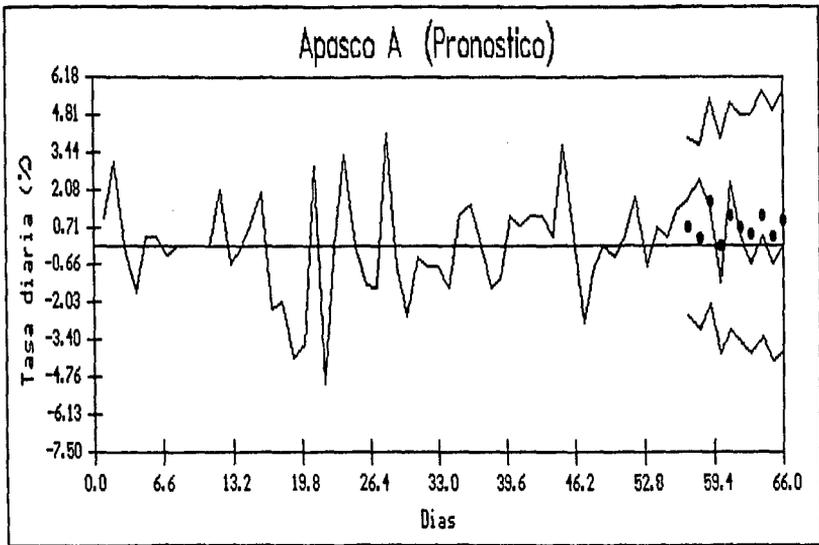


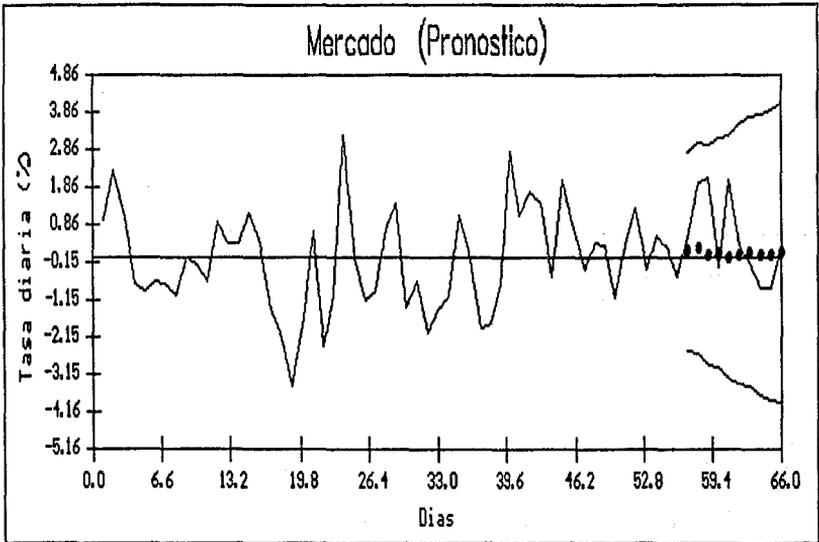
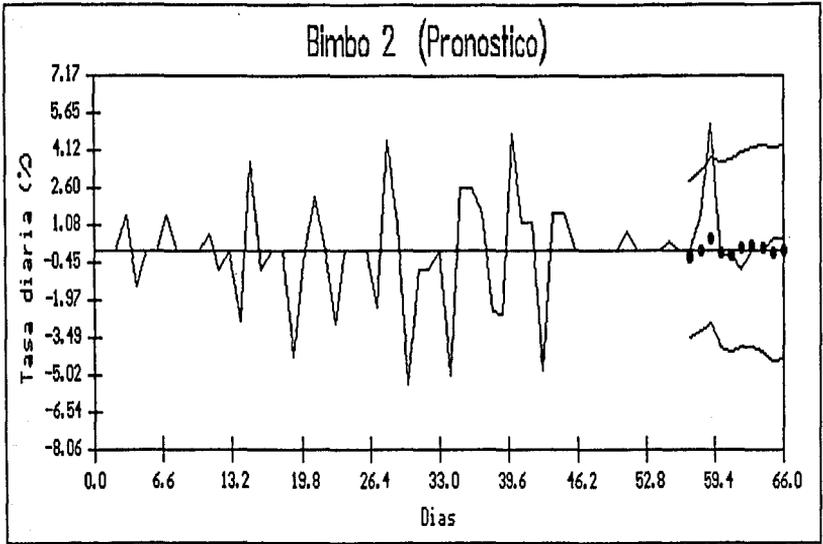


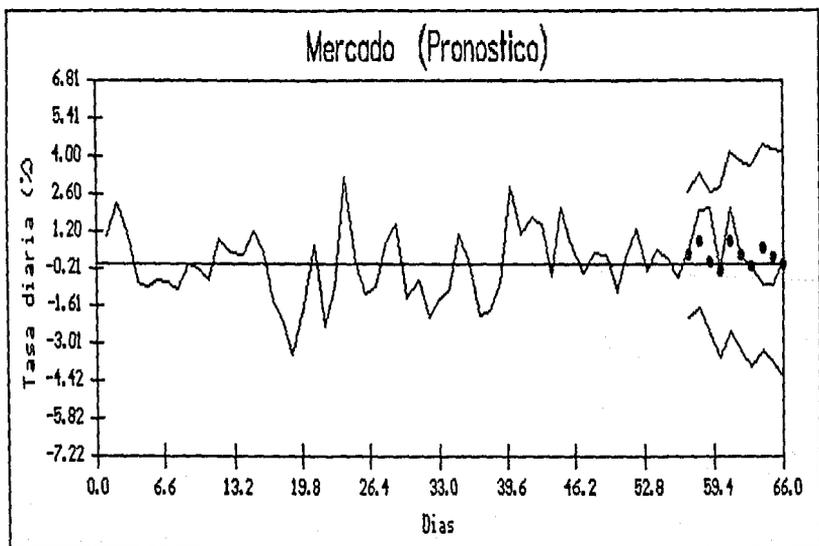
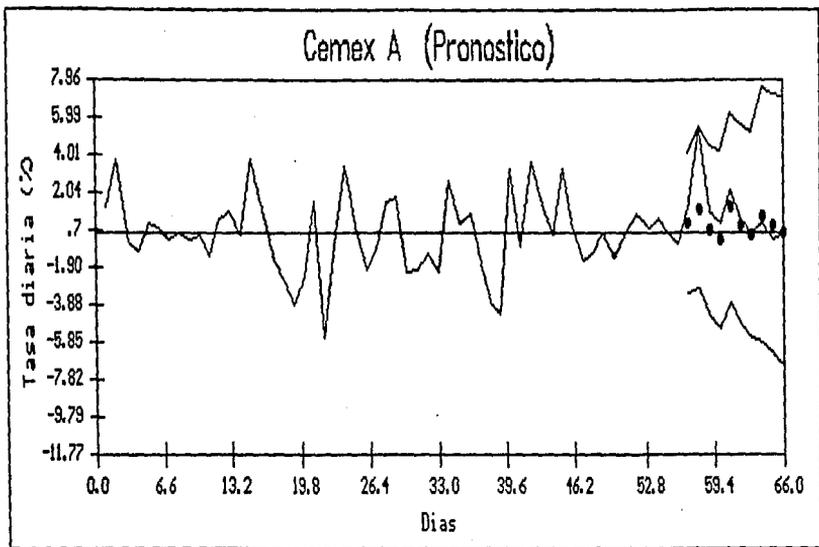


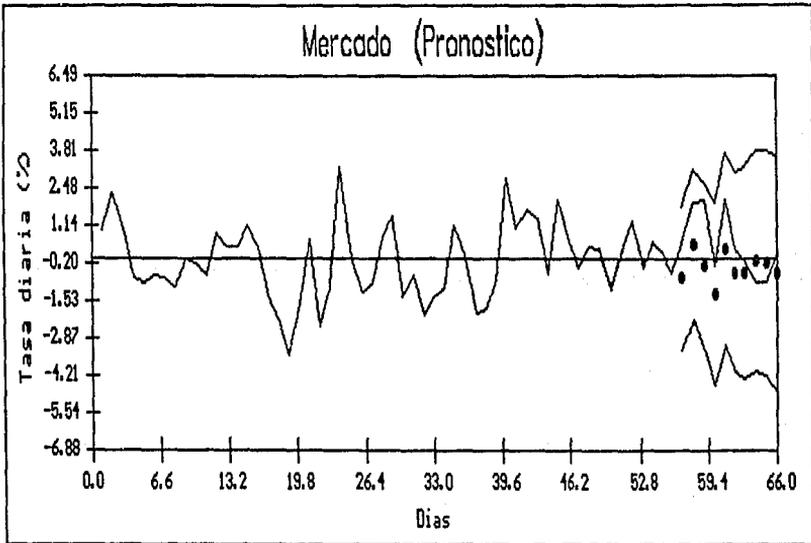
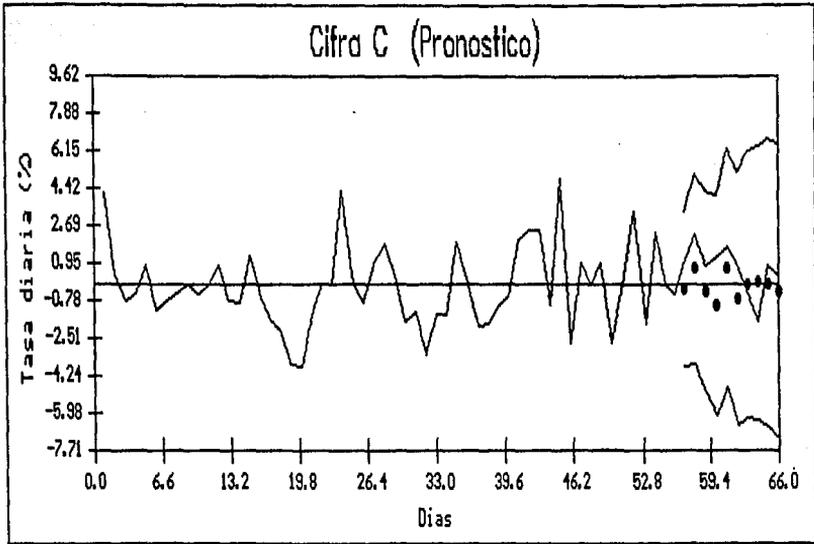


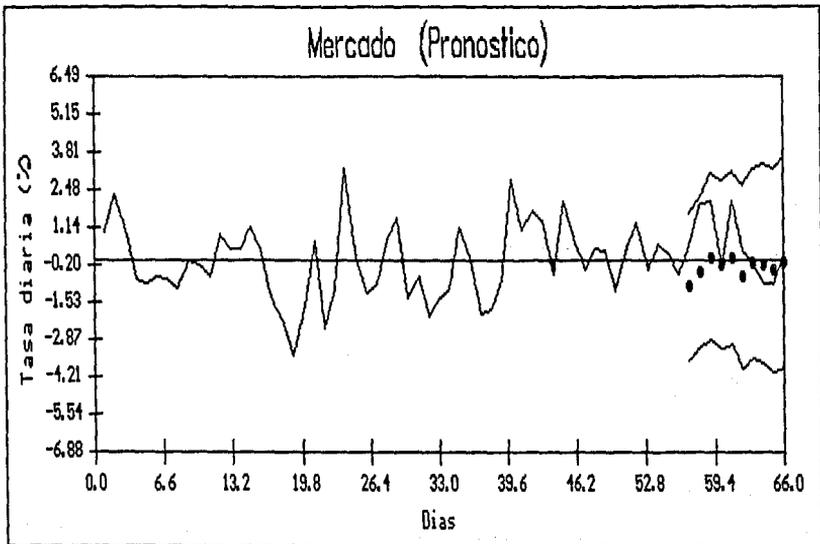
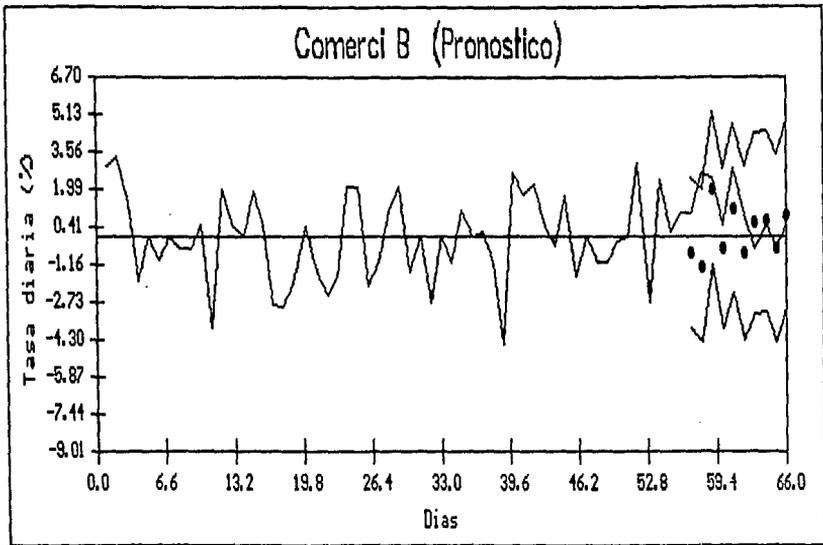


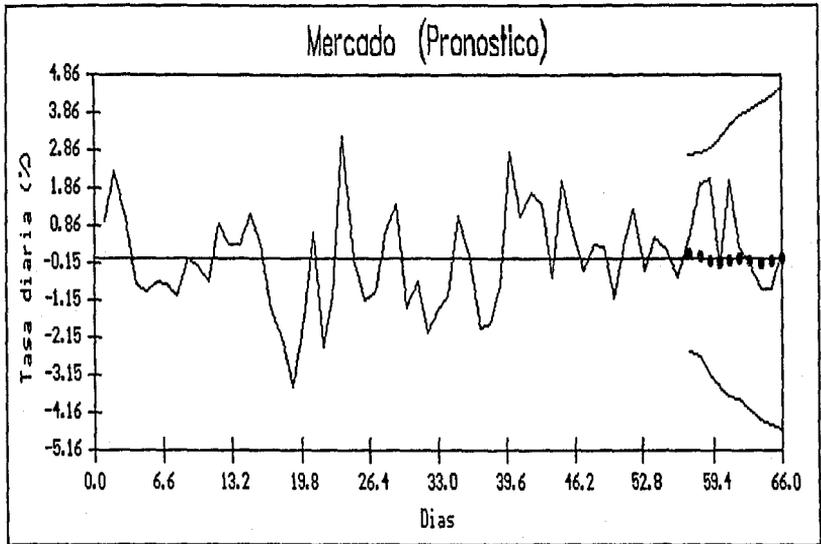
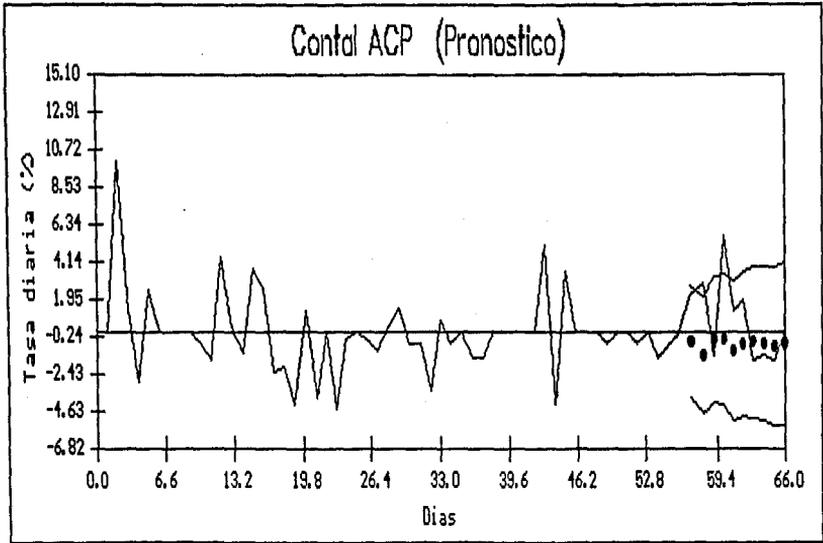


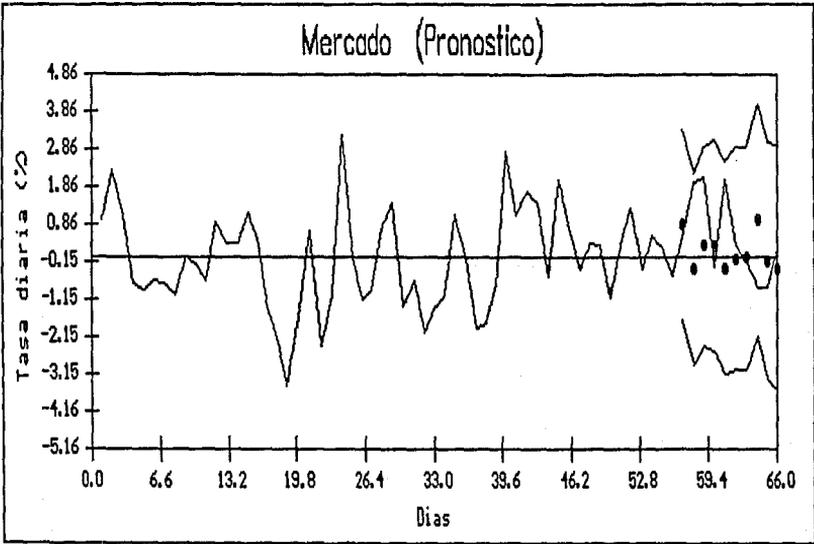
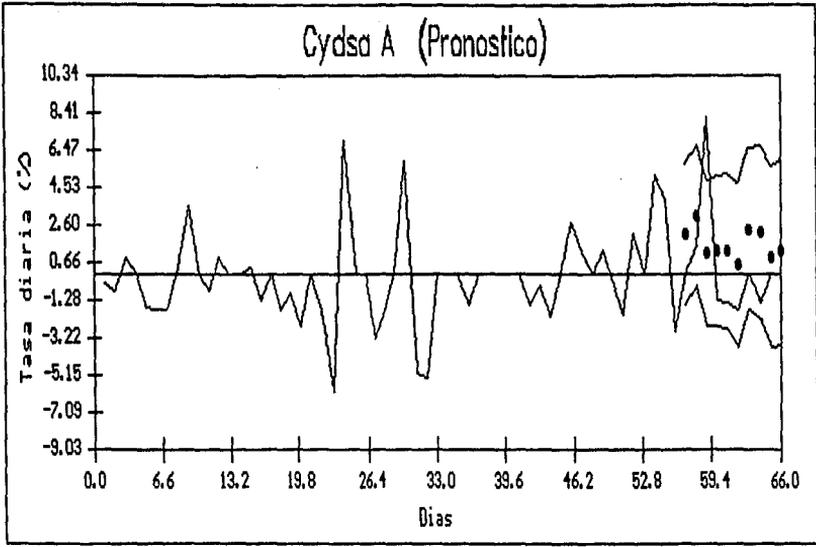


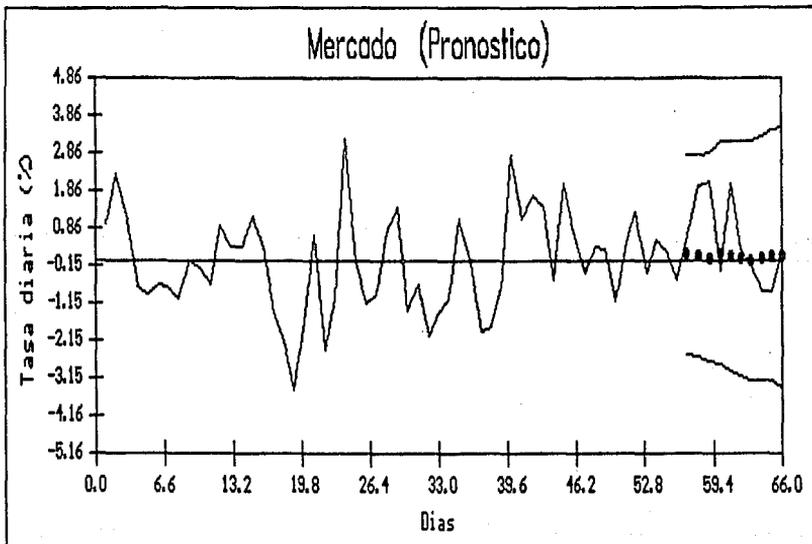
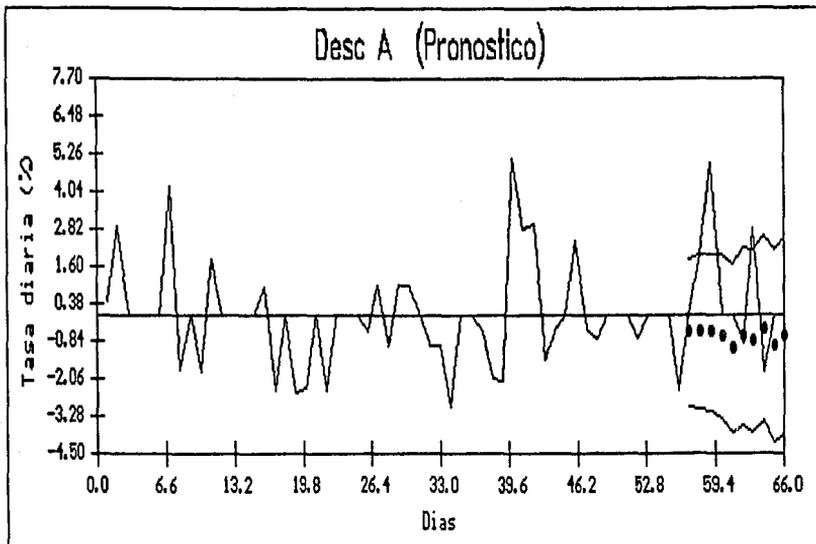


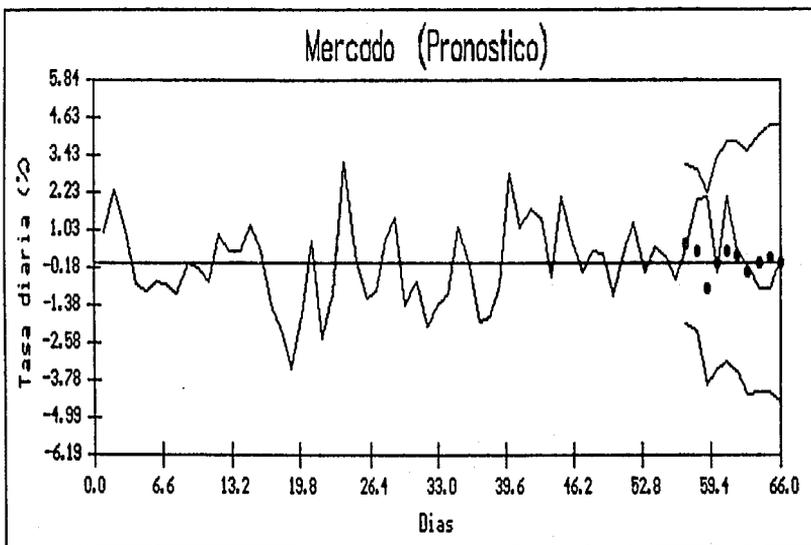
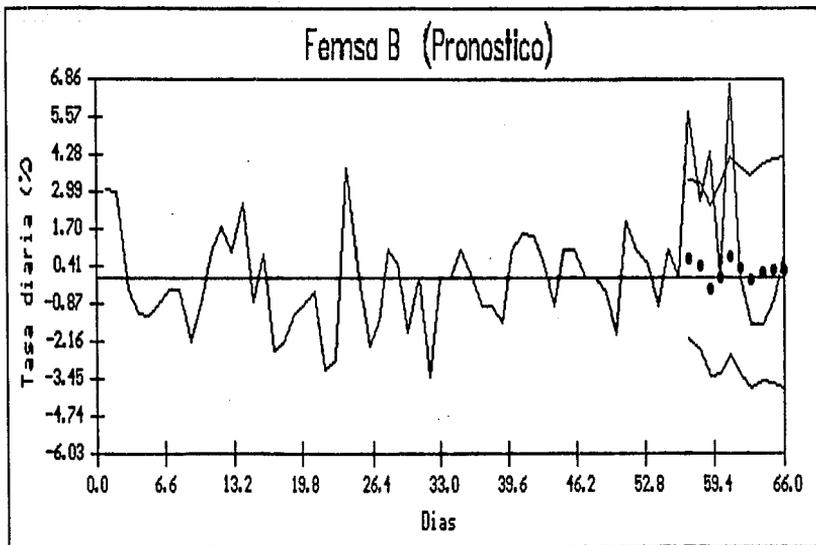


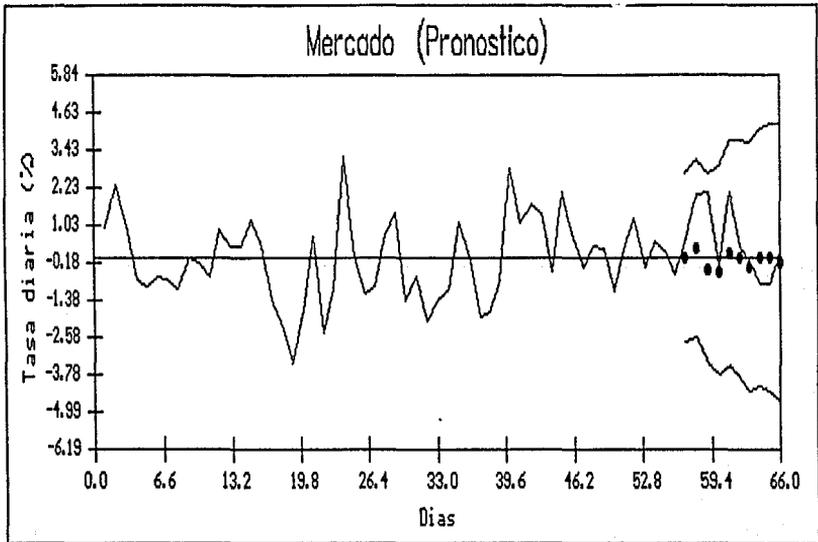
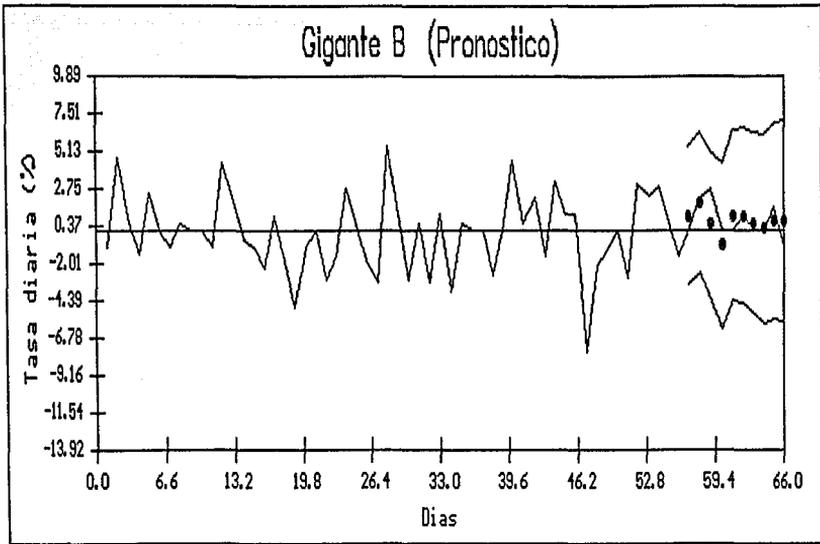


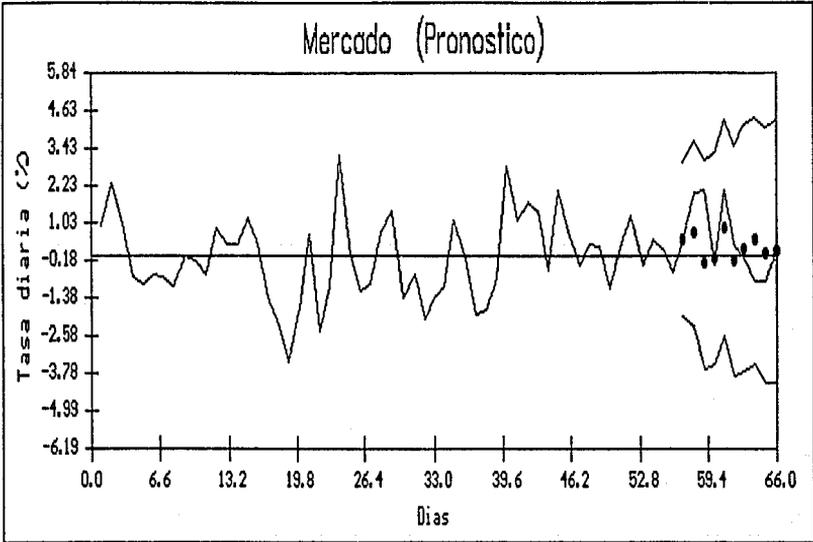
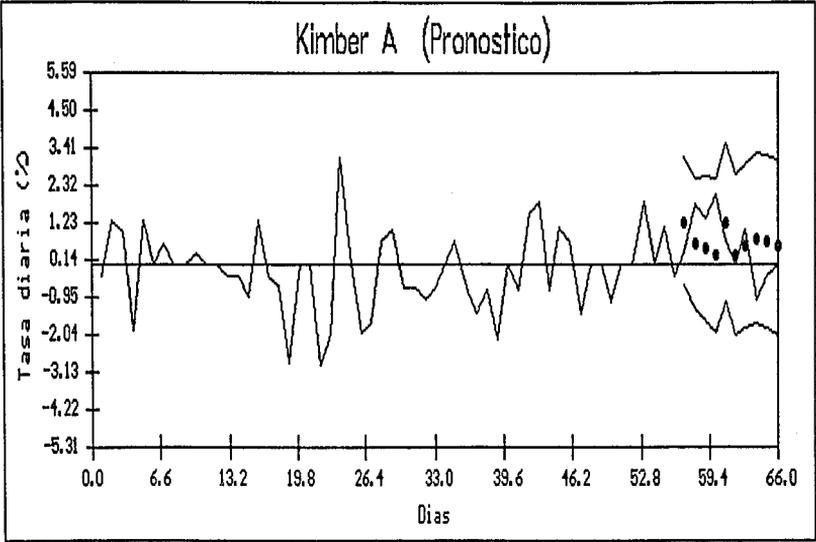


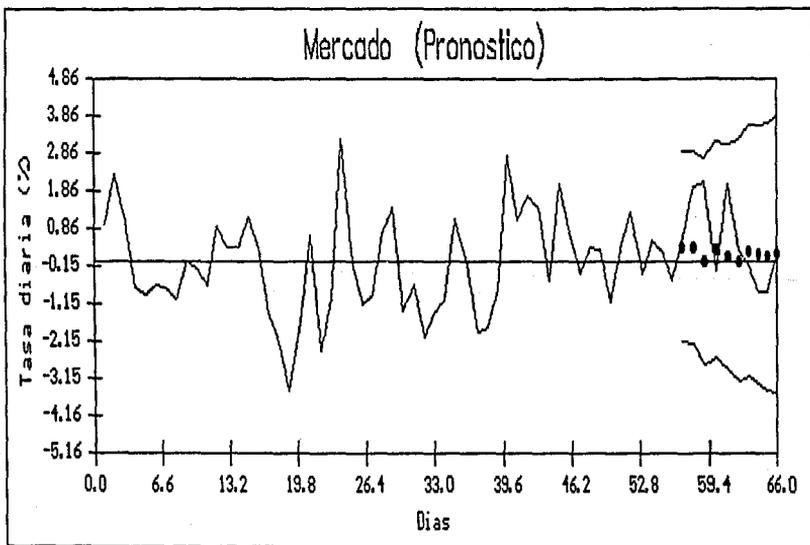
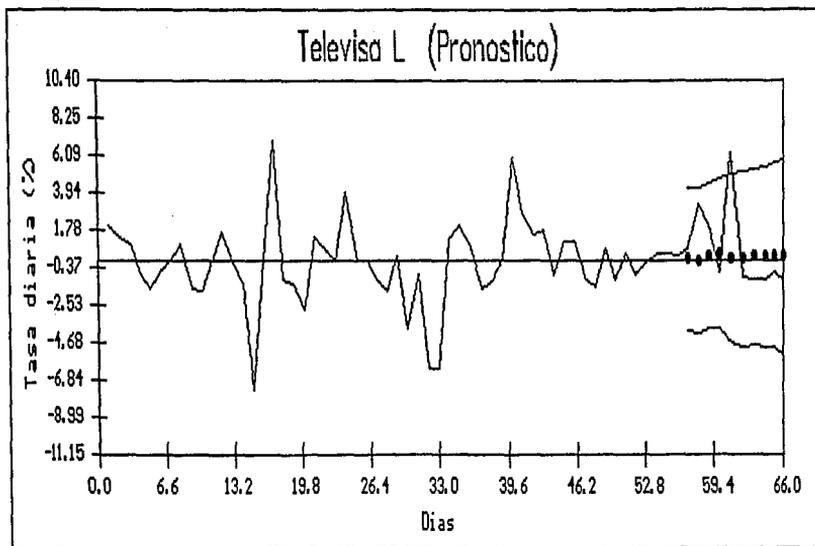


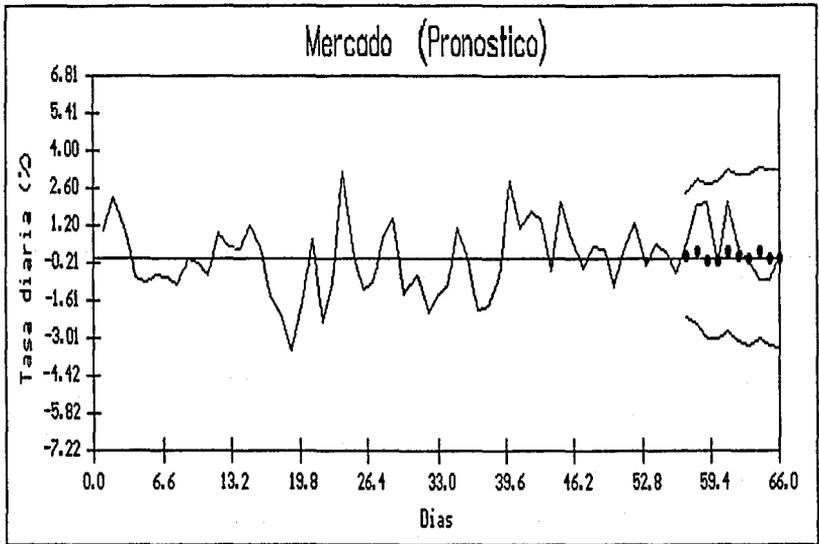
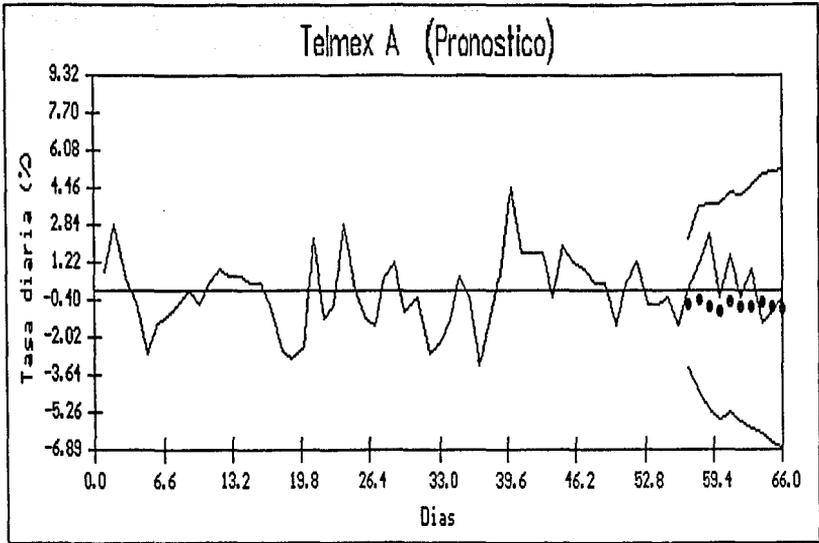


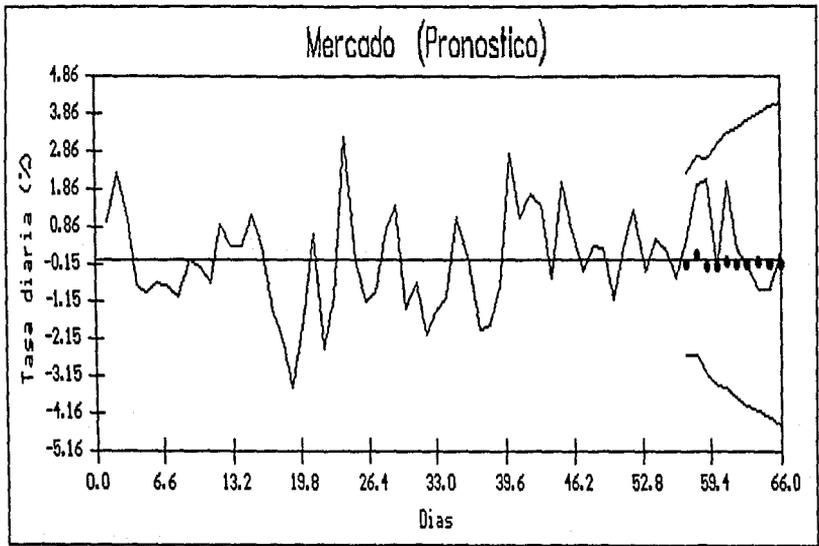
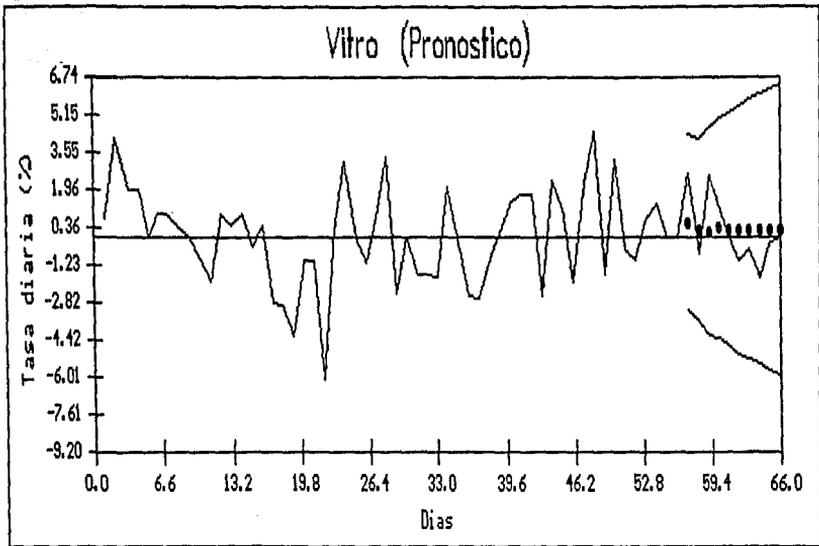












## BIBLIOGRAFIA

- 1) Alexander, G. J.; Sharpe, W. F. and Bailey, J. V. *Fundamentals of Investments*. Second Edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993.
- 2) Box and Jenkins, *Times Series Analysis: Forecasting and Control*. Edición Revisada, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632, 1976.
- 3) Brockwell, J. P. *Times Series: Theory and Methods*. Segunda Edición, Springer-Verlag, New York, 1991.
- 4) Brooke, Anthony; Kendrick, David; Meeraus, Alexander. *GAMS*. The Scientific Press, CA 1988.
- 5) Chiu, Shean-Tsong. *A linear estimation procedure for the parameters of autorregresive moving-average processes*. *Journal of Time Series Analysis*, Vol. 12, No. 4, 1991.
- 6) De Castro, Luis; Mascareñas, Juan. *Ingeniería Financiera*. McGraw-Hill, España, 1991.
- 7) Díaz Mata, Alfredo. *Invierta en la Bolsa*. Grupo Editorial Iberoamérica, México, D. F. 1988.
- 8) *El Economista*. Diario de Circulación Nacional. Enero-Abril de 1993.
- 9) Jhonson, Lynwood A. *Operations Research in Production, Planning, Scheduling and Inventory Control*. Wiley, New York 1974.
- 10) Konno, Hiroshi. *Piecewise linear risk function and Portfolio optimization*. *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol. 33, No. 2, 1990.

- 11) Konno, Hiroshi. *Mean-absolute deviation portfolio optimization model and its applications to Tokio Stock Market*. Management Science, Vol. 37, No 5, 1991.
- 12) Koreisha, Sergio. *A generalized least-square approach for estimation of autorregresive moving-average models*. Journal of Time Series Analysis, Vol. 11, No. 2, 1990.
- 13) Markowitz, H. M. *Mean-Variance Analysis in Portfolio Choice and Capital Markets*. Basil Brackwell. Cambridge MA, 1990.
- 14) Marquardt, Donald W. *An algorithm for least-square estimation of nonlinear parameters*. J. Soc. Appl. Math., Vol. 11, No. 2, 1963.
- 15) Márquez, Diez-Canedo Javier. *Carteras de Inversión*. Editorial Limusa, México, D. F. 1981.
- 16) Mosich, Donna; Shammass, Namir; Flaming, Bryan. *Advanced Turbo C*. Jhon Wiley & Sons, New York 1988.
- 17) Núñez Estrada, H. R. *Mercado de Dinero y Capitales*. Editorial Pac. México, D. F. 1992.
- 18) Schildt, Herbert. *Turbo C*. Borland-Osborne/McGarw-Hill 1989.
- 19) Tenenbaum, Aaron; Langsam, Yedidiah; Augenstein, J. Moshe. *Data Structures Using C*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- 20) Villarreal, René. *La Contrarrevolución Monetaria*. Editorial Océano. Tercera Edición, México, D. F. 1984.
- 21) Wei, W. W. S. *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. U.S.A. 1990.