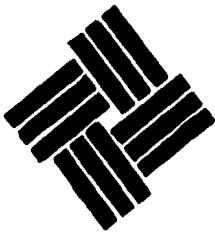


881217
15
207



Universidad Anáhuac

ESCUELA DE INGENIERIA

Con estudios incorporados a la
Universidad Nacional Autónoma de México

**" METODOS CUANTITATIVOS PARA PRONOSTICO
CON EL USO DE MICROCOMPUTADORAS "**

T E S I S

Que para obtener el Título de
Ingeniero Mecánico Electricista
p r e s e n t a:

ALBERTO MENACHE PAWA

México, D. F.

TESIS CON
FALLA LE ORIGEN

1986



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.

MÉTODOS CUANTITATIVOS PARA PRONOSTICO
CON EL USO DE MICROCOMPUTADORAS

CONTENIDO

I.	INTRODUCCION.....	página 1
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Objetivos.....	2
1.2.1	Objetivos Primarios.....	2
1.2.2	Objetivos Secundarios.....	2
1.3	Alcances.....	3
II.	INTRODUCCION AL PRONOSTICO.....	5
2.1	El Pronóstico y la Toma de Decisiones.....	5
2.2	Como Seleccionar el Método de Pronóstico Apropiado.....	8
2.2.1	Características de la Situación de Decisión.....	9
2.2.1.1	Horizonte de Tiempo.....	9
2.2.1.2	Nivel de Detalle.....	9
2.2.1.3	Número de Productos.....	10
2.2.1.4	Estabilidad.....	10
2.2.1.5	Procedimientos de Planeación Existentes.....	10
2.2.2	Características de los Métodos de Pronóstico.....	11
2.2.2.1	Horizonte de Tiempo.....	11
2.2.2.2	Patrón de Datos.....	11
2.2.2.3	Tipo de Modelo.....	11
2.2.2.4	Costo.....	12

	2.2.2.5	Exactitud.....	12
	2.2.2.6	Facilidad de Aplicación.....	12
III.		INTRODUCCION A LAS TECNICAS DE PRONOSTICO.....	13
3.1		Patrones de Datos Fundamentales.....	13
3.1.1		Patrón de Datos Horizontal.....	13
3.1.2		Patrón de Datos con Tendencia.....	14
3.1.3		Patrón de Datos Estacional.....	15
3.1.4		Patrón de Datos Cíclico.....	15
3.1.5		Combinación de Patrones de Datos.....	16
3.2		Métodos Existentes.....	16
3.2.1		Análisis de Series de Tiempo.....	16
	3.2.1.1	Promedios Movibles.....	17
		3.2.1.1.1 Ejemplo.....	18
	3.2.1.2	Suavización Exponencial.....	19
		3.2.1.2.1 Ejemplo.....	20
3.2.2		Modelos Causales.....	20
	3.2.2.1	Análisis de Regresión.....	21
3.3		Tabla de Características.....	22
IV.		EFFECTIVIDAD DE LOS METODOS PARA PRONOSTICO.....	24
4.1		Evaluación de los Datos.....	24
4.1.1		Datos Univariantes.....	24
4.1.2		Datos Bivariantes.....	26
4.1.3		Autorrelación de una sola Serie de Tiempo.....	29
4.2		Evaluación de los Resultados del Pronóstico.....	31
4.2.1		Medidas Estadísticas.....	31

4.2.2	Medidas Relativas.....	32
V.	ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO.....	36
5.1	Promedios Mοvibles.....	36
5.1.1	Promedios Mοvibles Simples.....	36
5.1.2	Promedios Mοvibles Dobles.....	40
5.2	Suavización Exponencial.....	42
5.2.1	Suavización Exponencial Simple.....	42
5.2.2	Suavización Exponencial Doble.....	46
VI.	MODELOS CAUSALES.....	49
6.1	Regresión Simple.....	49
6.2	Regresión Múltiple.....	55
VII.	EL PROGRAMA.....	58
7.1	Descripción.....	58
7.1.1	Introducción al C.....	58
7.2	Organización del Programa.....	58
7.2.1	Requerimientos.....	59
7.2.1.1	Otras Alternativas.....	59
7.2.2	Estructura del Programa.....	59
7.3	Manual de Operaciones.....	80
7.3.1	Instalación.....	80
7.3.2	Comandos.....	81
7.3.2.1	Salida del Programa.....	81
7.3.2.2	Ayuda al Usuario.....	82
7.3.2.3	Acceso a los Archivos de Datos.....	82

7.3.2.4	Análisis de los Datos.....	83
7.3.2.5	Relaciones entre Grupos de Datos.....	83
7.3.2.6	Análisis de Series de Tiempo.....	84
7.3.2.6.1	Promedios Movibles.....	84
7.3.2.6.2	Suavización Exponencial.....	85
7.3.2.7	Análisis de Regresión.....	85
7.3.2.7.1	Regresión Simple.....	86
7.3.2.7.2	Regresión Múltiple.....	86
7.3.2.8	Análisis de Resultados.....	87
7.3.3	Mensajes de Errores.....	88
VIII.	EJEMPLO PRACTICO.....	89
B.1	Descripción del Problema.....	89
B.2	Planteamiento.....	89
B.3	Preparación de Datos.....	97
B.3.1	Archivo de Ventas.....	97
B.3.2	Archivo de Devoluciones.....	109
B.4	Desarrollo.....	119
IX.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	126
	BIBLIOGRAFIA.....	128
	APENDICE A - Listado del Programa.	

LISTADO DE FIGURAS

Capítulo	Número	Título	Página
3	1	Patrón de Datos Horizontal.....	14
	2	Patrón de Datos Incluyente.....	14
	3	Patrón de Datos Estacional.....	15
	4	Patrón de Datos Cíclico.....	16
	5	Factores Exponenciales de Peso....	19
	6	Línea de Regresión.....	21
	7	Técnicas de Pronóstico.....	23
4	1	Cantidad Gastada por 10 Clientes en una Tienda.....	25
	2	Peso y Altura de 10 Personas.....	27
	3	Gráfica de Peso contra Altura.....	27
	4	Calculos Necesarios para Determinar la Covarianza y la Correlación para el Peso y la Altura de 10 Personas.....	28
	5	Tabla de Calculos para Determinar la Autocovarianza y la Autocorre- lación para los Datos de la Figu- ra 4.1.....	30
	6	Calculos de las Medidas Estadís- ticas para Evaluación de los Re- sultados del Pronóstico.....	32
	7	Cálculo de las Medidas Relativas para un Grupo de Errores.....	33
	8	Cálculo de la Estadística U para un Grupo de Datos.....	34
5	1	Pronóstico de la Demanda de Lámparas con Promedios Movibles Simples.....	36
	2	Valores Observados y Promedios Movibles.....	37
	3	Patrón con Cambio en Forma de Escalón.....	38
	4	Patrón con Cambio en Forma de Rampa.....	38
	5	Pronóstico del Balance de Inven- tarios con Promedios Movibles Dobles.....	41
	6	Promedios Movibles Dobles.....	42
	7	Pronosticando la Demanda de Lámparas con Suavización Exponencial.....	45
	8	Pronósticos con Suavización Exponencial.....	45

Capítulo	Número	Título	Página
5	9	Fronóstico del Balance de Inventarios con Suavización Exponencial Doble.....	47
	10	Suavización Exponencial Doble.....	48
6	1	Proyección de Ventas Anuales.....	49
	2	Material de Segunda y Velocidad de Producción.....	50
	3	Cantidades Utilizadas en el Método de Mínimos Cuadrados.....	51
	4	Cálculo de los Parámetros de la Recta para el Ejemplo de la Industria.....	53
	5	Material de Segunda y Velocidad de Producción.....	54
	6	Datos a Utilizar para Calcular las Ventas de Vidrio.....	56
	7	Listado del Resultado.....	57
7	1	Diagrama de Flujo del Programa....	60
8	1	Análisis de Datos de Ventas.....	90
	2	Datos Históricos de Ventas.....	90
	3	Autocorrelaciones de Ventas.....	91
	4	Análisis de Datos de Devoluciones.....	92
	5	Datos Históricos de Devoluciones.....	92
	6	Autocorrelaciones de Devoluciones.....	93
	7	Análisis de Datos de Producción.....	94
	8	Datos Históricos de Producción.....	94
	9	Autocorrelaciones de Producción.....	95
	10	Correlación entre Producción y Ventas.....	96
	11	Correlación entre Producción y Devoluciones.....	96
	12-16	Fronóstico de Ventas por Promedios Móviles Simples.....	97
	17-21	Fronóstico de Ventas por Promedios Móviles Dobles.....	101
	22-26	Fronóstico de Ventas por Suavización Exponencial Doble....	105
	27-31	Fronóstico de Devoluciones por Promedios Móviles Simples.....	109
	32-36	Fronóstico de Devoluciones por Promedios Móviles Dobles.....	112
37-41	Fronóstico de Devoluciones por Suavización Exponencial Doble....	116	

Capítulo	Número	Título	Página
B	42-43	Pronóstico de Producción por Promedios Mviles Simples.....	120
	44-45	Pronóstico de Producción por Promedios Mviles Dobles.....	121
	46-47	Pronóstico de Producción por Suavización Exponencial Doble....	123
	48-49	Pronóstico de Producción por Análisis de Regresion.....	124
	50	Datos Observados y Pronóstico Obtenido.....	125

I. INTRODUCCION.

1.1 Antecedentes.

El aumento en la complejidad y competencia en el medio de los negocios ha encaminado a un gran desarrollo en los métodos de pronóstico en las últimas décadas. Para -- empresas de todos tipos es esencial efectuar pronósticos para facilitar la toma de decisiones.

Aunque muchos directivos de empresas están concien-- tes de la necesidad de un método de pronóstico adecuado, pocos conocen la variedad de métodos que han sido desa-- rrollados, y mucho menos como seleccionar el método ade-- cuado para una situación determinada. Aunque se ha hecho accesible el soporte necesario para la aplicación del --- pronóstico por computadora, para ser utilizado de manera adecuada es necesario tener el conocimiento de las técni-- cas de pronóstico así como de las diferentes situaciones en las que se requiere este. Es de suma importancia cono-- cer las necesidades propias de la empresa, más que los -- aspectos teóricos de los métodos.

Una de las necesidades primordiales para la direc--- ción de empresas en esta década es saber manejar la di--- versidad e inseguridad existentes debido a la falta de -- estabilidad política, y por lo tanto nuevas técnicas son necesarias para sobrevivir en el medio empresarial.

Uno de los campos más importantes para la aplicación del pronóstico en una industria es el del control de la - producción, ya que este está basado básicamente en el fu-- turo. El éxito de una empresa depende de su preparación - para confrontar las necesidades de sus clientes de una -- manera tan o más eficiente que las empresas de la compe-- tencia.

La totalidad de la planeación en una empresa depende del pronóstico. Para el departamento de mercadotecnia es importante determinar el crecimiento potencial del merca-- mercado para un producto determinado o para un grupo de - productos. Para el departamento de control de la produc-- ción es necesario conocer los requerimientos de producción a largo plazo para generar los planes de expansión de --- planta y de desarrollo de nuevos métodos de producción -- que vayan de acuerdo con el cambio de volumen a producir, así como a corto plazo, para determinar las capacidades - de horas-hombre y horas-maquina. En el departamento de - planeación se utilizan los pronósticos para desarrollar - el control de los inventarios y para determinar las prio-- ridades de entrega, entre otras aplicaciones.

El pronóstico es el primer paso para satisfacer todas estas necesidades, ya que si no se tiene una estimación de las ventas a un plazo determinado, no sería posible determinar los requerimientos de producción, sin los cuales sería imposible calcular el nivel de inventarios necesario, además de otras necesidades que no serían satisfechas, y de esto sólo resultaría una empresa sin la preparación necesaria para afrontar las demandas del medio competitivo.

Por el bajo costo e implementación de los nuevos sistemas de computación, ahora es más accesible la utilización de programas que faciliten la toma de decisiones en una empresa de cualquier tamaño. El programa para el cálculo del pronóstico que se incluye, está diseñado para que el usuario sólo deba haber seleccionado el método más conveniente y el plazo a cubrir, para obtener el resultado en un lapso mínimo de tiempo.

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivos Primarios.

- Simplificar el uso de los pronósticos por medio de un programa para computadora.
- Diseñar el programa para computadora con la mayor generalidad posible para que este pueda ser aplicado a la industria en general.
- Explicar la aplicación de cada uno de los métodos cuantitativos para pronóstico a tratar.
- Aplicar un ejemplo típico para demostrar la utilización del programa diseñado.
- Diseñar un manual de operaciones para el programa de computadora.

1.2.2 Objetivos Secundarios.

- Entender la diferencia entre métodos cuantitativos y cualitativos.
- Conocer los distintos patrones de datos existentes.
- Mostrar características utilizables para escoger el método más conveniente.

- Explicar las diferencias entre los métodos de pronóstico en cuanto a diferentes plazos de tiempo (inmediato, -- corto, medio y largo).

- Mostrar la habilidad de los métodos mencionados para -- detectar los puntos de rotación.

- Explicar en que consiste la suavización de un patrón de datos.

- Dar una explicación introductoria sobre las ventajas -- del lenguaje C así como datos históricos acerca de éste.

1.3 Alcances.

Las técnicas para desarrollar un pronóstico pueden -- ser clasificadas en dos grandes grupos: cuantitativas y -- cualitativas. Las técnicas que comienzan con datos históricos y después, siguiendo un cierto grupo de reglas, desarrollan una predicción de valores futuros, caen en la -- categoría de métodos cuantitativos. Los métodos cualitativos son en los cuales los datos no se encuentran disponibles o no son aplicables y por lo tanto se desarrollan casi en su totalidad utilizando el juicio personal.

En este trabajo se tratarán principalmente los métodos cuantitativos, ya que su objetivo es incorporar los -- métodos a la computadora.

Los métodos que serán tratados en este trabajo serán los siguientes:

- Promedios Mviles Simples.
- Promedios Mviles Dobles.
- Suavización Exponencial Simple.
- Suavización Exponencial Doble.
- Regresión Simple.
- Regresión Múltiple.

Se desarrollará un programa para computadora para -- utilizar cada uno de los métodos antes mencionados, y se documentará con un manual de operaciones. La funcionalidad de este programa será comprobada con un ejemplo práctico. Este programa será escrito en el lenguaje C bajo el sistema operativo MS-DOS, es decir, será compatible para ser utilizado en la computadora IBM PC.

Se mencionará la importancia de tomar en cuenta el -- costo de cada técnica para escoger la apropiada, más no -- se tomará este en cuenta al aplicar el ejemplo práctico, ni se probará la rentabilidad de cada uno de los métodos

antes mencionados para un caso en específico.

Los datos que serán utilizados en el ejemplo práctico serán datos reales proporcionados por una empresa de comercialización de varios productos, sin tomar en consideración en que consista cada producto, para así lograr el objetivo de este trabajo de abarcar a la industria en general.

Se mencionarán cuatro patrones de datos importantes para el desarrollo de un pronóstico, estos son el horizontal, inclinante, estacional y cíclico.

En general, el contenido de este trabajo consistirá en una breve documentación de cada uno de los métodos antes mencionados, así como de una introducción a lo que es un pronóstico y los criterios para escoger un método. Todo esto será recopilado de la bibliografía citada. La parte exclusivamente diseñada para este trabajo será el programa para computadora y el manual de operaciones, así como la aplicación del ejemplo práctico. Sin embargo, sin el debido conocimiento de cada uno de estos métodos, no sería posible comprender el uso del programa. También se ofrecerán comentarios y recomendaciones para el uso de estos métodos en la industria.

11. INTRODUCCION AL PRONOSTICO.

2.1 El Pronóstico y la Toma de Decisiones.

El proceso de tomar una decisión en los últimos tiempos ha sufrido un cambio radical, ya que en los años anteriores no se utilizaba un método sistemático para esto y poco a poco se ha ido implementando este proceso, en proporción con el aumento en la necesidad de una decisión más acertada, hasta llegar a lo que es ahora.

Aunque en décadas pasadas los negocios grandes o chicos se manejaban casi dependiendo del criterio de una o varias personas, este tipo de manejo ya está desapareciendo, y en su lugar están apareciendo las nuevas técnicas para la toma de decisiones, con el importante soporte de las computadoras.

Un aspecto clave en cualquier situación de toma de decisiones es poder predecir las circunstancias que vuelven a esa decisión y a esa situación. Estas predicciones, más bien pronósticos, han sido identificadas como una parte clave del proceso de tomar decisiones. El área de predicciones y pronósticos ha sido estudiada extensivamente, y gracias a esto han sido desarrollados métodos para efectuar predicciones con una mayor objetividad y confiabilidad. Estas técnicas varían considerablemente en su sofisticación así como en su utilización.

Para entender el hecho de que ningún método de pronóstico por sí sólo puede resolver las necesidades de todas las situaciones que requieran una decisión, ayudaría considerar el amplio rango de problemas que requieren de un pronóstico. Una manera sencilla de clasificar estos problemas es de acuerdo a las áreas a las que son relativos. Entre estas áreas tenemos el departamento de mercadotecnia, el departamento de finanzas y el departamento de producción.

En mercadotecnia hay un número de decisiones que deben basarse en pronósticos confiables del tamaño del mercado y en las características de éste. Por ejemplo, una empresa que produce y vende aparatos electrónicos debe ser capaz de pronosticar cuál será la demanda para cada uno de sus productos en determinadas regiones geográficas y tipos de consumidores. Estos pronósticos pueden entonces ser utilizados por su departamento de mercadotecnia para sus planes de publicidad, ventas, y otras promociones. Además la mercadotecnia requiere pronósticos en ciertas áreas como cuál es su participación en el mercado, variaciones en los precios, y desarrollo de nuevos

productos.

En producción, una gran aplicación para el pronóstico, es el de ventas, ya que así la empresa puede planificar su calendario de producción, así como sus inventarios, para así cumplir con la demanda a un costo razonable. En una situación como esta se necesita un pronóstico por cada artículo por un período específico de tiempo para poder ser útil en la decisión. Muchas de las otras áreas que tienen que ver con la producción y requieren de un pronóstico son los requerimientos de material, variación en los costos de material y mano de obra, variación en la disponibilidad de material, requerimientos de mantenimiento y capacidad de planta disponible para producción.

El área de finanzas y contabilidad es un área en la cual los pronósticos han sido de gran valor. El departamento de finanzas debe tener la capacidad de proyectar los flujos de caja y determinar varios egresos e ingresos para mantener la liquidez de la empresa y mantenerla operando eficientemente. Finanzas también requiere pronósticos sobre las tasas de interés.

Hasta el departamento de personal requiere un número de pronósticos que le faciliten las decisiones de planeación para el número de trabajadores a contratar para cada categoría y la necesidad para programas adicionales de entrenamiento.

Como la dirección general es la función central para una operación exitosa de la empresa, la importancia de los pronósticos que pueden ser utilizados como base para la toma de decisiones a ese nivel es probablemente la más crítica. El pronosticar factores económicos que pueden servir como base para la planeación de la magnitud de expansión y la ejecución de acciones estratégicas es de suma importancia para la toma de decisiones a nivel dirección. Además de las predicciones de la economía en general, muchos directores han encontrado que el proyectar los cambios en los precios, costos, crecimiento en las líneas de producción y ganancias, y resultados de posibles adquisiciones, son áreas en las cuales ciertos métodos para pronosticar podrían ser de gran beneficio.

Aunque muchos directores de empresas piensan que estos ejemplos de situaciones en las cuales se deben de tomar decisiones y en las cuales un pronóstico podría ser útil son diferentes en naturaleza, algunos elementos son comunes para todos. Esto es lo que hace posible el desarrollar y utilizar un solo método para pronosticar en un número de situaciones diferentes.

El primer elemento es que todas estas situaciones tienen que ver con el futuro, y el tiempo está envuelto directamente. Un pronóstico puede estar hecho para un punto específico en el tiempo, y cambiar este punto generalmente afecta lo que será este pronóstico.

Un segundo elemento que siempre está presente en las situaciones de pronóstico es la inseguridad. Si la dirección tuviera la seguridad sobre que circunstancias existirían en un período determinado de tiempo, la preparación de un pronóstico no tendría la menor utilidad. Virtualmente todas las situaciones con las que se encuentra la dirección son inseguras.

El tercer elemento, presente en diferentes grados en todas las situaciones antes descritas, es la dependencia del pronóstico en datos históricos. La cantidad de información contenida en estos datos es una medida de que tan relevantes son estos para la toma de decisiones. Es posible tener una gran cantidad de datos sin tener una buena información de lo que va a pasar y viceversa. En general, los pronósticos están basados directa e indirectamente en información obtenida de datos históricos. Aunque otros elementos pueden estar presentes en un número de situaciones de pronóstico, éstas son las tres más importantes.

Un punto que merece atención especial es que pronosticar y planear son funciones diferentes. El pronóstico es generalmente utilizado para describir lo que va a pasar en un grupo dado de circunstancias. El pronóstico provee una idea de cuáles serán los resultados si la dirección no efectúa cambios en la manera que se hacen las cosas. Planear, por otro lado, comprende el uso de pronósticos para tomar decisiones de cuales circunstancias serán más convenientes para la empresa. Un pronóstico está basado en la descripción de lo que sucederá para un grupo de decisiones y eventos en una situación dada, mientras que un plan está basado en que, tomando ciertas medidas, el tomador de decisiones puede afectar a los eventos subsecuentes relativos a la situación dada. Por lo tanto, si se prepara un pronóstico que muestra que la demanda va a caer el siguiente mes, la dirección podría querer preparar un plan de acción para tratar de prevenir la caída de las ventas.

Un punto importante para ser recordado por la dirección es, que al tomar decisiones se debe considerar como estas cambiarán el pronóstico. El pronóstico indica lo que pasará si no se toma ninguna medida. Si se toman medidas, el pronóstico puede ser ajustado para reflejar el impacto de esta acción. Si no se hace esto, el pronóstico estaría incorrecto y no serviría para ser utilizado como

base para la toma de otras decisiones, y no sería posible evaluar la seguridad de este después de los hechos.

2.2 Como Seleccionar el Método de Pronóstico Apropriado.

La consideración de las características de la situación así como de las técnicas disponibles, es un punto de partida para la selección de un método de pronóstico. Estas características se deberán después evaluar con respecto al costo. Esto requiere que el director desarrolle su juicio propio para evaluar y hacer selecciones en su propia situación. Un punto de vista que se ha encontrado de utilidad como guía en la selección de un método de pronóstico, considera cuatro áreas clave. Primero esta lo que va a ser pronosticado. Esto puede ser hecho estudiando las características de la situación. Se deberá poner atención especial en si se esta tratando de predecir la continuación de un patrón histórico para algo en particular o un punto de rotación para algun cambio en el patrón básico.

En segundo lugar esta la interacción de la situación con las características de diferentes métodos de pronóstico. Aquí el director no sólo debe estar conciente del valor y el costo, sino también en los cambios relativos en el valor y el costo cuando cambia el nivel de exactitud. Si el director puede utilizar un método de pronóstico más simple y menos costoso en lugar del método más sofisticado y caro y obtener un nivel de exactitud dentro del rango requerido, eso es lo que se tiene que hacer.

Una tercera consideración es la cantidad disponible de datos históricos. Como diferentes métodos (particularmente cuantitativos) estan basados en información histórica, el director debe considerar que cantidad de datos se tienen a la mano, que información contienen y cuanto costaría obtener datos adicionales. Muchas veces es más efectivo comenzar con un método de pronóstico simple que no requiera de muchos datos hasta que se pueda agrupar un mayor grupo de datos que entonces podrían ser utilizados como base para aplicar un método de pronóstico más sofisticado.

Finalmente, el director deberá considerar el tiempo disponible para la preparación del pronóstico. La urgencia en situaciones particulares influye en la selección del método. Aunque algunos pronósticos no puedan ser preparados en menos de algunas semanas o hasta meses después de obtenidos los datos históricos, otros, particularmente para decisiones a corto plazo, deben estar listos unos cuantos días después de generados los datos. Esta urgen-

cia, así como la cantidad de tiempo requerida para la recopilación de datos deben ser factores en la selección de un método de pronóstico.

Dentro de todo lo que hace el director en términos de seleccionar un método de pronóstico es de suma importancia que alterne con cada paso del proceso, para que comprenda las limitaciones y capacidades de lo que se está haciendo, y pueda ser capaz de utilizar esto en la toma de decisión. Esto quiere decir que es mejor inicialmente utilizar un método simple para pronóstico y gradualmente ir aumentando a una más sofisticada. La tendencia a comenzar con el método más sofisticado disponible generalmente termina en un costoso experimento con muy poco impacto en lo que el director está tratando de hacer.

2.2.1 Características de la Situación de Decisión.

2.2.1.1 Horizonte de Tiempo.

El período de tiempo durante el cual la decisión tendrá impacto y para el cual la dirección debe planear claramente, afecta la selección del método de pronóstico más adecuado. Los horizontes de tiempo pueden generalmente ser divididos en plazo inmediato (menos de un mes), plazo corto (de uno a tres meses), plazo medio (de tres meses a dos años) y largo plazo (más de 2 años). Aunque el lapso de tiempo usado para describir cada una de estas cuatro categorías puede variar de acuerdo a la compañía o al país, es necesario un grupo de patrones para que el pronóstico sea apropiado para el horizonte de planeación usado por la persona a decidir.

2.2.1.2 Nivel de Detalle.

El alto rango de tareas para efectuar decisiones en la mayoría de las corporaciones está generalmente subdividido para mayor facilidad de acuerdo con el nivel de detalle requerido. Así una compañía puede tener un departamento de planeación, el cual desarrolla planes, tal vez, por grupos de productos o ventas totales de la compañía, y en algún otro nivel en la organización, por ejemplo, el departamento de producción, otro individuo planeará en base a los productos individuales y a sus estilos individuales.

Al seleccionar una técnica de pronóstico para una situación específica, se deberá estar conciente del nivel

de detalle que será requerido para el pronóstico, de tal manera que sea útil para generar decisiones. El departamento de planeación de la empresa no encontraría muy valioso el tener un pronóstico por artículos individuales - en la línea de productos de la compañía, y de igual manera, el jefe de producción no encontraría mucha utilidad - en tener una estimación general de las ventas totales de la compañía, cuando esta tratando de programar la producción semanal.

2.2.1.3 Número de Productos.

En las situaciones en las cuales las decisiones hechas conciernen cientos o hasta miles de productos, las compañías han encontrado que es muy efectivo desarrollar reglas simples de decisión que puedan ser aplicadas mecánicamente a cada uno de ellos. El mismo principio general del pronóstico sigue en pie.

En la situación en la cual sólo un producto va a ser pronosticado, las reglas utilizadas al preparar este pronóstico pueden ser mucho más detalladas y complejas de lo que pueden ser en una situación en la cual cientos o miles de pronósticos deban ser preparados. Claramente, un gerente de control de inventarios, en una empresa con más de 10,000 productos, querría utilizar un método de pronóstico diferente para sus requerimientos del que utilizaría la junta económica de la compañía en su intento de predecir la economía general.

2.2.1.4 Estabilidad.

El pronosticar situaciones que son extremadamente estables al paso del tiempo es diferente de pronosticar situaciones que están en estado de flujo. En la situación estable un método de pronóstico puede ser adaptado y checado periódicamente para determinar su efectividad. En la situación insegura, lo que se necesita es un método que pueda ser adaptado continuamente a los resultados más recientes y a la última información.

2.2.1.5 Procedimientos de Planeación Existentes.

La institución de cualquier método de pronóstico generalmente envolvera el proceso de cambiar los procedimientos de planeación y toma de decisiones de la compañía. Como la dirección ya sabe, siempre existe resistencia al cambio en cualquier organización. Es de extrema importancia en la aplicación efectiva de los métodos de -

pronóstico empezar con aquellos que sean los más relacionados a los procedimientos existentes y después ir mejorándolos poco a poco. De esta manera los cambios pueden ser hechos uno por uno en lugar de todos al mismo tiempo. Para esto el gerente necesita tener conocimiento del procedimiento existente en operación en una situación de toma de decisión y los requerimientos para diferentes métodos de pronóstico para así seleccionar el más apropiado desde el punto inicial.

2.2.2 Características de los Métodos de Pronóstico.

2.2.2.1 Horizonte de Tiempo.

Dos aspectos del horizonte de tiempo son relativos a los métodos individuales para pronosticar. Primero es el alcance de tiempo hacia el futuro para el cual diferentes métodos de pronóstico son más convenientes. Generalmente hablando, los métodos cualitativos de pronóstico son mucho más usados para pronósticos a mayor plazo, mientras que los métodos cuantitativos son más apropiados a los plazos intermedios y cortos. El segundo aspecto importante del horizonte de tiempo es el número de períodos para los cuales un pronóstico es deseado. Algunas técnicas son apropiadas solamente para pronosticar uno o dos períodos por adelantado, pero otras técnicas pueden ser usadas para varios períodos en el futuro.

2.2.2.2 Patrón de Datos.

Fundamentalmente la mayoría de los métodos de pronóstico son apropiados de acuerdo con el tipo de patrón encontrado en los datos disponibles. Por ejemplo, algunas series de datos representan un patrón estacionario así como inclinante. Otras pueden consistir simplemente en un valor promedio con fluctuaciones aleatorias a su alrededor. Como los diferentes métodos de pronóstico varían en su habilidad para identificar los diferentes patrones, es importante adaptar el supuesto patrón en los datos con la técnica apropiada.

2.2.2.3 Tipo de Modelo.

Además de asumir algunos patrones fundamentales en los datos, la mayoría de los métodos de pronóstico también asumen algún modelo de la situación pronosticada. Este modelo puede ser una serie en la cual el tiempo es tomado como el elemento importante para determinar cam--

bios en el patrón, o puede ser estadístico por naturaleza. Otros, como los modelos causales, que representan el pronóstico como dependiente de la ocurrencia de un número de eventos diferentes o mezclados en los cuáles un número de modelos diferentes están de hecho combinados, también están disponibles. La importancia del modelo no es tanta como para que el tomador de decisiones deba entender las matemáticas de cada uno, pero si que las cualidades de cada uno son diferentes, y que las capacidades de los diferentes modelos en situaciones diferentes de toma de decisiones si varía.

2.2.2.4 Costo.

Generalmente cuatro elementos de costo están relacionados con la aplicación de un procedimiento de pronóstico. Desarrollo, almacenaje, operación actual y oportunidad, en términos de otras técnicas que puedan haber sido aplicadas. La variación en costos obviaente tiene un impacto en el atractivo de diferentes métodos para diferentes situaciones.

2.2.2.5 Exactitud.

Altamente relacionada con el nivel de detalle requerido en un pronóstico está la exactitud requerida. Para algunos tomadores de decisiones algo entre más o menos 10% puede ser suficiente para sus propósitos, pero en otros casos una variación del 5% podría significar el desastre para la empresa.

2.2.2.6 Facilidad de Aplicación.

Un principio general en la aplicación de métodos científicos para dirección de empresas es que solo aquellos métodos que son entendibles son usados por lo general por el tomador de decisiones. Esto es verdadero particularmente en el área de los pronósticos, ya que el director es el responsable de sus decisiones, y seguramente no las va a basar en pronósticos que él no entienda o no tenga confianza. Por lo tanto, además de cumplir con los requerimientos de la situación, la técnica de pronóstico deberá ser de acuerdo al director particular que utilizará el pronóstico.

III. INTRODUCCION A LAS TECNICAS DE PRONOSTICO.

3.1 Patrones de Datos Fundamentales.

El primer paso esencial para pronosticar es el preparar los datos.

Para muchas empresas, el problema básico de preparar los datos, puede ser tremendo. Encontrar los números de ventas de un período lo suficientemente largo para desarrollar un buen método de pronóstico no es suficiente a veces. Sin los registros necesarios, el examinar la historia de las ventas en el pasado no identificaría huecos, aumento en los precios ni promociones especiales de ventas, y por lo tanto, estos datos no serían confiables para preparar un pronóstico.

Todos los métodos cuantitativos para pronóstico asumen que existe un patrón de datos que puede ser identificado y utilizado como base para la preparación de un pronóstico. Cada técnica asume un patrón de datos específico, así que la habilidad de un método para emitir un pronóstico confiable para una situación dada depende en gran parte de que se tenga el patrón de datos que esa técnica pueda manejar correctamente. Los cuatro tipos de patrones discutidos usualmente son el horizontal, con tendencia, estacional y cíclico.

3.1.1 Patrón de Datos Horizontal.

Un patrón de datos horizontal existe cuando no hay inclinación en los datos. Cuando un patrón así aparece, la serie es llamada generalmente estacionaria (no confundir estacionario con estacional), esto es, que no tiene tendencia a aumentar o disminuir. Por lo tanto es igualmente probable que el siguiente valor en la serie este arriba o abajo del valor estacionario. En la figura 3.1 se observa un patrón horizontal típico para una variable cualquiera.

El tipo de situación que generalmente muestra un patrón horizontal incluye productos con ventas estables, el número de artículos defectuosos que ocurren en un proceso estable de producción y tal vez el porcentaje de ventas que una compañía obtiene de cada una de ciertas categorías en un período corto de tiempo. El elemento del tiempo es generalmente importante al considerar patrones horizontales, ya que en un corto plazo, hasta patrones que puedan mostrar una inclinación definitiva en algunos años pueden ser tomados como horizontales para propósitos de

pronósticos a corto plazo.

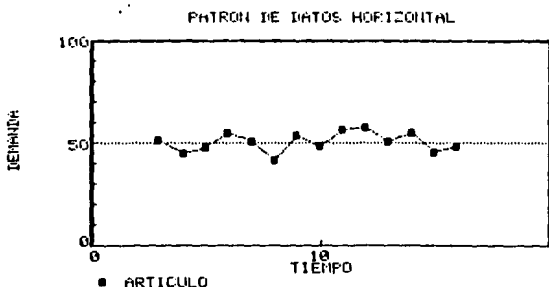


FIGURA 3.1

3.1.2 Patrón de Datos con Tendencia.

Un patrón de datos con tendencia o inclinante existe comunmente cuando hay un incremento o decremento general en el valor de la variable al paso del tiempo. Las ventas de muchas empresas, el producto nacional bruto, precios de acciones, y muchas otras series de datos siguen un patrón con tendencia a través del tiempo. Esto es mostrado en la figura 3.2.

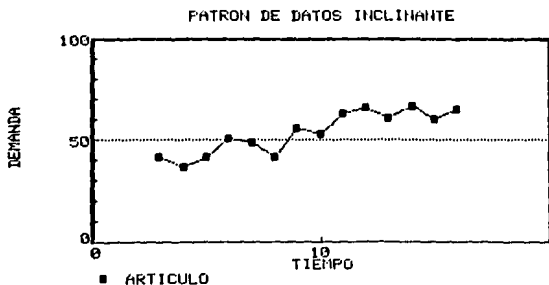


FIGURA 3.2

3.1.3 Patrón de Datos Estacional.

Un patrón de datos estacional existe cuando una serie tiene fluctuaciones de acuerdo a un factor estacional. La estación puede ser un mes o las cuatro estaciones del año, así como los 7 días de la semana o los días del mes. Hay muchas razones por las cuáles puede existir un patrón estacional, variando desde la manera en que una empresa maneje ciertas operaciones hasta factores externos como el cambio en el clima.

Algunos de los artículos que siguen generalmente patrones estacionales son la ropa, ya que en cada estación del año se utiliza un tipo diferente de esta; los refrescos, el gas para calefacción, y otros artículos que estén relacionados con el clima. Los artículos hechos para regalar se venden más en temporadas como la Navidad y otros días festivos. La venta de automóviles depende en gran parte de los cambios de modelo. En la figura 3.3 se muestra un patrón de datos estacional para las 4 estaciones del año.

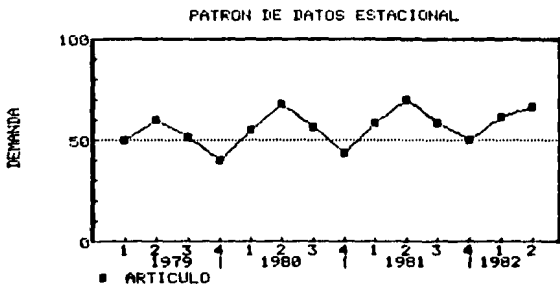


FIGURA 3.3

3.1.4 Patrón de Datos Cíclico.

Un patrón de datos cíclico es similar a un patrón estacional con la diferencia de que en el patrón cíclico un ciclo es generalmente mayor a un año. Series como el precio de los metales y la venta de muchas compañías tienden a seguir un patrón cíclico. Este patrón es el más difícil de predecir, ya que los ciclos no se repiten a un intervalo constante de tiempo. La figura 3.4 muestra la forma de la curva obtenida de un patrón de datos cíclico.

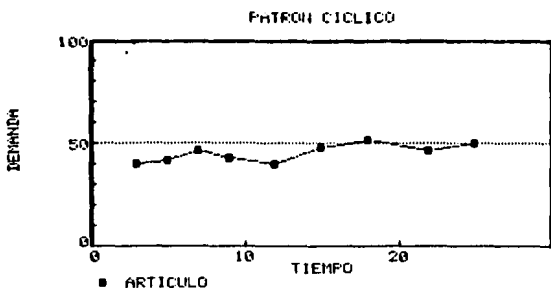


FIGURA 3.4

3.1.5 Combinación de Patrones de Datos.

Los cuatro patrones de datos antes mencionados pueden ser encontrados por sí solos, pero también es común encontrar combinaciones de ellos. Es posible tener un patrón de datos con tendencia, y a la vez estacional, o un patrón con tendencia y cíclico. Casi todas las combinaciones se pueden encontrar, aunque, por ejemplo, no es posible encontrar un patrón horizontal combinado con uno con tendencia, pero, como ya se mencionó, si es posible que un patrón inclinante con una pendiente muy pequeña, pueda ser tomado como un patrón horizontal en un lapso corto de tiempo.

3.2 Métodos Existentes.

Existen básicamente dos tipos de métodos cuantitativos para pronóstico. Estos son: Análisis de Series de Tiempo y Modelos Causales. El primero está enfocado básicamente a los patrones de datos y sus cambios y por lo tanto depende totalmente de datos históricos. El segundo utiliza información específica sobre las relaciones entre los elementos del sistema. También los datos históricos son importantes para los modelos causales.

3.2.1 Análisis de Series de Tiempo.

Estas son técnicas estadísticas que se utilizan cuando se tiene a la mano una gran cantidad de datos históricos sobre un producto o una línea de productos y

cuando las inclinaciones o variaciones en los patrones de datos son relativamente estables.

El principio básico consiste en, ya teniendo los datos históricos, estudiar la tasa de incremento o decremento. Una vez hecho esto, se puede comenzar a desarrollar proyecciones a futuro.

Usualmente es difícil efectuar proyecciones a partir de datos históricos antes de haber identificado las tendencias, ya que estas pueden estar combinadas con variaciones estacionales o cíclicas, o distorsionadas por otros factores como por ejemplo promociones de ventas. Por esto es necesario preparar los datos históricos antes de ser usados y esto es frecuentemente hecho por análisis de series de tiempo.

Una serie de tiempo es un grupo de datos históricos ordenados cronológicamente. Con el análisis de series de tiempo es posible identificar irregularidades o variaciones sistemáticas en el patrón de datos debido a factores estacionales, cíclicos o con tendencia ascendente o descendente. Muchos de los métodos de análisis de series de tiempo identifican estas irregularidades pero en conjuntos. Por ejemplo, algunos métodos no separan las tendencias de los ciclos.

Una vez efectuado el análisis de series de tiempo, es posible comenzar con el pronóstico. Los métodos estadísticos efectúan primero el análisis de series de tiempo y después la proyección a futuro.

Las técnicas estadísticas asumen que los patrones existentes son continuos; o sea, que no cambiarán en el futuro, y por lo tanto, estas técnicas son más aplicables a corto plazo que a largo plazo, a menos que el patrón de datos tenga una gran estabilidad. Por esta misma razón, estas técnicas no pueden predecir cambios significativos en el patrón de datos, como el cambio de tendencia. Estos cambios son llamados Puntos de Rotación, y son de gran importancia para la planeación en una empresa.

3.2.1.1 Promedios Movibles.

Cuando el horizonte de tiempo a pronosticar es corto, el principal problema es el elemento aleatorio. Una manera de minimizar el impacto de este elemento en los pronósticos es promediando algunos de los datos pasados en lugar de utilizar un solo valor. El método de promedios movibles es uno de los más simples para minimizar el elemento aleatorio. Este método consiste en tomar una

cantidad N de los datos más recientes y multiplicarlos -- por 1/N. Por ejemplo, si tomamos 4 valores, estos serían multiplicados por 1/4.

El método de promedios móviles usualmente solo considera de tres a cinco períodos de tiempo en el pasado -- inmediato. El pronóstico es la media simple de estos períodos y el pronóstico solo es bueno para un período en -- el futuro. El pronóstico debe ser revisado cada período, desechando el período más viejo y añadiendo los últimos -- resultados.

Una probable desventaja de esta técnica es que considera de igual manera a todos los datos sin poner más -- peso en los más recientes.

3.2.1.1.1 Ejemplo.

Se tienen 4 períodos de datos históricos. Para calcular el promedio móvil de 3 meses para el período 5 se utiliza la siguiente ecuación :

$$S_t = (x_t + x_{t-1} + x_{t-2}) / N$$

donde :

- S_t = Pronóstico hecho en el período t para t+1.
- x_t = Dato histórico del período t.
- x_{t-1} = Dato histórico del período t-1.
- x_{t-2} = Dato histórico del período t-2.
- N = Número de períodos.

Se tienen los siguientes datos :

- $x_1 = 1434$
- $x_2 = 1356$
- $x_3 = 1285$
- $x_4 = 1035$

Como se dijo, se obtendrá el promedio móvil de --- tres meses, así que solamente se utilizarán los tres datos más recientes y el valor de N será 3.

Para los datos anteriores :

$$S_4 = (1035 + 1285 + 1356) / 3$$
$$S_4 = 1225.3$$

La longitud del promedio móvil deberá depender del tipo de datos históricos que se estén utilizando, ya que si se tiene un patrón de datos cíclico, un promedio móvi-

ble de la longitud del ciclo es lo más conveniente. Para datos aleatorios, con dos o tres períodos es suficiente.

3.2.1.2 Suavización Exponencial.

El método de suavización exponencial es algo similar al método de promedios móviles. La diferencia es que se utilizan todos los datos históricos, pero se pone más énfasis en los datos más recientes, o sea que mientras más viejos son los datos, menos se toman en cuenta. El método de promedios móviles considera igualmente todos los datos y no utiliza toda la historia. Aunque existan estas diferencias, el método de suavización exponencial es esencialmente un promedio móvil de todos los datos históricos, pero con mucha más flexibilidad. Así como los promedios móviles, la suavización exponencial solo es buena para un período en el futuro.

La fórmula utilizada para la suavización exponencial es la siguiente :

$$S_t = ax_t + a(1-a)x_{t-1} + \dots + a(1-a)^{t-1}x_1$$

donde a es un factor de peso; $0 \leq a \leq 1$.

El factor de peso es seleccionado arbitrariamente y su valor afecta el grado en el cual se tomarán en cuenta los datos históricos. Este valor decrece conforme al tiempo. Mientras más viejo sea el dato, menor será el valor del factor de peso.

Factores Exponenciales de Peso

PERIODO	FORMULA	0.1	0.3	0.5
t	a	0.10000	0.30000	0.50000
t-1	a(1-a)	0.09000	0.21000	0.25000
t-2	a(1-a) ²	0.08100	0.14700	0.12500
t-3	a(1-a) ³	0.07290	0.10290	0.06250
t-4	a(1-a) ⁴	0.06561	0.07203	0.03125
t-5	a(1-a) ⁵	0.05905	0.05042	0.01563
t-6	a(1-a) ⁶	0.05314	0.03529	0.00781
t-7	a(1-a) ⁷	0.04783	0.02470	0.00391
t-8	a(1-a) ⁸	0.04305	0.01729	0.00195
t-9	a(1-a) ⁹	0.03874	0.01210	0.00098
t-10	a(1-a) ¹⁰	0.03487	0.00847	0.00049

FIGURA 3.5

La figura 3.5 muestra los pesos relativos producidos por un factor de peso de 0.1, 0.3 y 0.5. Las tres colum--

nas del lado derecho en la tabla muestran el peso relativo dado a cada uno de los períodos históricos cuando varían los factores exponenciales de peso. La fórmula mostrada es la parte de la ecuación utilizada para la suavización exponencial en donde se define el factor de peso para cada uno de los períodos históricos.

3.2.1.2.1 Ejemplo.

A partir de la tabla en la figura 3.5 y los datos del problema anterior, se calculará el pronóstico para el período 5. Se utilizará un factor de peso de 0.3.

$$S_5 = (.3)(1035) + (.21)(1285) + (.147)(1356) + (.1029)(1434)$$

$$S_5 = 927.268$$

Como se puede observar, el método de suavización exponencial si reconoce una tendencia descendente en el patrón de datos. El valor S_5 es el pronóstico calculado en el período 4 para el período 5.

El cálculo de un pronóstico con el método de suavización exponencial puede ser muy complicado si se cuenta con un gran número de períodos históricos, así que existe otra forma más reducida de la ecuación, la cuál es muy utilizada:

$$S_t = ax_t + (1-a)S_{t-1}$$

donde:

- S_t = Pronóstico efectuado en el período t.
- x_t = Dato para el período t.
- S_{t-1} = Pronóstico efectuado en el período t-1.

Esta fórmula utiliza el último dato para el período actual y el pronóstico efectuado en el período anterior. Si no se cuenta con este último valor será necesario utilizar la otra forma de la ecuación para obtenerlo y después ya se podrá utilizar para efectuar la siguiente proyección.

3.2.2 Modelos Causales.

El modelo causal es la herramienta más sofisticada para desarrollar pronósticos. Este toma en cuenta una gran cantidad de factores que podrían afectar el pronóstico. Por esto mismo, para construir un modelo causal es necesario contar, no solo con los datos históricos, sino con un análisis detallado de los factores externos así --

como de sus relaciones con lo que se va a proyectar.

Si ciertas clases de datos no estan disponibles, se debera al principio asumir algunos factores y despues se tendran que vigilar los sucesos para asi determinar si lo que se asumió es correcto. Si no es correcto lo asumido, se tendrá que revisar el modelo. Generalmente se acostumbra implementar el modelo conforme se obtienen nuevos conocimientos.

Gracias a todos estos factores, el modelo causal es el mas seguro para predecir puntos de rotación, así como para pronósticos a largo plazo.

Entre los modelos causales más comunmente utilizados tenemos el modelo de regresión.

3.2.2.1 Análisis de Regresión.

Este método toma en cuenta cualquier tendencia cíclica, ascendente o descendente. La línea de regresión mostrada en la figura 3.6, define en que punto en el tiempo deberán encontrarse los datos históricos, así como el pronóstico. La pendiente de esta línea define el cambio en la media a través del tiempo.

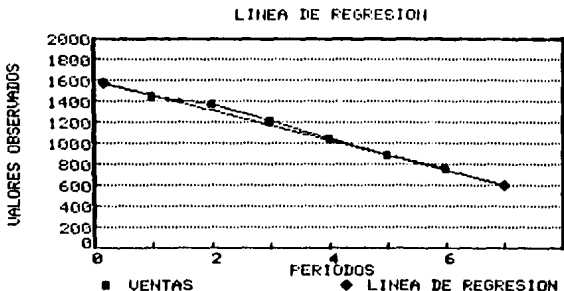


FIGURA 3.6

En la figura 3.6 se observa que el nivel de ventas no se encuentra constante, sino que tiene una tendencia descendente por lo menos durante los períodos mostrados. Todavía no se ve evidencia de que esta tendencia sufra

algun cambio.

La ecuación para la línea recta es :

$$Y' = a + bX'$$

donde :

Y' = Valores de Y obtenidos para un valor dado de X'.

X' = Número de período.

a = Valor de Y' para X' = 0 (intersección).

b = Pendiente de la línea.

Los valores de a y b son obtenidos por medio del --- procedimiento de mínimos cuadrados, como se mostrará más adelante, cuando se discuta a fondo este método.

3.3 Tabla de Características.

La figura 3.7 es una tabla de características y costos de los métodos más comunes para pronósticos. Esta tabla puede ser de utilidad para la selección de un método en una situación específica. Se muestran características como la habilidad del método para identificar los puntos de rotación, plazos de tiempo recomendados y aplicaciones típicas, así como el costo estimado según el Harvard ---- Business Review. Estos costos son variables de acuerdo al tipo de computadora a utilizar. También es posible efectuar los cálculos sin el uso de computadoras.

TECNICAS DE PRONOSTICO

Características.	Fromedios movibles	Suavización exponencial	Modelo de Regresión
Efectividad			
Corto plazo:	Buena	Muy buena	Muy buena
Medio plazo:	Pobre	Buena	Muy buena
Largo plazo:	Muy pobre	Muy pobre	Pobre
Ident. de puntos de rotación	Pobre	Pobre	Muy buena
Aplicaciones típicas	Control de inventarios para bajo volumen de producción.	Control de producción de inventa- rios. De- partamento de finan- zas.	Pronóstico de ventas por clases de produc- tos.
Datos requeridos	Dos años mínimos de historia de ventas si hay patrón estacional. Mientras más datos es mejor.	Lo mismo que para promedios movibles.	Algunos años de datos por trimestre para obten- er los factores externos.
Costo estimado con computadora	US\$.005	US\$.005	US\$100.00
Tiempo de preparación.	Máximo 1 día.	Máximo 1 día.	Variable de acuerdo a factores externos.

FIGURA 3.7

IV. EFECTIVIDAD DE LOS METODOS PARA PRONOSTICO.

4.1 Evaluación de los Datos.

En relaciones físicas no existen errores o variaciones aleatorias a considerar y por lo tanto se facilita el proceso de predicción. Desafortunadamente, en sistemas económicos y de análisis de comportamiento siempre existe una inseguridad, y por lo tanto se debe recurrir a la estadística como ayuda para describir estas variables aleatorias.

Para un solo grupo de datos (datos univariantes) o una sola serie de tiempo, las estadísticas descriptivas más comunes son la media, la desviación estándar y la varianza. La medida de la oblicuidad también puede ser utilizada especialmente en el caso de regresión. También es útil comparar la observación a un período de tiempo dado con la observación en otro período de tiempo. Por ejemplo si se compara la observación X en el período t con la observación X en el período $t-1$ se obtendrá la relación de la serie retrasada un período. Similarmente, es posible relacionar la serie consigo misma con retraso de dos o más períodos. Las dos estadísticas más comunes para obtener estas relaciones son la autocovarianza y la autocorrelación.

Para un par de variables aleatorias (datos bivariantes) o un par de series de tiempo, es interesante describir la relación entre ellas. Las estadísticas más usuales para este propósito son la covarianza y la correlación.

4.1.1 Datos Univariantes.

Considerese el grupo de datos en la figura 4.1, los cuales representan el gasto de 10 clientes en una tienda, en donde A es el gasto y i es el número de cliente. La media puede ser tomada como:

$$\bar{A} = 1/10 \sum_{i=1}^{10} A_i = \$ 9.60$$

Ahora, para cada cliente es posible determinar que tan lejos está su gasto del gasto medio. La desviación de la media para el cliente i se expresa:

$$a_i = (A_i - \bar{A})$$

CANTIDAD EN PESOS GASTADA POR 10 CLIENTES EN UNA TIENDA

CLIENTE (i)	GASTO (A _i)
1	9
2	8
3	7
4	12
5	9
6	11
7	8
8	10
9	13
10	9

FIGURA 4.1

La suma de las desviaciones siempre será igual a cero y por lo tanto, como se explica en la sección 3.2.1, para poder ser estudiadas se toma la suma de los valores absolutos o la suma de los cuadrados. La suma de los valores absolutos es llamada Desviación Media Absoluta (MAD). Para los datos de la figura 4.1 el MAD sería el siguiente:

$$MAD = 1/10 \sum_{i=1}^{10} |a_i| = \$ 1.52$$

Si se suman los cuadrados de las desviaciones, se obtendría la Suma de Desviaciones Cuadradas (SSD):

$$SSD = \sum_{i=1}^{10} a_i^2 = \$ 32.4$$

La media de la SSD es llamada Desviación Media Cuadrada (MSD):

$$MSD = 1/10 \sum_{i=1}^{10} a_i^2 = \$3.24$$

Muy relacionada con la MSD esta la varianza, la cual se define como la suma de las desviaciones cuadradas dividida entre los Grados de Libertad, los cuales son iguales al numero de datos menos uno. Para la figura 4.1 el cálculo sería el siguiente:

$$S^2 = 1/9 \sum_{i=1}^{10} a_i^2 = \$ 3.60$$

Como las unidades de las desviaciones son los pesos, las unidades de las desviaciones cuadradas son los pesos cuadrados. Por lo tanto las unidades de la media cuadrada, MSD, y la varianza también son los pesos cuadrados. Tomando la raíz cuadrada de la MSD y de la varianza se obtiene la Raíz Media Cuadrada (RMS) y la Desviación Estándar (S):

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} a_i^2} = \$1.8$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{9} \sum_{i=1}^{10} a_i^2} = \$1.9$$

Finalmente, en muchos casos es útil e importante el examinar la medida de oblicuedad de un grupo de datos univariantes y para esto se utilizan los cubos de las desviaciones. Notese que estas desviaciones al cubo conservan el signo de las desviaciones. El siguiente es el cálculo de la oblicuedad para los datos de la figura 4.1:

$$\text{Oblicuedad} = \frac{\frac{1}{9} \sum_{i=1}^{10} a_i^3}{S^3} = 0.4782$$

Este número es adimensional. Notese que para este ejemplo la oblicuedad es positiva, lo cual indica que las desviaciones positivas elevadas al cubo dominan a las negativas elevadas al cubo. Mientras más cercano a cero sea este valor, más simetría existirá entre los datos.

4.1.2 Datos Bivariantes.

La figura 4.2 muestra el peso (en kilogramos) y la altura (en centímetros) de 10 personas.

Al ser graficados estos datos, se puede observar claramente que existe una relación positiva entre las dos variables. Esto quiere decir que al aumentar el valor de la altura, el valor del peso tiende a aumentar. Esto se puede observar en la figura 4.3. Una relación negativa entre dos variables podría ser, por ejemplo, la relación entre el precio y la demanda, ya que al aumentar el precio la demanda tiende a disminuir.

Siempre que existen datos bivariantes es interesante estudiar la relación que existe entre las dos variables,

PESO Y ALTURA DE 10 PERSONAS

Persona (i)	Altura (H _i)	Peso (W _i)
1	163	57
2	168	63
3	175	71
4	174	74
5	180	80
6	172	73
7	168	65
8	178	77
9	179	80
10	181	82

FIGURA 4.2

GRAFICA DE PESO CONTRA ALTURA

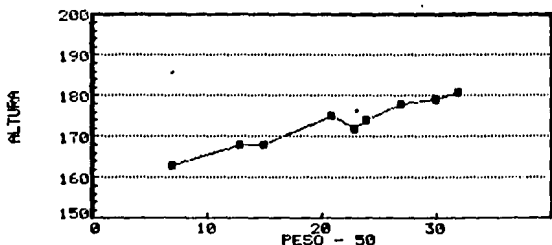


FIGURA 4.3

para lo cual una estadística útil es la covarianza y se define como sigue:

$$\text{Cov}_{xy} = \left(\sum x_i y_i \right) / n - 1$$

donde:

$x_i = (X_i - \bar{X})$
(desviación de X).

$y_i = (Y_i - \bar{Y})$
(desviación de Y).

\bar{X} y \bar{Y} son las dos variables.

\bar{X} y \bar{Y} son las medias de las variables.

n es el número de observaciones.

Para los datos en la figura 4.2, los cálculos para calcular la covarianza entre el peso y la altura están -- mostrados en la figura 4.4.

$$\text{Cov}_{wv} = 48.49 \text{ cm-kg.}$$

Notese que las unidades de la covarianza son difíciles de interpretar. Su magnitud depende de estas unidades, ya que si se convierte el peso a libras y/o la altura a pulgadas, esta sería totalmente diferente, aunque la gráfica en la figura 4.3 no cambiaría. Se puede observar que la relación es positiva, como ya se esperaba.

El Coeficiente de Correlación elimina el problema -- antes descrito, ya que las unidades se eliminan entre sí, dando como resultado un número adimensional. Este coeficiente está designado como r y es una medida especial de covarianza. La expresión usada es la siguiente:

$$r = \frac{\text{Cov}_{wv}}{S_x S_y}$$

El efecto de dividir la covarianza entre el producto de las desviaciones estándar de X y Y es el restringir el

CALCULOS NECESARIOS PARA DETERMINAR LA COVARIANZA Y LA CORRELACION PARA EL PESO Y LA ALTURA DE 10 PERSONAS

OBS	H	W	H-H	W-W	(H-H) ²	(W-W) ²	(H-H)(W-W)
1	163	57	-10.8	-15.2	116.64	231.04	164.16
2	168	63	-5.8	-9.2	33.64	84.64	53.36
3	175	71	1.2	-1.2	1.44	1.44	-1.44
4	174	74	0.2	1.8	0.04	3.24	0.36
5	180	80	6.2	7.8	38.44	60.84	48.36
6	172	73	-1.8	0.8	3.24	0.64	-1.44
7	168	65	-5.8	-7.2	33.64	51.84	41.76
8	178	77	4.2	4.8	17.64	23.04	20.16
9	179	80	5.2	7.8	27.04	60.84	40.56
10	181	82	7.2	9.8	51.84	96.04	70.56
TOT:	1738	722	0.0	0.0	323.60	613.60	436.40

Media de la Altura (\bar{H}) = 173.8 cm
 Media del Peso (\bar{W}) = 72.2 kg
 Varianza de H (S_H^2) = 35.96 cm²
 Varianza de W (S_W^2) = 68.18 kg²
 Covarianza entre H y W (Cov_{HW}) = 48.49 cm-kg
 Correlación entre H y W (r_{HW}) = 0.98

FIGURA 4.4

rango de r de +1 a -1. Esto sucede sin importar las unidades de X o Y. El cálculo de la correlación para los datos de la figura 4.2 están mostrados en la tabla de la figura 4.4.

4.1.3 Autorrelación de una sola Serie de Tiempo.

La covarianza y la correlación son estadísticas que miden la relación entre dos variables. La autocovarianza y la autocorrelación son medidas comparables que sirven para el mismo propósito en una sola serie de tiempo, es decir, miden la relación entre X en el período t y X en el período t-k siendo t-un período de tiempo y $0 < k < t$.

Las fórmulas para el cálculo de la autocovarianza y la autocorrelación son básicamente las mismas que las utilizadas para el cálculo de la covarianza y la correlación, con la diferencia que son para una sola serie de tiempo:

$$\text{Auto-Cov} = \frac{\sum_{t=k+1}^n (X_t - M_1)(X_{t-k} - M_2)}{n - k - 1}$$

y

$$\text{Auto - r} = \frac{\sum_{t=k+1}^n (X_t - M_1)(X_{t-k} - M_2)}{\sum_{t=k+1}^n (X_t - M_1)^2 \sum_{t=1}^{n-k} (X_t - M_2)^2}$$

donde:

$$M_1 = \frac{\sum_{t=k+1}^n X_t}{n - k},$$

$$M_2 = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} X_t}{n - k},$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, t-1.$$

Notese que las medias estan basadas solo en una parte de los datos de la serie, y por lo tanto son diferentes. Las desviaciones estandar en el denominador de la formula para la autocorrelacion son tambien diferentes a causa de lo mismo. Usando una sola media y una sola desviacion estandar, estas formulas podrian ser simplificadas de la siguiente forma:

$$\text{Auto-Cov} = \frac{\sum_{t=k+1}^n (X_t - \bar{X})(X_{t-k} - \bar{X})}{n - k - 1}$$

y

$$\text{Auto-r} = \frac{\sum_{t=k+1}^n (X_t - \bar{X})(X_{t-k} - \bar{X})}{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2}$$

La figura 4.5 es la tabla de cálculos de la autocovarianza y autocorrelación para los datos de la figura 4.1.

TABLA DE CALCULOS PARA DETERMINAR LA AUTOCOVARIANZA Y LA AUTOCORRELACION PARA LOS DATOS DE LA FIGURA 4.1

t	X_t	X_{t-1}	$(X_t - \bar{X})$	$(X_{t-1} - \bar{X})$	$(X_t - \bar{X})^2$	$(X_t - \bar{X})(X_{t-1} - \bar{X})$
1	9		-0.6		0.36	
2	8	9	-1.6	-0.6	2.56	0.96
3	7	8	-2.6	-1.6	6.76	4.16
4	12	7	2.4	-2.6	5.76	-6.24
5	9	12	-0.6	2.4	0.36	-1.44
6	11	9	1.4	-0.6	1.96	-0.84
7	8	11	-1.6	1.4	2.56	-2.24
8	10	8	0.4	-1.6	0.16	-0.64
9	13	10	3.4	0.4	11.56	1.36
10	9	13	-0.6	3.4	0.36	-2.04
Tot: 96					32.40	-6.96
$\bar{X} = 9.6$						
Auto-Cov = $-6.96/8 = -0.87$						
Auto-r = $-6.96/32.4 = -0.215$						

FIGURA 4.5

4.2 Evaluación de los Resultados del Pronóstico.

Un factor de considerable importancia dentro del campo de los pronósticos, es el evaluar la efectividad del método utilizado para un grupo dado de datos.

4.2.1 Medidas Estadísticas.

El error para un período de tiempo i se define:

$$e_i = X_i - F_i$$

siendo X_i = dato para el período i y
 F_i = valor pronosticado para el período i .

Si existen n períodos, entonces se obtendrán n errores y de este modo se pueden definir las siguientes medidas estadísticas:

$$\text{ERROR MEDIO (ME)} = \sum_{i=1}^n e_i / n$$

$$\text{ERROR MEDIO ABSOLUTO (MAE)} = \sum_{i=1}^n |e_i| / n$$

$$\text{SUMA DE ERRORES CUADRADOS (SSE)} = \sum_{i=1}^n e_i^2$$

$$\text{ERROR MEDIO CUADRADO (MSE)} = \sum_{i=1}^n e_i^2 / n$$

$$\text{DESVIACION ESTANDAR DE ERRORES (SDE)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n e_i^2 / (n - 1)}$$

La figura 4.6 es una tabla de cálculos para las medidas estadísticas anteriores.

Es importante el reconocer las limitaciones de estas medidas. El MSE, al ser una medida absoluta, no facilita la comparación entre diferentes series de tiempo así como entre diferentes intervalos de tiempo, por lo tanto no es conveniente utilizar este único criterio para evaluación.

**CALCULOS DE LAS MEDIDAS ESTADISTICAS PARA
EVALUACION DE RESULTADOS DEL PRONOSTICO**

i	X _t	F _t	e	e	e ²
1	22	24	-2	2	4
2	23	28	-5	5	25
3	39	32	7	7	49
4	37	36	1	1	1
5	38	40	-2	2	4
6	47	44	3	3	9
7	43	48	-5	5	25
8	49	52	-3	3	9
9	61	56	5	5	25
10	63	60	3	3	9
Totales:			2	36	160

ME = 0.2
MAE = 3.6
SSE = 160
MSE = 16
SDE = 4.22

FIGURA 4.6

4.2.2 Medidas Relativas.

A causa de las limitaciones del MSE como medida de efectividad, otras alternativas han sido propuestas, entre las cuales están aquellas que tienen que ver con errores porcentuales. Las tres medidas siguientes son usadas comunmente:

$$\text{ERROR PORCENTUAL (PE}_t\text{)} = \frac{X_t - F_t}{X_t} \quad (100)$$

$$\text{ERROR PORCENTUAL MEDIO (MPE)} = \sum_{t=1}^n \text{PE}_t / n$$

$$\text{ERROR PORCENTUAL MEDIO ABSOLUTO (MAPE)} = \sum_{t=1}^n |\text{PE}_t| / n$$

El error porcentual puede ser usado para calcular el porcentaje de error para cualquier período de tiempo. El error porcentual medio es el promedio del error porcentual y tiende a ser de baja denominación a causa de la --

mutua eliminación de valores positivos y negativos de los errores porcentuales para cada período, por esto existe el error porcentual medio absoluto, el cual utiliza el valor absoluto de los errores porcentuales para obtener el promedio. La tabla en la figura 4.7 muestra el cálculo de estas medidas.

CALCULO DE LAS MEDIDAS RELATIVAS PARA UN GRUPO DE ERRORES

Periodo	Observacion	Pronostico	Error	PE	IPEI
1	22	24	-2	-9.09	9.09
2	23	28	-5	-21.74	21.74
3	39	32	7	17.95	17.95
4	37	36	1	2.70	2.70
5	38	40	-2	-5.26	5.26
6	47	44	3	6.38	6.38
7	43	48	-5	-11.63	11.63
8	49	52	-3	-6.12	6.12
9	61	56	5	8.20	8.20
10	63	60	3	4.76	4.76
TOTALES:			2	-13.85	93.84

MPE = $-13.85/10 = -1.385\%$
MAPE = $93.84/10 = 9.384\%$

FIGURA 4.7

4.2.3 Estadística U.

Todas las medidas relativas de la sección anterior dan igual peso a todos los errores, en cambio, el MSE eleva estos al cuadrado con el fin de enfatizar errores muy grandes. La estadística U es una medida que da énfasis a los grandes errores y provee una base relativa para la comparación entre métodos.

La estadística U se define de la siguiente manera:

$$U = \frac{\sum_{t=1}^{n-1} (FPE_{t+1} - APE_{t+1})^2 / (n - 1)}{\sum_{t=1}^{n-1} (APE_{t+1})^2 / (n - 1)}$$

donde:

$$FPE_{t+1} = \frac{F_{t+1} - X_t}{X_t}$$

(Cambio relativo pronosticado)

$$APE_{t+1} = \frac{X_{t+1} - X_t}{X_t}$$

(Cambio relativo actual)

Al substituir los valores de FPE y APE en la ecuación y simplificar, el resultado es:

$$U = \frac{\sum_{t=1}^{n-1} ((F_{t+1} - X_{t+1}) / X_t)}{\sum_{t=1}^{n-1} ((X_{t+1} - X_t) / X_t)}$$

Notese que el numerador, así como el denominador son similares a la ecuación del MAPE antes definida. La tabla en la figura 4.8 muestra el cálculo de la estadística U.

CALCULO DE LA ESTADISTICA U PARA UN GRUPO DE DATOS

Periodo	Observacion	Pronostico	Numerador	Denominador
1	22	24	0.052	0.002
2	23	28	0.093	0.484
3	39	32	0.001	0.003
4	37	36	0.003	0.001
5	38	40	0.006	0.056
6	47	44	0.011	0.007
7	43	48	0.005	0.019
8	49	52	0.010	0.060
9	61	56	0.002	0.001
10	63	60		
TOTALES:			0.183	0.633
Estadística U = 0.183/0.633 = 0.54				

FIGURA 4.8

El valor de la estadística U será igual a cero solamente si FPE = APE. Esto solo es posible cuando el pronóstico es exacto o el error sea nulo. Cuando FPE sea igual a 0, el valor de la estadística U será igual a uno, y esto implica que el método utilizado en el pronóstico tiene la misma exactitud que si se tomara como pronóstico

el valor más reciente disponible dentro del patrón de datos, es decir, que si el pronóstico es preparado para un horizonte de tiempo de un período, el valor de este sería igual al dato del período anterior, lo cual se conoce como método ingenuo. ($F_t = X_{t-1}$). En síntesis:

- $U = 1$: El método ingenuo antes descrito es tan exacto como la técnica evaluada.
- $U < 1$: La técnica evaluada es más exacta que el método ingenuo. Mientras menor sea U , mejor será la técnica evaluada en cuanto al método ingenuo.
- $U > 1$: El método ingenuo ofrece mejores resultados que la técnica evaluada, por lo tanto no es conveniente su utilización.

V. ANALISIS DE SERIES DE TIEMPO.

5.1 Promedios Movibles.

5.1.1 Promedios Movibles Simples.

El método de promedios movibles simples básicamente utiliza un promedio de los datos observados como una proyección para el siguiente período. Se denomina "Promedios Movibles" porque cada vez que se tiene disponible un nuevo dato observado, se calcula un nuevo promedio, el cual es utilizado como pronóstico. El promedio varía con cada período observado.

La figura 5.1 muestra la demanda de lámparas y la aplicación de la técnica de promedios movibles con un promedio de 3 y 5 meses.

Pronostico de la demanda de lámparas
con promedios movibles simples

Mes	Período de tiempo	Demanda observada	Pronóstico con un promedio móvil de 3 meses.	Pronóstico con un promedio móvil de 5 meses
Enero	1	1950	----	----
Febrero	2	1400	----	----
Marzo	3	2000	----	----
Abril	4	2150	1783	----
Mayo	5	2875	1850	----
Junio	6	1825	2342	2075
Julio	7	1650	2283	2050
Agosto	8	1400	2117	2100
Septiembre	9	1975	1625	1980
Octubre	10	2300	1675	1945
Noviembre	11	2150	1892	1830
Diciembre	12	----	2142	1895

FIGURA 5.1

El pronóstico del período 4 con un promedio móvil de tres meses está basado en los datos observados de los períodos 1-3, el del período 5 es el promedio de los datos observados de los períodos 2-4 y así sigue el cálculo, hasta el pronóstico del período 12, que es el promedio de los períodos 9-11. De igual manera, en la columna de pronósticos con un promedio móvil de 5 meses, se tiene que el pronóstico para el período 6 es el promedio

de los datos observados de los períodos 1-5 y se sigue -- con el mismo proceso.

El método de promedios móviles también puede ser utilizado para pronosticar más de un mes por adelantado. -- Para hacer esto se toma el valor del pronóstico como un -- valor observado. Esto aumentaría el error en el pronóstico, ya que se está acumulando el error de todos los pronósticos tomados como valores observados. Por esto mismo, los promedios móviles son casi siempre utilizados para -- pronosticar un período solamente.

La figura 5.2 muestra los valores pronosticados con promedios móviles de 3 y 5 meses comparados con los datos observados. Se puede observar que el primer pronóstico con promedio móvil de 3 meses comienza en el mes 4, y que el pronóstico con promedios móviles de 5 meses comienza en el mes 6. Se recomienda, para efectuar un pronóstico con promedios móviles tener disponible toda la -- información histórica necesaria, es decir, para este ejemplo se debería haber tenido historia de la demanda de tres meses antes de comenzado el año para el pronóstico -- con promedios móviles de 3 meses y para el de cinco meses se debería haber contado con los valores de la demanda de los últimos cinco meses del año anterior.

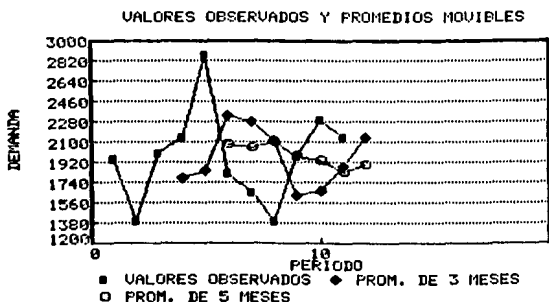
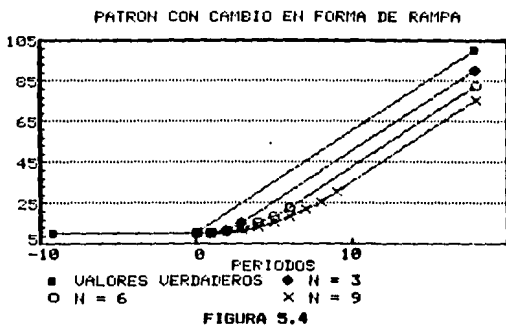
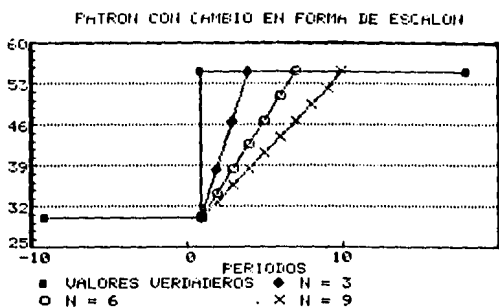


FIGURA 5.2

Se puede observar también en la figura 5.2 que la -- línea que representa los valores pronosticados con promedios móviles de 5 meses está más "suavizada" que la línea que representa los valores pronosticados con promedios móviles de 3 meses. Esto quiere decir, que el rango entre el valor más alto y más bajo es menor. Para la lí--

nea de promedios móviles de 3 meses, el valor más alto es de 2142 y el más bajo es de 1625. Esto da un rango de $2142 - 1625 = 717$. Para la línea de promedios móviles de 5 meses el valor más alto y el más bajo son 2100 y 1830 --- respectivamente, y esto da un rango de $2100 - 1830 = 270$. De esto se puede concluir que mientras más datos se incluyen en el promedio móvil, más suavizado será el pronóstico.



Si se sabe que existe mucha aleatoriedad en el patrón de datos, o que este es muy uniforme, o sea que casi

no sufre cambios, es conveniente utilizar un mayor número de observaciones para suavizar más el pronóstico. Cuando el patrón de datos está sufriendo cambios o existe poca aleatoriedad en este, es conveniente utilizar pocos datos observados en el promedio, y así estos cambios se notarán más rápidamente. La figura 5.3 muestra como un cambio en forma de escalón en el patrón de datos puede afectar el pronóstico con distintos valores de N (número de valores utilizados para el promedio móvil), y la figura 5.4 muestra el efecto de un cambio en forma de rampa para distintos valores de N. Ambos patrones carecen de aleatoriedad.

Se puede observar que para estos casos es preferible utilizar un número menor de valores observados, ya que la línea de N = 3 es la que más rápido identifica el cambio, y la de N = 9 es la que se adapta más lentamente a este. Esto muestra que existen casos en los que no es necesaria la suavización.

Un método para determinar que valor de N es más adecuado para desarrollar el pronóstico en un caso específico es el determinar la desviación media absoluta y el error medio cuadrado.

La representación matemática del método de promedios móviles es la siguiente:

$$S_{t+1} = \frac{x_t + x_{t-1} + \dots + x_{t-N+1}}{N}$$

$$= \frac{1}{N} \sum_{i=t-N+1}^t x_i$$

donde:

- S_{t+1} = Pronóstico para el período t+1.
- x_t = Valor observado en el período t.
- N = Número de valores incluidos en el pronóstico.

Se puede observar en la ecuación que a cada uno de los valores observados incluidos se le da la misma importancia, y que solo se incluyen los N valores más recientes, y a los demás no se les toma en cuenta.

En la fórmula anterior se asume que el período t es en el cual se desarrolla el pronóstico para el siguiente período. Si se quiere tomar t como el período pronosticado, la ecuación quedaría de la siguiente forma:

$$S_t = \frac{x_{t-1} + x_{t-2} + \dots + x_{t-N}}{N}$$

Este es el pronóstico para el período t . A partir de esta ecuación, el pronóstico para $t+1$ queda de la siguiente forma:

$$S_{t+1} = \frac{x_t}{N} - \frac{x_{t-m}}{N} + S_t$$

En esta forma de la ecuación, cada nuevo pronóstico basado en un promedio móvil es un ajuste del pronóstico del período anterior. Cuando el valor de N es mayor, se puede observar que el ajuste es menor y esto demuestra el efecto de incluir más datos observados en el promedio móvil. A mayor valor de N , más suavización.

5.1.2 Promedios Móviles Dobles.

El método de promedios móviles dobles básicamente calcula un grupo de promedios móviles simples y después calcula otro grupo de promedios móviles basados en los valores de los promedios móviles obtenidos.

El primer paso consiste en observar N valores de lo que se va a pronosticar. Ya teniendo estos valores, es posible obtener el primer promedio móvil simple. Esto debe ser efectuado hasta tener N promedios móviles simples y así poder calcular el primer promedio móvil doble. Una vez obtenido este, es necesario obtener el valor de A , o sea la diferencia entre el promedio móvil simple y el promedio móvil doble sumada al promedio móvil simple. Después se calcula el factor de ajuste P , para finalmente obtener el valor del pronóstico.

El promedio móvil simple se obtiene de la siguiente forma:

$$S'_t = \frac{x_t + x_{t-1} + \dots + x_{t-N+1}}{N}$$

A partir de esto es posible obtener el promedio móvil doble:

$$S''_t = \frac{S'_t + S'_{t-1} + \dots + S'_{t-N+1}}{N}$$

El valor de la diferencia entre el promedio móvil simple y el promedio móvil doble sumada al promedio móvil simple es el valor de A , como se mencionó antes. Este valor es necesario, ya que la distancia entre el promedio móvil simple y el valor observado es casi la misma que la del promedio móvil doble y el simple, y con esta diferencia es posible ajustar esta distancia. Si

formula es:

$$A_t = 2S'_t - S''_t$$

A partir de la ecuación anterior, se obtiene el factor de ajuste:

$$B_t = \frac{A_t - S'_t}{N - 1}$$

Por último, es posible obtener el valor del pronóstico, el cual es efectuado en base a un valor m , el cual representa el número del período a pronosticar a partir del período actual, cuya m es igual a cero. Si se desea pronosticar el período siguiente, el valor de m será 1, y así sucesivamente. La siguiente es la formula para obtener el pronóstico:

$$S_{t+m} = A_t + B_t$$

La figura 5.5 es una tabla en la cual se observa el cálculo del pronóstico para el balance de inventarios con promedios móviles dobles. Se utilizará un valor de $N = 4$ y un valor de $m = 1$, o sea que se tomarán 4 períodos para efectuar el pronóstico del siguiente período.

Pronóstico del balance de inventarios con promedios móviles dobles

t	Balance actual de invent.	S'	S''	A	B	Valor del pronóstico
1	110					
2	125					
3	108					
4	122	116.25				
5	136	122.75				
6	106	118.00				
7	140	126.00	120.75	131.25	+3.5000	
8	152	133.50	125.06	141.94	+5.6267	134.75
9	123	130.25	126.94	133.56	+2.2067	147.57
10	148	140.75	132.63	148.87	+5.4133	135.77
11	150	143.25	133.94	152.56	+6.2067	154.28
12	129	137.50	137.94	137.06	-0.2933	158.77
13	153	145.00	141.63	148.37	+2.2467	136.77
14	164	149.00	143.69	154.31	+3.5400	150.62
15	182	157.00	147.13	166.87	+6.5800	157.85
16	158	164.25	153.81	174.69	+6.9600	173.45
17	168	168.00	159.56	176.44	+5.6267	181.65
18	174	170.50	164.94	176.06	+3.7067	182.07
19						179.77

FIGURA 5.5

Si se quisiera obtener el pronóstico para el período 20, desde el período 15, el valor de m sería de 5 y el cálculo sería el siguiente:

$$S_{t+m} = 166.87 + (6.58 \times 5) = 199.77$$

La gráfica en la figura 5.6 muestra el comportamiento del pronóstico hecho con promedios móviles dobles en la figura 5.5 para un período en el futuro. Se observa -- que el pronóstico mantiene la tendencia ascendente de los datos observados. El valor de N es igual a 4 y el valor de m , o sea el número del siguiente período a pronosticar es igual a 1, y esto significa que se está pronosticando el período siguiente al actual.

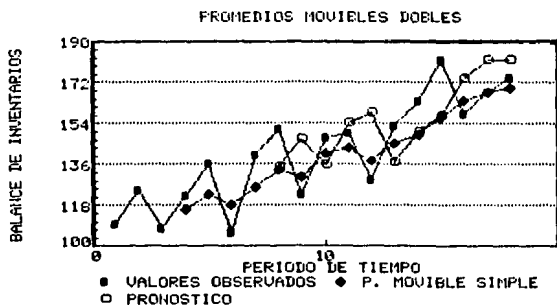


FIGURA 5.6

Finalmente, el número de datos observados requeridos para utilizar este método es de $2N$. Con esta cantidad de datos ya es posible evaluar el primer valor pronosticado.

5.2 Suavización Exponencial.

5.2.1 Suavización Exponencial Simple.

Existen dos grandes diferencias entre los promedios móviles y la suavización exponencial. La primera y más importante es que los promedios móviles utilizan solamente N de los datos históricos, y a cada uno de estos datos se le da el mismo peso, $1/N$. A los datos anteriores al período $t-N$ se les da un peso de 0, es decir, no se --

toman en cuenta. La suavización exponencial toma en cuenta todos los datos observados, distribuyendo el peso de acuerdo a la antigüedad del dato. Mientras más antiguos sean los datos, menos peso se les dará.

La otra diferencia es que en el método de promedios móviles es necesario mantener los últimos N valores observados, y esto ocupa un espacio extra en la memoria de la computadora. En el método de suavización exponencial no es necesario mantener estos valores en memoria.

El método de suavización exponencial, al igual que los promedios móviles, elimina la aleatoriedad por medio de la suavización de las observaciones históricas, pero con un sistema diferente.

Si se toma como base la siguiente ecuación para promedios móviles:

$$S_{t+1} = \frac{x_t}{N} - \frac{x_{t-N}}{N} + S_t$$

Suponiendo que solo estuviera disponible el valor -- observado más reciente, así como el pronóstico hecho para ese mismo período, el valor observado en el período t-N -- tendría que ser sustituido por un valor aproximado. Un -- valor razonable sería el pronóstico efectuado el período anterior para ese período. La modificación de la fórmula anterior, ya efectuado este cambio sería:

$$S_{t+1} = \frac{x_t}{N} - \frac{S_t}{N} + S_t$$

Otra forma de esta ecuación podría ser:

$$S_{t+1} = (1/N)x_t + (1 - (1/N))S_t$$

Ahora se puede observar que para este pronóstico, al valor observado más reciente se le da un peso de 1/N y al pronóstico más reciente se le da un peso de 1 - 1/N. Si se substituye 1/N por la letra a, la ecuación sería:

$$S_{t+1} = ax_t + (1 - a)S_t$$

Esta es la ecuación general para el cálculo de un -- pronóstico por el método de suavización exponencial. Nótese que ya no es necesario guardar todos los datos históricos, ya que con el valor de S_t ya están tomados en -- cuenta. Si en la ecuación anterior se substituye el valor de S_t con su valor de la misma ecuación, se tendrá lo siguiente:

$$S_{t+1} = ax_t + (1-a)[ax_{t-1} + (1-a)S_{t-1}]$$

$$= ax_t + a(1-a)x_{t-1} + (1-a)^2 S_{t-1}$$

Si se continúa con este proceso de substitución, a-- hora substituyendo el valor de S_{t-1} , y después el de ---- S_{t-2} , etc., se obtendrá la siguiente relación:

$$S_{t-1} = ax_t + a(1-a)x_{t-1} + a(1-a)^2 x_{t-2} + a(1-a)^3 x_{t-3} + \dots$$

En esta forma se puede observar como el peso que se le da a los valores observados va decreciendo de acuerdo a la antigüedad del dato observado, y esto se debe a que como el valor de a es igual a $1/N$, este valor se encuen-- tra entre 0 y 1, y, por lo tanto, el valor de $1 - a$ tam-- bién es un valor entre 0 y 1, siendo cada vez menor mien-- tras mayor exponente se le asigne. Por ejemplo, al dato - observado x_{t-3} , se le da un peso de $a(1-a)^3$, el cual, - siendo $N = 4$ por ejemplo, sería igual a $0.25(1 - 0.25)^3 = 0.1055$.

Otra forma de expresar la ecuación general para el - cálculo de un pronóstico con suavización exponencial se-- ría la siguiente:

$$S_{t+1} = S_t + a(x_t - S_t)$$

En esta forma, el nuevo pronóstico será simplemente el antiguo pronóstico más a veces el error de este. El ajuste en el pronóstico anterior depende de a , cuyo valor, mientras más cercano este de 1, más peso dará al error. - Siendo $a = 1$, el error se sumara completo al pronóstico - anterior, y siendo $a = 0$, el error no se tomara en cuen-- ta. Es decir, que mientras el valor de a sea más cercano a 0, menos ajuste se hará al nuevo pronóstico. De esto se puede concluir que el efecto del valor de a en el método de suavización exponencial es análogo al efecto del valor de N en el método de promedios móviles.

Utilizando los datos del ejemplo de la demanda de -- lámparas en la figura 5.1 se calculará el pronóstico con el método de suavización exponencial. Se utilizaran valo-- res de a de .1, .5 y .9, para establecer una comparación. En la figura 5.7 se puede observar el cálculo de este --- pronóstico para cada período.

Se puede observar que para el período 2 no se cuenta con un pronóstico anterior, así que se toma el valor ob-- servado del primer período. La figura 5.8 muestra la grá-- fica de este problema, en la cual se muestra como difiere la suavización de acuerdo con los valores de a . Para $a =$

.1, la suavización es mayor que para $\alpha = .9$, y si se calcula la desviación media absoluta, así como el error medio cuadrado, se observa que, para este caso, es más conveniente un menor valor de α .

Pronosticando la demanda de lámparas con suavización exponencial

Mes	Período de tiempo	Demanda observada	Pronóstico		
			$\alpha = .1$	$\alpha = .5$	$\alpha = .9$
Enero	1	1950	---	---	---
Febrero	2	1400	1950.0	1950.0	1950.0
Marzo	3	2000	1875.0	1675.0	1455.0
Abril	4	2150	1905.5	1837.5	1945.5
Mayo	5	2875	1930.0	1993.7	2129.5
Junio	6	1825	2024.5	2434.3	2800.4
Julio	7	1650	2004.5	2129.6	1922.5
Agosto	8	1400	1969.0	1889.8	1677.2
Septiembre	9	1975	1912.1	1644.9	1427.7
Octubre	10	2300	1918.4	1809.9	1920.3
Noviembre	11	2150	1956.7	2054.9	2262.1
Diciembre	12	---	1975.9	2102.4	2161.2

FIGURA 5.7

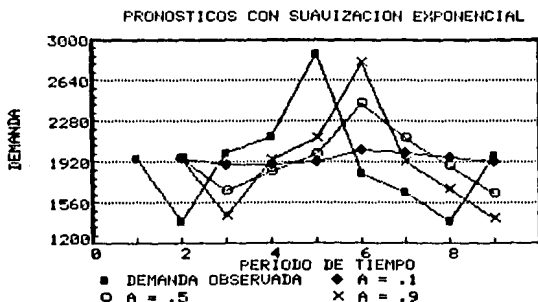


FIGURA 5.8

Una limitación en el método de suavización exponencial es que no hay una regla específica para determinar el valor de α , y, por lo tanto, en promedios móviles ---

tampoco existe una regla específica para determinar el -- valor de N. Generalmente, para escoger que valor es el -- más conveniente, es necesario probar con varios diferen-- tes hasta encontrar el mejor.

5.2.2 Suavización Exponencial Doble.

El método de suavización exponencial doble realiza -- las mismas tareas que el método de promedios móviles, -- pero sin las limitaciones de este. No es necesario mante-- ner los últimos N datos observados, y a los datos obser-- vados se les da un peso de acuerdo con su antigüedad. Pa-- ra llevar a cabo el primer pronóstico solo es necesario -- contar con los últimos tres valores observados.

Estas son razones por las cuales generalmente la --- suavización exponencial doble es preferida a los prome--- dios móviles dobles, aunque el concepto básico para los dos métodos es el mismo. Este consiste aplicar el método simple, y después al valor obtenido volverle a aplicar el método, para después adicionarle la diferencia entre el -- primer valor y el segundo.

Si a un patrón con tendencia se le aplica la suavi-- zación exponencial simple, se obtiene una suavización, la cual puede ser mayor si a los datos obtenidos se les a--- plica nuevamente el método, obteniendo una nueva suaviza-- ción. A estos nuevos valores, se les suma la diferencia -- entre el primer valor obtenido y el segundo valor obteni-- do, con el objeto de minimizar el error, ya que esta di-- ferencia significa la desviación entre estos dos valores. El sumar esta diferencia al último valor efectúa un ajuste para la tendencia.

Utilizando la misma notación que para promedios mo-- viles dobles y suavización exponencial simple, los pasos a seguir para utilizar el método de suavización exponen-- cial doble son:

1- Aplicar la suavización exponencial simple al primer -- valor observado:

$$S_t = ax_t + (1-a)S_{t-1}$$

2- Volver a aplicar la suavización exponencial simple, -- tomando como dato observado el valor obtenido en la pri-- mera aplicación del método:

$$S_t' = aS_t + (1 - a)S_{t-1}$$

3- Una vez obtenido este segundo valor, es posible obte--

ner la diferencia entre estos dos, y sumarsela al primer valor:

$$A_n = 2S_n' - S_n''$$

4- A partir de la ecuación anterior, se obtiene el factor de ajuste:

$$B_n = \frac{a(A-S_n')}{1-a}$$

5- Por último, es posible obtener el valor del pronóstico:

$$S_{n+m} = A_n + B_n m$$

La figura 5.9 es la tabla de los cálculos realizados para obtener el pronóstico del balance de inventarios para cada uno de los periodos. Se puede observar cada uno de los pasos antes mencionados. El valor de a tomado para este cálculo es de 1, pero, al igual que en promedios móviles, es posible obtener un pronóstico de algún período más alejado, simplemente aumentando el valor de m . El valor de a utilizado es de .2 para este ejemplo.

Pronóstico del balance de inventarios con suavización exponencial doble

t	Balance observado	S'	S''	A	B	Pronóstico.
1	110	110.00	110.00			
2	125	113.00	110.60	115.40	+0.600	
3	108	112.00	110.88	113.12	+0.280	116.00
4	122	114.00	111.50	116.50	+0.625	113.40
5	136	118.40	112.88	123.92	+1.380	117.13
6	106	115.92	113.49	118.35	+0.608	125.30
7	140	120.74	114.94	126.54	+1.450	118.96
8	152	126.99	117.35	136.63	+2.410	127.99
9	123	126.19	119.12	133.26	+1.768	139.04
10	148	130.55	121.40	139.70	+2.288	135.03
11	150	134.44	124.01	144.87	+2.608	141.99
12	129	133.35	125.88	140.82	+1.868	147.48
13	153	137.28	128.16	146.40	+2.280	142.69
14	164	142.63	131.05	154.21	+2.895	148.68
15	182	150.50	134.94	166.06	+3.890	157.11
16	158	152.00	138.35	165.65	+3.413	169.95
17	168	155.20	141.72	168.68	+3.370	169.06
18	174	158.96	145.17	172.75	+3.448	172.05
19						176.20

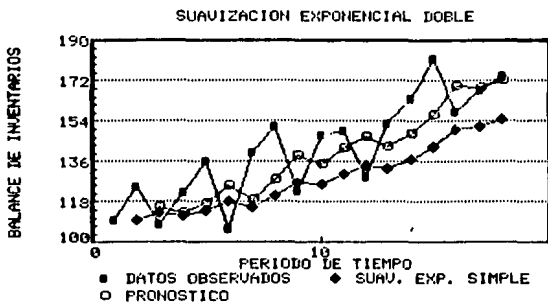
FIGURA 5.9

Si se deseará obtener una proyección hacia un período más adelante en el futuro, es necesario aumentar el valor de α de acuerdo al número de período a pronosticar. Por ejemplo, si se quiere calcular el pronóstico para el período 25 desde el período 18, el valor de α sería $25-18 = 7$, y el cálculo sería el siguiente:

$$S_{25} = 172.75 + (3.448 \times 7) = 196.69$$

Si se calcula la desviación media absoluta y el error medio cuadrado para este caso y para el de promedios móviles dobles, es posible observar que no existe una gran diferencia entre los resultados de los dos métodos, pero el método de suavización exponencial se aplica con mayor facilidad y menos requerimientos que el método de promedios móviles dobles, ya que no son necesarios N datos observados para calcular el pronóstico.

La exactitud del método para este caso específico puede ser observada en la figura 5.10, en la cual se observa que el pronóstico sigue de cerca la tendencia ascendente del patrón de datos, aun más que la suavización exponencial simple, suavizando las fluctuaciones que ocurren por la aleatoriedad en los datos.



VI. MODELOS CAUSALES.

6.1 Regresión Simple.

En los métodos de promedios móviles y suavización exponencial se asumen patrones de datos horizontales o con tendencia, combinados con alguna aleatoriedad. Esto es, que en estos métodos se asume un patrón de datos básico.

El análisis de regresión asume que el patrón de datos es de forma lineal. Esto significa que si se hiciera la gráfica de los datos, esta gráfica sería aproximadamente una línea recta. Existen varias situaciones en las que esto no es aplicable. Por ejemplo, si se tiene un patrón de datos de forma estacional, la gráfica resultante obviamente no sería de forma lineal, aunque existen formas de convertir una relación no lineal a lineal.

Si se tiene un producto, cuyas ventas varían de acuerdo a las cuatro estaciones del año, su gráfica por período no sería de forma lineal, pero si este período fuera anual, si se podría asumir una forma lineal. La figura 6.1 muestra el patrón de datos que podría existir cuando se toman períodos anuales.

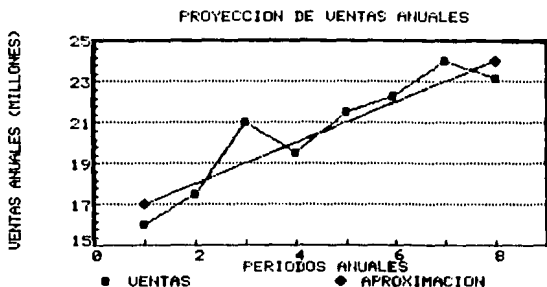


FIGURA 6.1

Se observa que la línea recta puede ser una aproximación bastante confiable de las ventas futuras. Este patrón de datos es del tipo que se asume en los métodos de promedios móviles y suavización exponencial.

La figura 6.1 es una gráfica de ventas contra tiempo, como las que se utilizan en los métodos de análisis de series de tiempo. El análisis de regresión no se limita a este tipo de relación. Es posible asumir una relación entre dos variables cualesquiera y después evaluar un pronóstico para una de estas, basado en valores de la otra. Por ejemplo, considérese la situación de una industria que produce fibras limpiadoras y las vende como material de primera si cumplen con los requisitos de calidad, y como material de segunda si no cumplen con estos. El departamento de control de calidad, después de una observación de varios meses, ha concluido que el porcentaje de productos de segunda va relacionado con la velocidad de la línea de producción, ya que mientras más rápida sea la producción, más material de segunda se obtendrá. Esta relación puede ser graficada, y se puede ver que existe una tendencia ascendente. Esto se observa en la figura 6.2. Se puede trazar una recta con la cual se efectuaría una aproximación. Este procedimiento asume un modelo causal entre la velocidad y el porcentaje de material de segunda.

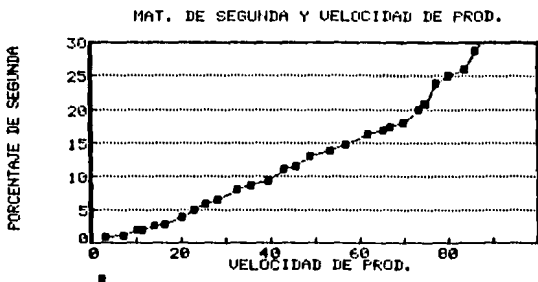


FIGURA 6.2

La relación entre dos variables cualesquiera se puede representar matemáticamente de la siguiente forma:

$$Y = f(X)$$

Esto significa que Y depende del valor que tome X. - En la regresión simple, esta es una relación lineal, así que la ecuación se escribe:

$$Y = a + bX$$

Esta es la forma general para una relación lineal. Para el ejemplo anterior, X representa la velocidad de la línea de producción, y Y representa el porcentaje de material de segunda. Si el valor de X fuera cero, el valor de Y sería a , ya que este es el punto donde se intersecta la recta con el eje X . Para este ejemplo particular el valor de a es cero, ya que a velocidad igual a cero no hay producción, y, por lo tanto, no hay material de segunda. El valor de b es el llamado coeficiente de regresión, e indica cuanto cambio hay en el valor de Y cuando X varía una unidad. Para el ejemplo, si se tiene una velocidad de 60, al aumentar esta a 61, el aumento en el porcentaje de material sería de b . En términos geométricos, el coeficiente de regresión sería la pendiente de la línea recta.

Los parámetros a definir en una relación lineal son los valores de a y b . Existen varios métodos para definir estos parámetros. Uno de estos métodos es el gráfico, en el cual se grafican los puntos observados, como en la figura 6.2, y se traza una recta que se piense que está relacionada con estos puntos. Una vez trazada la recta, es posible calcular la pendiente y el punto de intersección. Este método puede ser muy inexacto si los puntos están muy diseminados en la gráfica. Además, trazar una recta que de una buena aproximación tomaría bastante tiempo y bastantes pruebas.

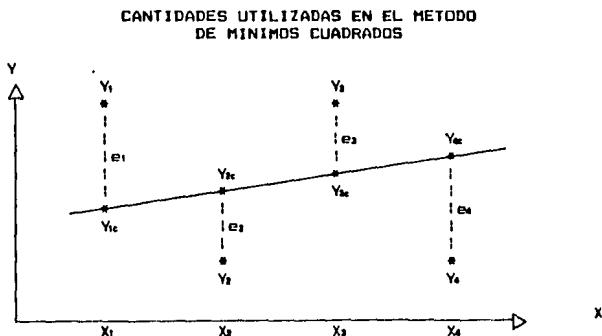


FIGURA 6.3

El método que se utiliza en el análisis de regresión para definir los valores de a y b es el método de mínimos cuadrados. En este método se trata de minimizar la distancia vertical entre los puntos observados y la línea recta. La figura 6.3 muestra un grupo de datos observados y la línea recta correspondiente a estos puntos. Los puntos Y_1 a Y_4 son los datos observados. Las desviaciones, o errores en la regresión son las líneas e_1 a e_4 . Los puntos estimados por la línea de regresión son los puntos de Y_{1c} a Y_{4c} . Los valores de X utilizados para el pronóstico son los valores de X_1 a X_4 .

El error o desviación puede ser calculado de la siguiente forma:

$$e_i = Y_i - Y_{ic}$$

Cada uno de los valores de la línea de regresión pueden ser representados de la siguiente manera:

$$Y_{ic} = a + bX_i$$

El método de mínimos cuadrados minimiza la suma de los errores al cuadrado (e_i^2). También hace que la suma algebraica de estas relaciones sea igual a 0, esto es, que la suma de las desviaciones que se encuentran abajo de la línea sea igual a la suma de las desviaciones que se encuentran arriba de la línea.

Las fórmulas para obtener los valores de a y b son respectivamente:

$$a = \frac{\sum Y}{n} - \frac{b \sum X}{n}$$

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

donde n es el número de observaciones que se tomarán en cuenta para generar la línea recta.

La media de los valores de X y Y se representa de la siguiente forma:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n}$$

Utilizando estos valores para simplificar las fórmulas de a y b , estas quedarían de la siguiente forma:

$$a = \bar{Y} - b\bar{X}$$

$$b = \frac{\sum XY - \bar{X}\sum Y}{\sum X^2 - \bar{X}\sum X}$$

El tomar la media de los datos para efectuar estos cálculos asegura que la suma algebraica de las desviaciones sea igual a 0, y que la distancia entre los puntos observados y los puntos asumidos sea mínima.

**CALCULO DE LOS PARAMETROS DE LA RECTA
PARA EL EJEMPLO DE LA INDUSTRIA**

n	X	Y	X ²	Y ²	XY
1	3.7	0.87	13.69	0.756	3.219
2	7.5	1.09	56.25	1.188	8.175
3	10.6	1.98	112.36	3.920	20.988
4	11.9	2.15	141.61	4.622	25.585
5	14.3	2.69	204.49	7.236	38.467
6	16.8	3.03	282.24	9.180	50.904
7	20.6	3.98	424.36	15.840	81.988
8	23.4	5.12	547.56	26.214	119.808
9	25.9	5.87	670.81	34.456	152.033
10	28.6	6.53	817.96	42.640	186.758
11	32.7	8.13	1069.29	66.096	265.851
12	36.1	8.89	1303.21	79.032	320.929
13	39.8	9.43	1584.09	88.924	375.314
14	43.2	11.21	1866.24	125.664	484.272
15	45.9	11.67	2106.81	136.188	535.653
16	49.1	13.12	2410.81	172.134	644.192
17	53.5	14.00	2862.25	196.000	749.000
18	57.2	14.91	3271.84	222.308	852.852
19	62.0	16.31	3844.00	266.016	1011.220
20	65.4	16.97	4277.16	287.980	1109.838
21	67.2	17.42	4515.84	303.456	1170.624
22	70.1	18.23	4914.01	332.333	1277.923
23	73.6	20.08	5416.96	403.204	1477.808
24	74.9	20.89	5610.01	436.392	1564.661
25	75.3	21.08	5670.09	444.366	1587.324
26	77.4	23.95	5990.76	573.603	1853.730
27	80.2	25.00	6432.04	625.000	2005.000
28	83.9	25.99	7039.21	675.480	2180.561
29	86.2	28.72	7430.44	824.384	2475.664
30	89.4	31.32	7992.36	980.942	2800.008
TOTAL:	1426.1	390.63	88878.75	7385.554	25430.429

FIGURA 6.4

En la figura 6.4 se obtienen los valores de $\sum X$, $\sum Y$, $\sum X^2$, $\sum Y^2$ y $\sum XY$ para el problema del material de segunda. A partir de estos valores es posible calcular los valores de \bar{X} y \bar{Y} , y después los de b y a , para así obtener la ecuación de la recta.

$$\bar{X} = \frac{1426.1}{30} = 47.54$$

$$\bar{Y} = \frac{390.63}{30} = 13.02$$

$$b = \frac{25430.429 - (47.54)(390.63)}{88878.75 - (47.54)(1426.1)} = .3254$$

$$a = 13.02 - (.3254)(47.54) = -2.45$$

La ecuación de la recta para estos valores es:

$$Y = -2.45 + 0.3254X$$

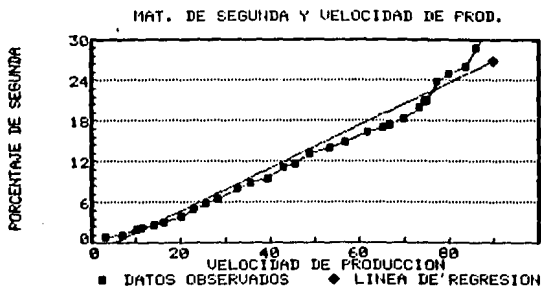


FIGURA 6.5

La figura 6.5 es la gráfica de los valores observados en el problema de la industria, y se puede observar que la recta obtenida es bastante aproximada a estos valores. En este caso los datos observados se encuentran bastante alineados, y esto minimiza el error, pero existen casos en los que se encuentran muy diseminados.

6.2 Regresión Múltiple.

La regresión simple asume que para predecir el valor de una variable dependiente se utiliza una variable independiente, y que la relación entre estas dos variables es lineal. En una situación de decisión, es fácil encontrar situaciones en las que es posible utilizar más de una variable independiente para predecir el valor de la variable dependiente. La técnica de regresión múltiple utiliza los principios de la regresión simple para poder considerar un número mayor de variables independientes para preparar un pronóstico.

Para utilizar este método, el paso inicial es el formular el problema. Esta formulación consiste en describir la situación de decisión, identificar la variable o las variables a pronosticar, y por último, definir las variables independientes.

Al ya haber definido la situación de decisión, así como las variables dependientes e independientes, es posible comenzar a preparar el pronóstico. La variable dependiente Y se puede escribir matemáticamente como :

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_m)$$

donde m es el número de variables independientes. La función matemática, a partir de la ecuación de la recta utilizada en la regresión simple, se escribe de la siguiente forma :

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_m X_m$$

El proceso a seguir para diseñar el modelo, como ya se dijo, es básicamente el mismo utilizado en el método de regresión simple. Primero se obtiene la media de cada una de las variables. Las fórmulas para obtener la media de las variables independientes así como de la variable dependiente son respectivamente :

$$\bar{X}_i = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n}$$

Al ya tener la media de cada una de las variables, el siguiente paso es calcular los valores de b para cada variable independiente, y por último, el valor de a . Esto se efectúa por medio del método de mínimos cuadrados, co-

no se explica en la sección de promedios móviles simples.

El error o desviación es calculado de la misma forma que en el método de regresión simple :

$$e_t = Y_t - Y_{t, \text{est}}$$

Un ejemplo válido para facilitar el entendimiento -- del tipo de situación de decisión para la cual se utiliza este método, sería el de una industria manufacturera de vidrio, cuyo departamento de planeación, después de una prolongada observación, ha concluido que las ventas están íntimamente relacionadas con la producción de automóviles, así como con el número de contratos de construcción recibidos, ya que estos son sus dos principales clientes. La figura 6.6 es el listado de datos que serán utilizados para calcular las ventas de vidrio. Primero se tienen las ventas de vidrio en los últimos 17 períodos, así como la producción de automóviles en millones y los contratos de construcción para este lapso de tiempo. De estos dos últimos, se ha calculado un pronóstico para los cinco períodos siguientes utilizando un método de análisis de series de tiempo.

PERIODO	VENTAS DE VIDRIO	PRODUCCION DE AUTOMOVILES	CONTRATOS DE CONSTRUCCION
1	280.0	3.909	9.000
2	281.5	5.119	10.000
3	337.4	6.666	14.000
4	404.2	5.338	15.000
5	402.1	4.321	16.000
6	452.0	6.117	17.000
7	431.7	5.559	19.000
8	582.3	7.920	23.000
9	596.6	5.816	31.000
10	620.8	6.113	32.000
11	513.6	4.258	35.000
12	606.9	5.591	36.000
13	629.0	6.675	36.000
14	602.7	5.543	37.000
15	656.7	6.933	41.000
16	778.5	7.638	45.000
17	877.6	7.752	47.000
18	---	6.966	46.000
19	---	7.322	46.500
20	---	7.420	46.250
21	---	7.365	46.375
22	---	7.268	46.312

FIGURA 6.6

El departamento de planeación desea efectuar una proyección a cinco años, así que las variables independientes para los periodos 18-22 deberán ser obtenidas por algún método para pronóstico, siendo el período actual el 17. Nótese que los datos de la producción de automóviles mantienen un patrón de datos horizontal con cierta aleatoriedad, y los datos de la construcción forman un patrón con tendencia ascendente. Por estas características, es conveniente utilizar un método de análisis de series de tiempo, por ejemplo, el de suavización exponencial. Al ya tener estos datos, estos son alimentados a la computadora, y el resultado es el siguiente :

----- Análisis de Regresión

Dato observado automov = 6.966
Dato observado construc = 46.000

Proyección en vidrio = 864.404

Dato observado automov = 7.322
Dato observado construc = 46.500

Proyección en vidrio = 904.545

Dato observado automov = 7.420
Dato observado construc = 46.250

Proyección en vidrio = 910.722

Dato observado automov = 7.365
Dato observado construc = 46.375

Proyección en vidrio = 907.063

Dato observado automov = 7.268
Dato observado construc = 46.312

Proyección en vidrio = 897.046

FIGURA 6.7

VII. EL PROGRAMA

7.1 Descripción.

Este programa está diseñado para facilitar el cálculo de proyecciones a futuro por medio de los métodos antes descritos. Otras de sus funciones incluyen el análisis de los datos, incluyendo autocorrelaciones y correlación entre dos grupos de datos, y el análisis de resultados del pronóstico.

El programa está escrito en el lenguaje C, el cual es un lenguaje de creciente popularidad, gracias a su gran versatilidad y rapidez de ejecución.

7.1.1 Introducción al C.

El lenguaje C fue creado por Dennis Ritchie, de los Laboratorios Bell en 1972, como herramienta para desarrollar el sistema operativo UNIX. Este lenguaje se deriva del lenguaje B, creado por Ken Thompson, el cual, junto con Ritchie, fue el creador de UNIX.

La meta principal del C es la de ser un lenguaje útil y versátil, probablemente sacrificando la facilidad de utilización, hacia la cual están orientados lenguajes como el BASIC y el PASCAL.

Entre otras ventajas del C tenemos la eficiencia y la portabilidad. Los programas escritos en C tienden a ser compactos y rápidos, y pueden ser trasladados de un sistema a otro con un mínimo de modificaciones.

Muchas de las más modernas aplicaciones han sido escritas en C, incluyendo compiladores para distintos lenguajes, sistemas operativos, procesadores de palabra, ensambladores, juegos y hasta secuencias animadas para efectos especiales en películas.

7.2 Organización del Programa.

El programa básicamente es un procesador de comandos. Es decir, no funciona a base de menús, sino que requiere instrucciones escritas, al igual que un sistema operativo. Una de sus funciones importantes es la de proveer ayuda al usuario para su utilización, por lo cual, no es necesario un manual de operaciones sumamente detallado.

7.2.1 Requerimientos.

Para la utilización del programa es necesario un sistema compatible con el sistema operativo MS-DOS, con un mínimo de 336kb de memoria, ya que se maneja un alto número de datos. El programa en sí sólo abarca 74kb de memoria, pero el resto es necesario para los datos, ya que se admiten hasta 10 archivos de 1000 datos residentes en memoria a la vez. Cada uno de estos datos es un valor no entero de doble precisión, el cuál abarca 8 bytes, por lo tanto, solamente para datos a procesar es necesario contar con una matriz de $8 \times 10 \times 1000$ bytes, esto sin contar el espacio necesario para las desviaciones, proyecciones, contadores y demás variables necesarias.

El objeto de tener todos los datos residentes en memoria es que los cálculos se efectúan con una mayor rapidez, a la vez que se elimina el excesivo desgaste a las cabezas lectoras de los discos.

7.2.1.1 Otras Alternativas.

En caso de no tener el sistema requerido por el programa, es posible adaptarlo a otro sistema, siempre y cuando se cuente con un compilador C para el nuevo sistema. Es posible que sean necesarios cambios mínimos, esto dependiendo del compilador a utilizar. El programa fue compilado con el Microsoft C Compiler versión 2.0 para MS-DOS, el cuál es compatible con el compilador Lattice.

Si se desea minimizar el espacio requerido para correr el programa, antes de compilarlo, se deberá cambiar el valor de la constante MAXFILES. Esta constante es el número de archivos permitidos por el programa a la vez, y su valor afecta a un gran número de vectores y matrices de datos. Se puede encontrar esta constante en la línea 4 de la página 1 del listado del programa de la siguiente forma:

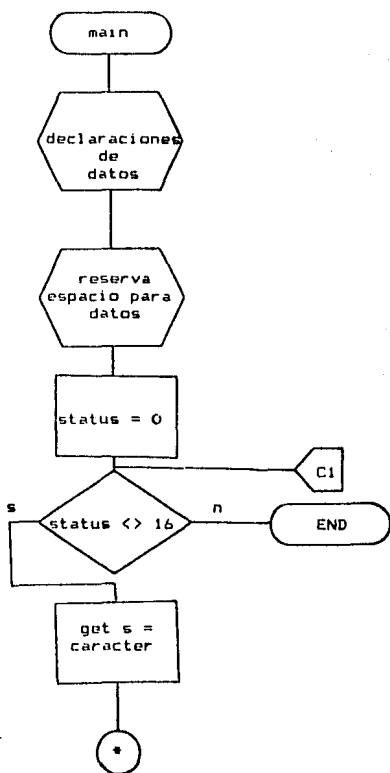
```
#define MAXFILES 10
```

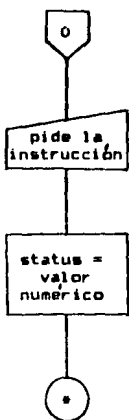
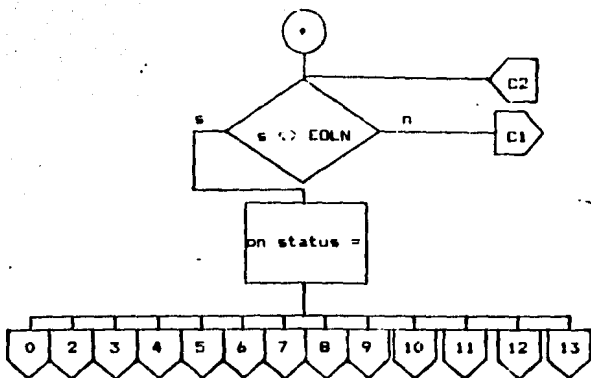
El valor 10 puede ser cambiado por uno menor, siempre y cuando sea mayor o igual a 2, ya que este es el mínimo valor requerido para utilizar el método de regresión. Este valor también puede ser aumentado de valor si se cuenta con un sistema de alta capacidad.

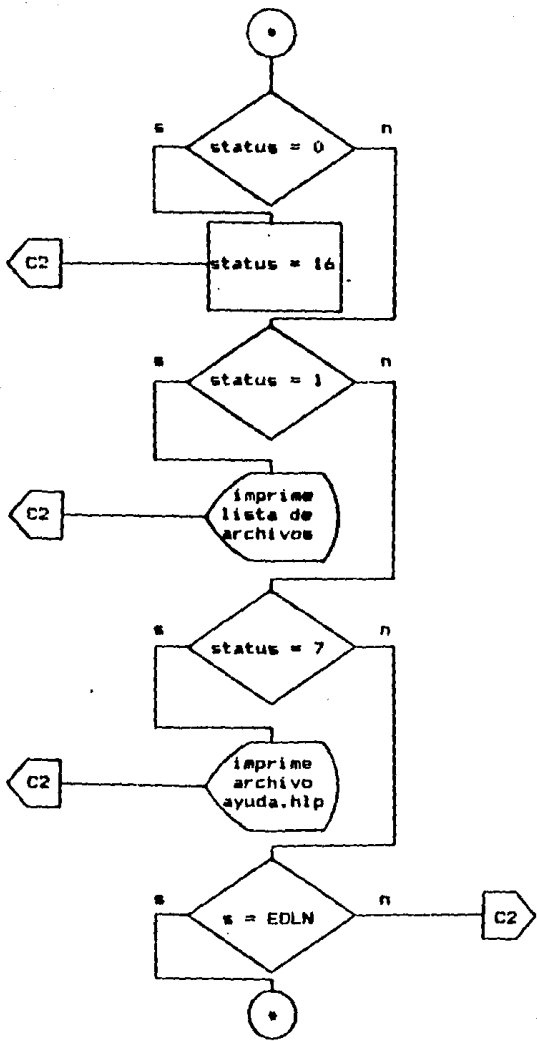
7.2.2 Estructura del Programa.

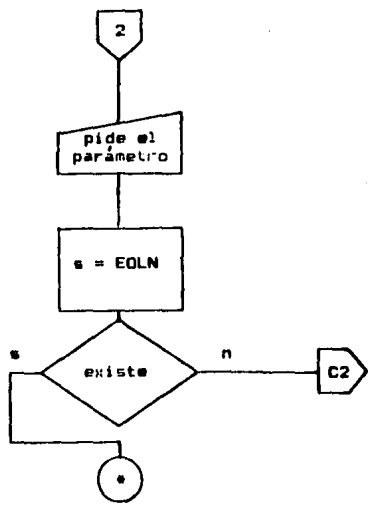
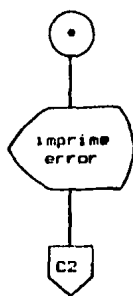
El programa es básicamente un procesador de comandos.

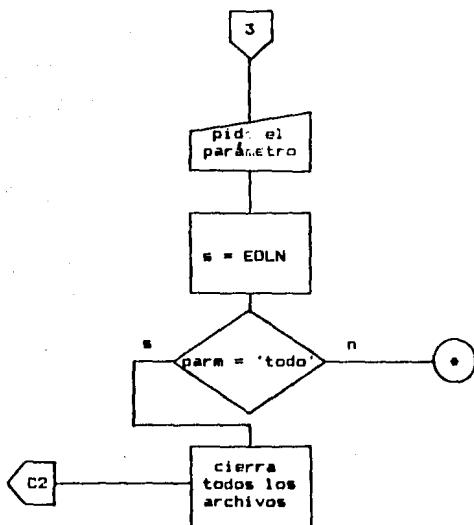
dos, como antes se explicó, y su estructura esta representada por el siguiente diagrama de flujo:

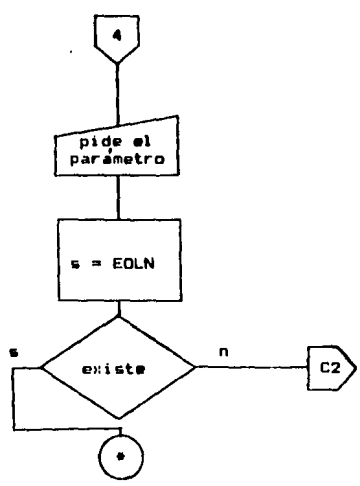
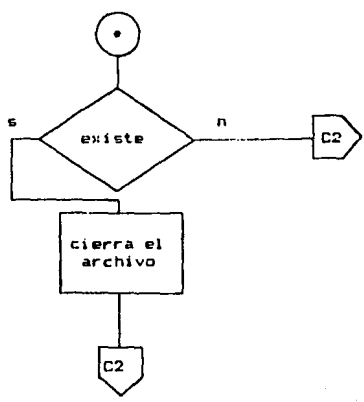


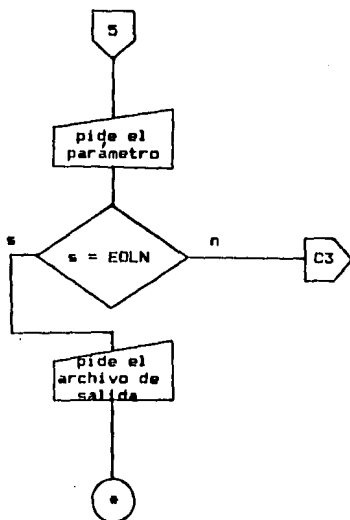


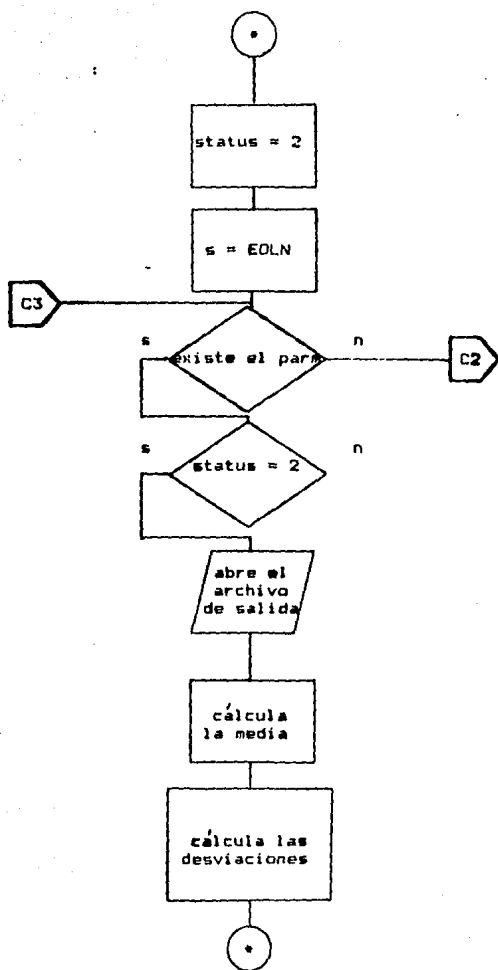


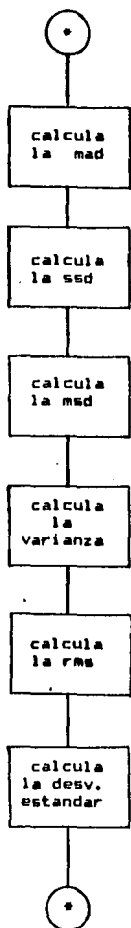


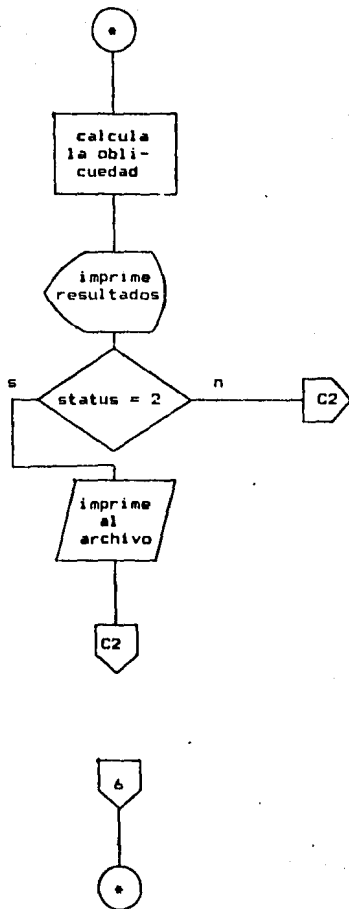


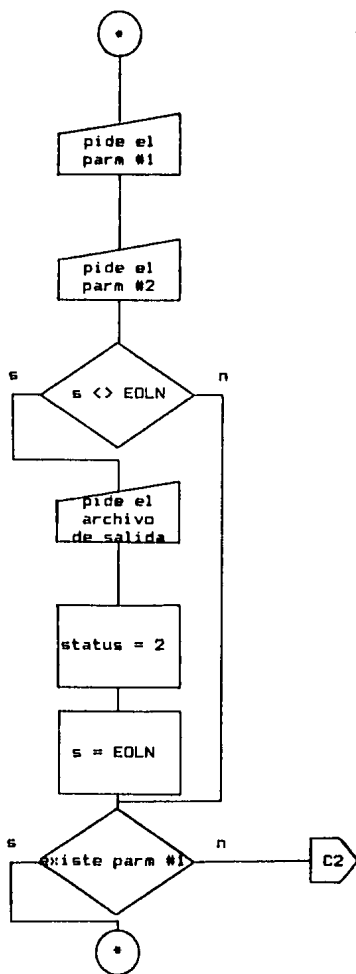


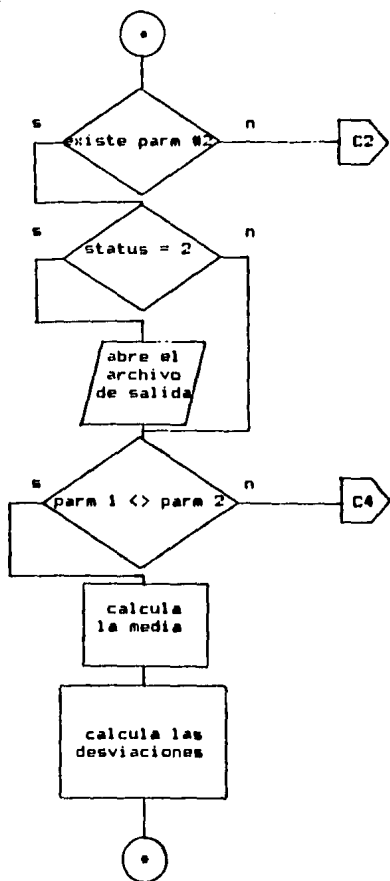


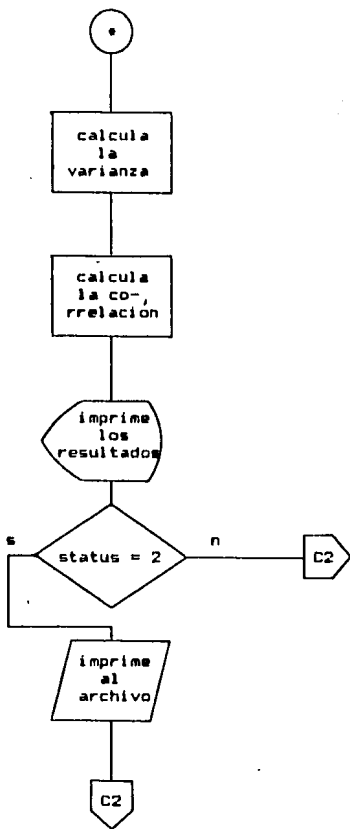


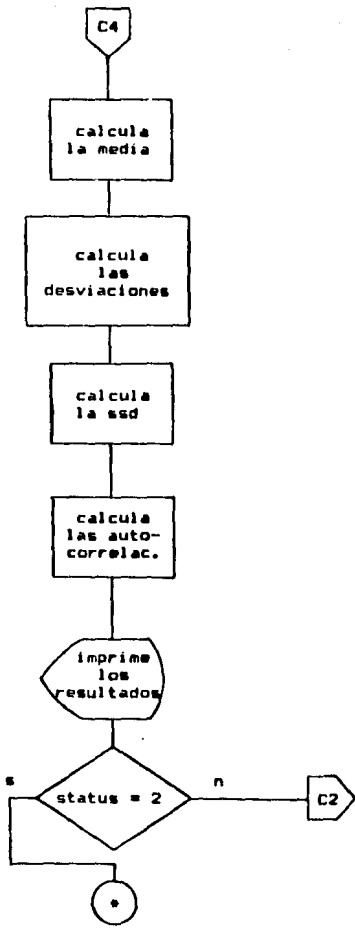


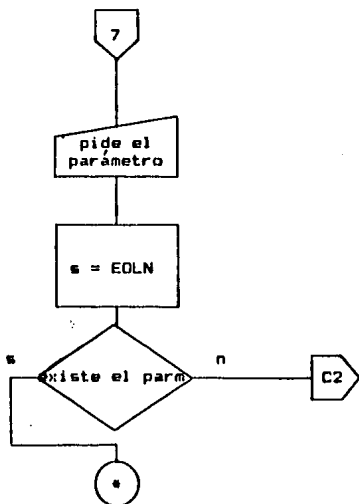


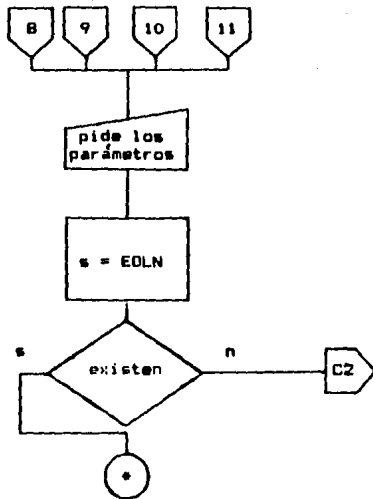


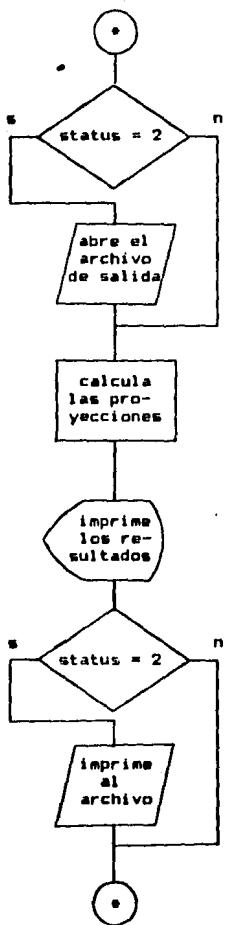


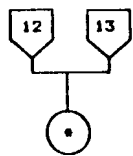
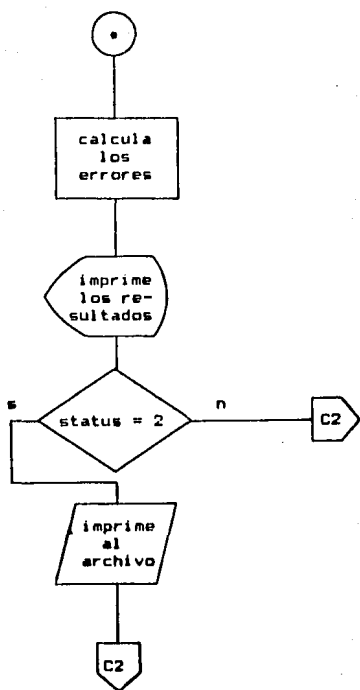


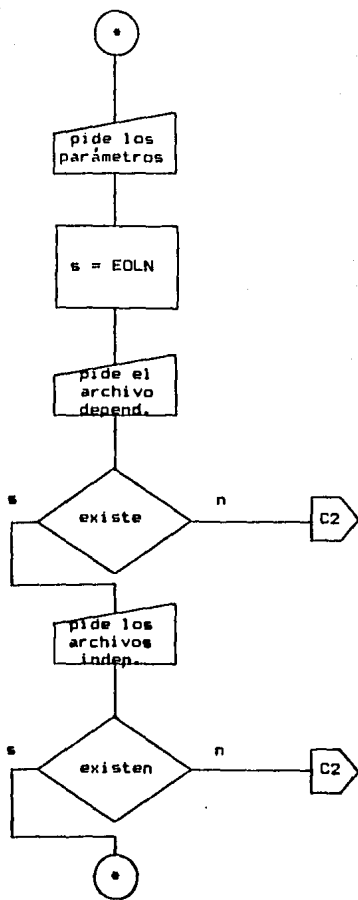




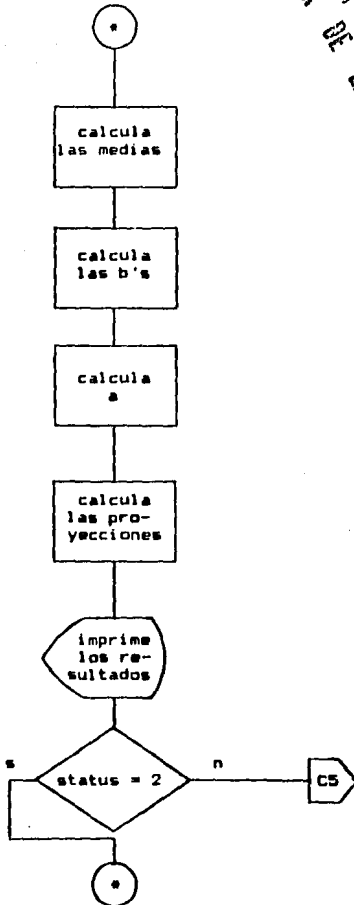


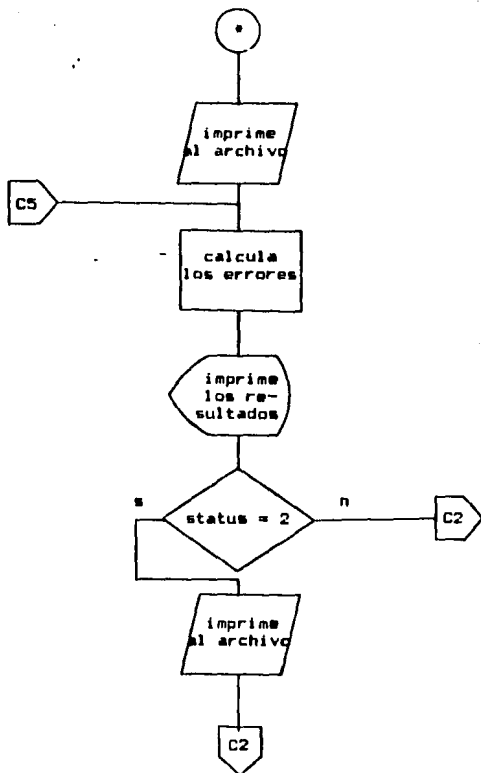






ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA





7.3 Manual de Operaciones.

7.3.1 Instalación.

Para instalar el programa, basta con introducir el disco en la lectora después de haber inicializado el sis-

tema. Una vez hecho esto, se llamará al programa escribiendo la palabra PRONOS, que es el nombre del archivo -- que contiene la versión ejecutable de este.

7.3.2 Comandos.

Una vez instalado en la memoria el programa, aparecerá en la pantalla el apuntador ">", el cual indica que es tiempo de escribir un comando. Los comandos aceptados por el programa son los siguientes:

- adios - Salida del programa.
- ayuda - Imprime en pantalla ayuda para el usuario.
- abre - Carga los datos de un archivo a la memoria.
- cierra - Borra los datos de un archivo de la memoria o borra todos los datos de la memoria.
- archivos - Lista los nombres de los archivos en memoria.
- lista - Lista en pantalla los datos de un archivo.
- analiza - analiza un grupo de datos.
- relaciona - Obtiene las relaciones entre dos grupos de -- datos o las relaciones entre los datos de un solo grupo.
- pms - Calcula las proyecciones para un grupo de datos por medio del método de promedios móviles simples, así como el análisis del método para los datos utilizados.
- pmd - Calcula las proyecciones para un grupo de datos por medio del método de promedios móviles dobles, así como el análisis del método para los datos utilizados.
- ses - Calcula las proyecciones para un grupo de datos por medio del método de suavización exponencial simple, así como el análisis del método para los datos utilizados.
- sed - Calcula las proyecciones para un grupo de datos por medio del método de suavización exponencial doble, así como el análisis del método para los datos utilizados.
- rs - Calcula las proyecciones para un grupo de datos por medio del método de regresión simple, así como el análisis del método para los datos utilizados.
- rm - Calcula las proyecciones para un grupo de datos por medio del método de regresión múltiple así como el análisis del método para los datos utilizados.

7.3.2.1 Salida del Programa.

Para salir del programa, basta con escribir el co--

mando adios delante del apuntador. Al salir del programa, todos los datos serán borrados de memoria.

7.3.2.2 Ayuda al Usuario.

Una de las funciones del programa es la de brindar ayuda al usuario. Para esto bastará con escribir el comando ayuda. Si se utiliza este comando sin más parámetros, aparecerá en la pantalla un listado de los comandos disponibles. Para pedir información sobre un comando en particular, es necesario escribir ayuda y el nombre del comando, de la siguiente forma:

```
*>ayuda <comando>
```

Esto dará como resultado una descripción del comando indicando cuáles son los parámetros obligatorios y opcionales. Los parámetros obligatorios son de la forma:

```
<parámetro>
```

y los parámetros opcionales de la siguiente:

```
[parámetro].
```

7.3.2.3 Acceso a los Archivos de Datos.

Para poder procesar los datos de algún archivo, es necesario antes guardar los datos de este en la memoria. Para este fin se utiliza el comando abre y su formato es el siguiente:

```
*>abre <archivo>
```

donde <archivo> debe ser un archivo ya existente en el disco y con datos solamente numéricos. Este archivo debe ser creado antes de utilizar este programa, ya sea por medio de un editor o de un programa administrativo.

Aunque los datos a partir de este paso ya no sean accesados directamente del disco, se seguirán utilizando como si así fuera, usando el mismo nombre del archivo.

El archivo deberá de tener un máximo de 1000 datos numéricos y no se podrán abrir más de 10 archivos a la vez. En caso de ya tener 10 archivos abiertos y necesitar algún otro, se deberá cerrar uno o más archivos ya abiertos, es decir, borrarlos de la memoria. Para esto se utiliza el comando cierra, cuyo formato es el siguiente:

e>cierra <archivo>

donde <archivo> debe ser un archivo previamente abierto.

Otra forma de este comando es la siguiente:

e>cierra todo

en la cuál todos los archivos abiertos son eliminados de la memoria.

No es necesario cerrar todos los archivos antes de salir del programa, ya que estos son cerrados automáticamente.

Para obtener un listado de los archivos abiertos, se utiliza el comando **archivos**:

e>archivos

el cuál no tiene parámetros.

El comando **lista** imprime en la pantalla un listado de los datos de un archivo previamente abierto:

e>lista <archivo>

7.3.2.4 Análisis de los Datos.

Para obtener un análisis estadístico para un grupo de datos, se utiliza el comando **analiza** de la forma:

e>analiza <archivo> [salida]

donde <archivo> debe ser un archivo previamente abierto - por medio del comando **abre** y [salida] es un parámetro opcional y debe ser un nombre de un archivo que no exista - en el disco.

El comando **analiza** calcula para los datos dados la media, la desviación media absoluta, la suma de desviaciones cuadradas, la desviación media cuadrada, la varianza, la raíz media cuadrada, la desviación estandar y la oblicuedad. Una vez hechos los cálculos, los resultados son escritos en la pantalla y en el archivo de salida si este fue especificado. El objeto de especificar un archivo de salida es el poder obtener copias impresas de los resultados imprimiendo este archivo.

7.3.2.5 Relaciones entre Grupos de Datos.

Para obtener las relaciones entre dos grupos de datos se utiliza el comando relaciona:

```
*relaciona <archivo1> <archivo2> [salida]
```

donde <archivo1> y <archivo2> deben ser dos archivos previamente abiertos por medio del comando abre y [salida] es un parámetro opcional y debe ser un nombre de un archivo que no exista en el disco.

De ser necesario obtener las autocorrelaciones para un solo grupo de datos, se deberá escribir dos veces el nombre de el archivo, de tal manera que se busque la relación de un grupo de datos consigo mismo:

```
*relaciona <archivo> <archivo> [salida]
```

donde los dos archivos son el mismo. Esto generara la gráfica de autocorrelaciones para el grupo de datos, la cual será impresa en la pantalla y en el archivo de salida si su nombre fuese especificado.

En el caso en que los grupos de datos sean diferentes, el programa calculará la media y la varianza para cada grupo y la correlación entre estos, y los resultados serán impresos en la pantalla y en el archivo de salida en caso de haber sido solicitado.

7.3.2.6 Análisis de Series de Tiempo.

Los métodos de Análisis de Series de Tiempo que son utilizables en este programa son los siguientes:

- Promedios Movibles Simples.
- Promedios Movibles Dobles.
- Suavización Exponencial Simple.
- Suavización Exponencial Doble.

7.3.2.6.1 Promedios Movibles.

Para efectuar un pronóstico, es necesario haber abierto anteriormente el archivo de datos del cual se desea efectuar este. El método de promedios movibles tiene dos variaciones, promedios movibles simples y promedios movibles dobles. Estos dos métodos efectúan pronósticos para solo una serie de tiempo, es decir, para un solo archivo de datos a la vez.

El comando para utilizar el método de promedios movibles simples es el siguiente:

*>pmc <archivo> <N> <P> [salida]

y el comando para promedios móviles dobles es:

*>pmd <archivo> <N> <P> [salida]

donde:

- <archivo> es el archivo que contiene los datos a ser -- procesados.
- <N> es el número de datos a utilizar para efectuar el -- promedio móvil como ha sido explicado anteriormente.
- <P> es el número de proyecciones deseadas a partir del -- período actual.
- [salida] es el nombre del archivo opcional de salida.

7.3.2.6.2 Suavización Exponencial.

El método de suavización exponencial tiene dos va-
riaciones, suavización exponencial simple y suavización -
exponencial doble. Estos dos métodos efectúan pronósticos
para solo una serie de tiempo, es decir, para un solo ar-
chivo de datos a la vez.

El comando para utilizar el método de suavización -
exponencial simple es el siguiente:

*>ses <archivo> <N> [salida]

y el comando para suavización exponencial doble es:

*>sed <archivo> <N> <P> [salida]

donde:

- <archivo> es el archivo que contiene los datos a ser -- procesados.
- <N> es el factor de ajuste del método expresado en nú-- mero de períodos de tiempo, siendo $a = 1/N$, como ya ha sido explicado.
- <P> es el número de proyecciones deseadas a partir del -- período actual.
- [salida] es el nombre del archivo opcional de salida.

El método de suavización exponencial simple no tie-
ne el parámetro <P> ya que este método solo efectúa una -
proyección, es decir, solo pronostica para un período de
tiempo a partir del actual.

7.3.2.7 Análisis de Regresión.

Los métodos de Análisis de Regresión que son utilizables en este programa son los siguientes:

- Regresión Simple.
- Regresión Múltiple.

7.3.2.7.1 Regresión Simple.

El método de regresión simple utiliza dos archivos de datos que deben haber sido abiertos previamente. Uno de estos es el archivo dependiente, al cual se le efectuará el pronóstico y el otro es el archivo independiente, cuyos datos serán utilizados para efectuar las proyecciones.

El comando para utilizar el método de regresión simple es el siguiente:

```
*>rs <P> [salida]
```

donde:

- <P> es el número de proyecciones deseadas.
- [salida] es el nombre del archivo opcional de salida.

Una vez escrito el comando, el programa solicitará los archivos, primero el dependiente y después el independiente:

```
AD<archivo dependiente>  
AI1<archivo independiente>
```

Al obtener estos datos, el programa efectuará los cálculos necesarios y después solicitará los datos para el número de proyecciones especificado:

```
<AI1><dato independiente>
```

Esto generará el pronóstico para el patrón dependiente en base al patrón independiente.

7.3.2.7.2 Regresión Múltiple.

El método de regresión múltiple utiliza dos o más archivos de datos que deben haber sido abiertos previamente. Uno de estos es el archivo dependiente, al cual se le efectuará el pronóstico y los otros son los archivos independientes, cuyos datos serán utilizados para efectuar las proyecciones.

El comando para utilizar el método de regresión múltiple es el siguiente:

```
*>rm <N> <P> [salida]
```

donde:

- <N> es el número de archivos independientes a utilizar.
- <P> es el número de proyecciones deseadas.
- [salida] es el nombre del archivo opcional de salida.

Una vez escrito el comando, el programa solicitará los archivos, primero el dependiente y después los independientes:

```
AD><archivo dependiente>
AI1><archivo independiente 1>
AI2><archivo independiente 2>
.
.
AIN><archivo independiente N>
```

Al obtener estos datos, el programa efectuará los cálculos necesarios y después solicitará los datos para el número de proyecciones especificado:

```
<AI1>><dato independiente 1>
<AI2>><dato independiente 2>
.
.
<AIN>><dato independiente N>
```

Esto generará el pronóstico para el patrón dependiente en base a los patrones independientes.

Nótese que utilizando este método con un valor de $N = 1$, se obtendrá el mismo resultado que utilizando el método de regresión simple.

7.3.2.8 Análisis de Resultados.

Al efectuar cualquier proyección, se entregará un análisis de resultados impreso en la pantalla y en el archivo de salida, en caso de haber sido este solicitado. Este análisis comprenderá el error medio, el error medio absoluto, la suma de errores cuadrados, el error medio cuadrado, la desviación estandar de errores, el error porcentual medio, el error porcentual medio absoluto y la estadística U.

7.3.3 Mensajes de Errores.

El programa esta protegido en contra de errores del usuario. Una vez detectado un error, aparecerá un mensaje indicando la indole de este. Cada mensaje identifica al error con un valor numérico. A continuación esta la lista de posibles errores:

- 01 La instrucción que se ha solicitado no existe o ha sido escrita incorrectamente.
- 02 No se ha escrito un valor numérico válido. Puede ocurrir si se escribe algún carácter no numérico en donde sea requerido un valor numérico, o si se escribe un valor con decimales donde sea requerido un valor entero. El único campo donde se admitirá un valor con decimales es donde se solicitan datos para proyecciones en los métodos de análisis de regresión, sin embargo, es posible que en otros campos los decimales sean sencillamente descartados en caso de ser incluidos.
- 11 Se ha tratado de abrir un archivo que ya estaba abierto por medio del comando abre.
- 12 Se ha tratado de utilizar un archivo que no ha sido previamente abierto por medio del comando abre.
- 13 Al utilizar el comando archivos no se contaba con ningún archivo abierto.
- 14 Al tratar de abrir un archivo por medio del comando abre, este no existía en el disco utilizado.
- 15 Se ha tratado de abrir un archivo cuando ya se tienen 10 archivos abiertos a la vez.
- 16 El archivo que se ha tratado de abrir contiene más de 1000 datos numéricos o contiene datos invalidos, o sea, no numéricos.
- 17 Se ha tratado de utilizar como archivo de salida un archivo previamente inicializado.
- 21 Al tratar de reservar espacio para los datos, el programa no ha encontrado la cantidad de memoria suficiente.

VIII. EJEMPLO PRACTICO.

El siguiente es un ejemplo práctico para demostrar la aplicación de los métodos antes explicados, en el cual se utilizarán datos reales suministrados por una empresa manufacturera de productos textiles. Se cuenta con ocho períodos anuales de información, a partir de 1976 hasta 1983, divididos trimestralmente.

B.1 Descripción del Problema.

La empresa AYR, manufacturera de productos textiles, ha ido recopilando información referente a las ventas, producción, y devoluciones de uno de sus productos. Las unidades en las cuales se maneja este producto son metros, ya que es un producto textil.

El departamento de producción ha decidido desarrollar un procedimiento para la planeación de la producción con un plazo de 12 trimestres, así que se han efectuado observaciones y se ha llegado a la conclusión de que la producción depende en gran parte de las ventas, así como de las devoluciones, ya que estas últimas, al ser recibidas, deben ser producidas de nuevo para surtir al cliente con la mayor brevedad posible.

B.2 Planteamiento.

Como ya se ha dicho, se cuenta con ocho años de información trimestral sobre las ventas, devoluciones y producción del producto. Con esta información ya es posible diseñar un modelo para el método de regresión múltiple, sin embargo, para efectuar la proyección, son necesarios valores futuros de las variables independientes.

Llamese a la ventas y las devoluciones X_1 y X_2 respectivamente, y a la producción Y . Las dos primeras son las variables independientes, y la producción es la variable dependiente.

Para determinar que método será el más exacto para calcular los valores futuros de cada una de las variables independientes, se probará con cada una de las técnicas, y se obtendrá el análisis de resultados. La figura B.1 muestra el análisis de los datos de ventas y la figura B.2 es la gráfica de estos.

Nótese que la oblicuidad es cercana a cero, lo cual indica que existe simetría entre los datos, sin embargo,

ANALISIS DE DATOS
(ventas)

Media	:	1312.718
Desviación Media Absoluta	:	283.403
Suma de Desviaciones Cuadradas	:	3905082.533
Desviación Media Cuadrada	:	122033.829
Varianza	:	125970.404
Raíz Media Cuadrada	:	349.333
Desviación estandar	:	354.923
Oblicuedad	:	0.031

FIGURA B.1

también se puede observar una gran desviación, lo cual -- dificultará la suavización. Esto es visible en la gráfica de la figura B.2.

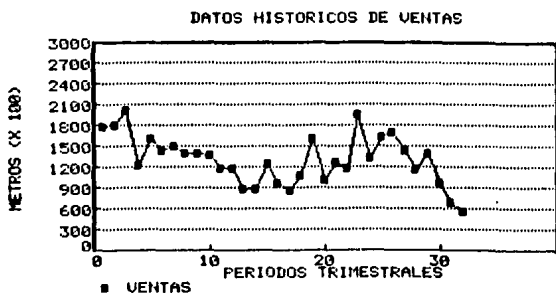


FIGURA B.2

En cuanto a las autocorrelaciones, es posible observar que el patrón de datos tiene una considerable aleatoriedad, ya que los valores son cercanos a cero. El retraso de 1 periodo mantiene el valor más alejado de cero. La figura B.3 es la gráfica de autocorrelaciones para

riedad que existe en este patrón de datos.

ANÁLISIS DE DATOS
(devol)

Media	:	17.281
Desviación Media Absoluta	:	10.521
Suma de Desviaciones Cuadradas	:	5692.469
Desviación Media Cuadrada	:	177.890
Varianza	:	183.628
Raíz Media Cuadrada	:	13.338
Desviación estandar	:	13.551
Oblicuedad	:	1.196

FIGURA 8.4

DATOS HISTÓRICOS DE DEVOLUCIONES

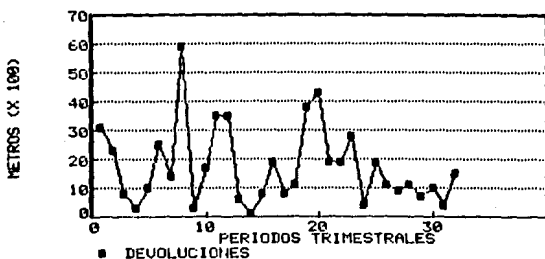


FIGURA 8.5

Como se puede notar en la figura 8.6, la gráfica de autocorrelaciones muestra la aleatoriedad existente en el patrón de datos, ya que las autocorrelaciones son casi -- todas muy cercanas a cero.

**ANALISIS DE DATOS
(produc)**

Media	:	1445.492
Desviación Media Absoluta	:	491.407
Suma de Desviaciones Cuadradas	:	12065787.694
Desviación Media Cuadrada	:	377055.865
Varianza	:	389218.958
Raíz Media Cuadrada	:	614.049
Desviación estandar	:	623.874
Oblicuedad	:	0.517

FIGURA 8.7

Como en los casos anteriores, la gráfica de autocorrelaciones en la figura 8.9 muestra la gran aleatoriedad existente en el patron de datos. Esto se identifica ya que los valores son muy cercanos a cero.

DATOS HISTORICOS DE PRODUCCION

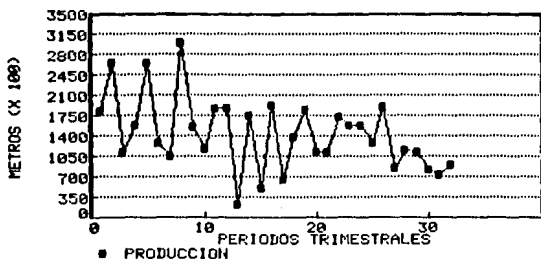


FIGURA 8.8

El tipo de datos con los que se cuenta para este ejemplo son patrones poco uniformes y por lo tanto no se recomendará efectuar proyecciones a plazo largo. Sin embargo, aun hace falta analizar la relación entre los datos de producción y los de ventas, así como ente los da--

Correlación entre produc y ventas		
Media de produc	:	1445.492
Media de ventas	:	1312.718
Varianza de produc	:	389218.958
Varianza de ventas	:	125970.404
Correlación	:	0.423

FIGURA 8.10

La figura 8.11 muestra que la correlación entre los datos de producción y los de devoluciones es ligeramente mayor a la de producción y ventas, pero es igualmente positiva.

Correlación entre produc y devol		
Media de produc	:	1445.492
Media de devol	:	17.281
Varianza de produc	:	389218.958
Varianza de devol	:	183.628
Correlación	:	0.502

FIGURA 8.11

Una vez obtenidos los datos anteriores, es posible determinar que el método más indicado para efectuar el pronóstico para la producción es el de regresión, ya que las autocorrelaciones y la oblicuidad de los tres patrones de datos muestran que existe una gran aleatoriedad entre estos, sin embargo, se ha comprobado que existe una relación entre las variables independientes y la variable dependiente.

Para utilizar el método de regresión, será necesario obtener proyecciones de las variables independientes para los periodos a pronosticar, que en este caso serán cuatro a partir del actual.

La utilización de las dos variables independientes dependerá de la exactitud lograda en las proyecciones de

estas, para lo cual se evaluarán varias técnicas de pronóstico y se escogerá la mejor, si esta es lo suficientemente confiable.

B.3 Preparación de Datos.

A continuación se tratarán de obtener las proyecciones para las variables independientes. Se utilizarán varios métodos y sus resultados serán evaluados hasta encontrar el mejor.

B.3.1 Archivo de Ventas.

El primer método a utilizar será el de promedios -- móviles simples.

Después de hacer varias pruebas, se han seleccionado los valores de $N = 2$ y 4 . La figura B.12 es el análisis de resultados para las proyecciones de ventas para un valor de $N = 2$ utilizando el método de promedios móviles simples.

Resultados :		
Error Medio	:	-59.768
Error Medio Absoluto	:	226.951
Suma de Errores Cuadrados	:	2720024.516
Error Medio Cuadrado	:	90667.484
Desviación Estandar de Errores	:	306.258
Error Porcentual Medio	:	-9.337
Error Porcentual Medio Absoluto:		19.813
Estadística U	:	0.953

FIGURA B.12

Estos resultados son para los datos y proyecciones de la tabla en la figura B.13. Nótese que el error porcentual medio absoluto es menor al 20%, lo cual es aceptable. La estadística U es ligeramente menor a 1, lo cual indica que el método utilizado es ligeramente mejor que el método ingenuo, para el cual, el valor del pronóstico

Promedios Movibles Simples, N = 2, Archivo 'ventas'

Período	Datos	Proyecciones
1	1783.000	
2	1819.040	
3	2034.880	1801.020
4	1242.000	1926.960
5	1627.900	1638.440
6	1456.500	1434.950
7	1503.900	1542.200
8	1405.000	1480.200
9	1394.000	1454.450
10	1383.000	1399.500
11	1185.000	1388.500
12	1194.800	1284.000
13	891.000	1189.900
14	894.000	1042.900
15	1250.000	892.500
16	966.000	1072.000
17	868.670	1108.000
18	1085.580	917.335
19	1625.710	977.125
20	1024.000	1355.645
21	1268.000	1324.855
22	1188.000	1146.000
23	1954.000	1228.000
24	1342.000	1571.000
25	1649.000	1648.000
26	1701.000	1495.500
27	1447.000	1675.000
28	1170.000	1574.000
29	1412.000	1308.500
30	974.000	1291.000
31	701.000	1193.000
32	567.000	837.500
33	---	634.000
34	---	600.500
35	---	617.250
36	---	608.875

FIGURA 8.13

para el período siguiente es igual al valor del dato observado para el período actual.

La figura 8.14 muestra la tabla de proyecciones para un valor de N = 4, cuyos resultados son mostrados en la figura 8.15.

Fromedios Movibles Simples, N = 4, Archivo 'ventas'

Período	Datos	Proyecciones
1	1783.000	
2	1819.040	
3	2034.880	
4	1242.000	
5	1627.900	1719.730
6	1456.500	1680.955
7	1503.900	1590.320
8	1405.000	1457.575
9	1394.000	1498.325
10	1383.000	1439.850
11	1185.000	1421.475
12	1194.800	1341.750
13	891.000	1289.200
14	894.000	1163.450
15	1250.000	1041.200
16	966.000	1057.450
17	868.670	1000.250
18	1085.580	994.668
19	1625.710	1042.562
20	1024.000	1136.490
21	1268.000	1150.990
22	1188.000	1250.822
23	1954.000	1276.428
24	1342.000	1358.500
25	1649.000	1438.000
26	1701.000	1533.250
27	1447.000	1661.500
28	1170.000	1534.750
29	1412.000	1491.750
30	974.000	1432.500
31	701.000	1250.750
32	567.000	1064.250
33	--	913.500
34	--	788.875
35	--	742.594
36	--	752.992

FIGURA 8.14

Nótese en la figura 8.15 que el error porcentual -- medio es ligeramente mayor al 20% y la oblicuidad es mayor a 1, aunque el error medio absoluto es ligeramente -- menor al obtenido con el valor de N = 2.

Resultados :

Error Medio	:	-78.239
Error Medio Absoluto	:	225.109
Suma de Errores Cuadrados	:	2316889.732
Error Medio Cuadrado	:	82746.062
Desviación Estandar de Errores	:	292.935
Error Porcentual Medio	:	-11.738
Error Porcentual Medio Absoluto	:	20.846
Estadística U	:	1.198

FIGURA 8.15

La figura 8.16 muestra el patrón de datos de ventas y los obtenidos por el método de promedios móviles simples con los valores de N de 2, 3 y 4.

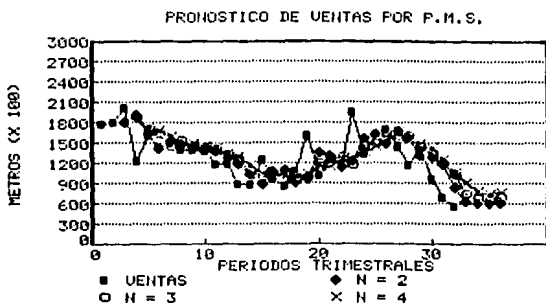


FIGURA 8.16

Es posible concluir de acuerdo con los datos obtenidos que el mejor valor de N para el método anterior es el de 2, sin embargo, es probable que algún otro método entregue mejores resultados, así que a continuación se probará el método de promedios móviles dobles. Se utili-

zarán valores de $N = 3$ y 4 , habiendo sido estos escogido después de varias pruebas.

La figura 8.17 es el análisis de resultados para las proyecciones de ventas para un valor de $N = 3$ utilizando el método de promedios móviles dobles.

Resultados :

Error Medio	:	-52.178
Error Medio Absoluto	:	454.992
Suma de Errores Cuadrados	:	6827754.660
Error Medio Cuadrado	:	284489.778
Desviación Estandar de Errores	:	544.848
Error Porcentual Medio	:	-9.882
Error Porcentual Medio Absoluto:		40.568
Estadística U	:	2.832

FIGURA 8.17

Estos resultados son para los datos y proyecciones de la tabla en la figura 8.18. Nótese que el error porcentual medio absoluto es mayor al 40%, lo cual no es muy aceptable. La estadística U es casi igual a 3, lo cual indica que el método utilizado no es mejor que el método ingenuo.

Nótese en la proyección para el período 36 de la figura 8.18 que el valor pronosticado es negativo. Esto eliminaría definitivamente la utilización de este método con el valor de $N = 3$, ya que en la vida real no es posible obtener un valor de unidades de ventas negativo, aunque este podría significar que no habrá ventas en ese período, pero a causa del análisis de resultados obtenido, se ha concluido que este modelo no es muy confiable.

La figura 8.20 es el análisis de resultados para la proyección de ventas con el método de promedios móviles dobles y un valor de $N = 4$. Nótese que el error porcentual medio es ligeramente menor al 40%, pero aun es muy elevado. La estadística U es todavía muy cercana a 3, lo cual no es aceptable tampoco.

Promedios Movibles Dobles, N = 3, Archivo 'ventas'

Período	Datos	Proyecciones
1	1783.000	
2	1819.040	
3	2034.880	
4	1242.000	
5	1627.900	
6	1456.500	
7	1503.900	
8	1405.000	
9	1394.000	1121.993
10	1383.000	693.300
11	1185.000	1499.111
12	1194.800	1352.967
13	891.000	1241.022
14	894.000	1224.944
15	1250.000	1009.056
16	966.000	910.711
17	868.670	432.933
18	1085.580	396.600
19	1625.710	911.333
20	1024.000	1150.667
21	1268.000	1041.746
22	1188.000	776.656
23	1954.000	1834.987
24	1342.000	1784.191
25	1649.000	1594.887
26	1701.000	775.000
27	1447.000	2260.161
28	1170.000	2093.556
29	1412.000	2201.667
30	974.000	1539.000
31	701.000	1575.111
32	567.000	965.444
33	--	755.778
34	--	499.222
35	--	245.111
36	--	-452.111

FIGURA 8.18

La tabla en la figura 8.19 muestra los resultados de las proyecciones efectuadas. Nótese que el valor de la proyección para el período 36 es también negativo, aunque mayor al proyectado con el valor de N = 3.

Aunque el análisis de resultados y los resultados en sí indican que el valor de N = 4 es ligeramente mejor que el de 3, este modelo sigue siendo considerado poco --

confiable.

Fromedios Movibles Dobles, N = 4, Archivo 'ventas'

Período	Datos	Proyecciones
1	1783.000	
2	1819.040	
3	2034.880	
4	1242.000	
5	1627.900	
6	1456.500	
7	1503.900	
8	1405.000	
9	1394.000	
10	1383.000	
11	1185.000	890.818
12	1194.800	1283.940
13	891.000	1232.069
14	894.000	1301.094
15	1250.000	1035.217
16	966.000	981.681
17	868.670	648.215
18	1085.580	426.300
19	1625.710	762.742
20	1024.000	760.679
21	1268.000	889.345
22	1188.000	1111.606
23	1954.000	1477.481
24	1342.000	1406.969
25	1649.000	1638.045
26	1701.000	1543.159
27	1447.000	1722.655
28	1170.000	1830.562
29	1412.000	2016.171
30	974.000	2261.687
31	701.000	1508.625
32	567.000	1258.687
33	--	1074.542
34	--	602.896
35	--	163.854
36	--	-9.583

FIGURA 8.19

La gráfica en la figura 8.21 muestra los datos de -
ventas y las proyecciones obtenidas por medio de método -
de promedios movibles dobles con los valores de N = 2, 3
y 4.

Resultados :

Error Medio:	:	-74.090
Error Medio Absoluto	:	402.759
Suma de Errores Cuadrados	:	5791943.464
Error Medio Cuadrado	:	263270.157
Desviación Estandar de Errores	:	525.173
Error Porcentual Medio	:	-13.996
Error Porcentual Medio Absoluto:		39.226
Estadística U	:	2.956

FIGURA B.20

Después del análisis efectuado es posible concluir que el método de promedios móviles dobles no es el indicado para obtener las proyecciones para el patrón de da--

PRONOSTICO DE VENTAS POR P.M.D.

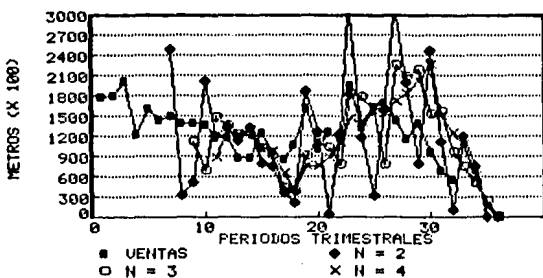


FIGURA B.21

tos de ventas, ya que este no responde rápidamente a los múltiples cambios en el patrón. El método de promedios -- móviles simples ha mostrado ser mucho más confiable para este caso en particular.

El siguiente y último método a ser probado será el de suavización exponencial doble. Se utilizarán valores de N de 13 y 14, siendo $a = 1/N$.

La figura 8.22 muestra el análisis de resultados -- para el valor de N = 13.

Resultados :		
Error Medio	:	-107.103
Error Medio Absoluto	:	380.536
Suma de Errores Cuadrados	:	5070692.767
Error Medio Cuadrado	:	187803.436
Desviación Estandar de Errores	:	441.618
Error Porcentual Medio	:	-17.293
Error Porcentual Medio Absoluto:		34.414
Estadística U	:	2.499

FIGURA 8.22

Nótese que el error porcentual medio absoluto es -- mayor al 34%, el cual es un valor bastante elevado. El -- valor de la estadística U también es elevado, lo cual indica que el método ingenuo sería más exacto.

La figura 8.23 es la tabla de los resultados entregados por este método con el valor de N = 13. Es posible notar a simple vista la uniformidad entre estos, lo cual indica que la suavización es elevada. Además los valores pronosticados para los períodos 33 al 36 son muy elevados, pero van en declive, lo cual muestra la lentitud del método para identificar la tendencia descendente que existe en los valores observados a partir del período 30.

En el análisis de resultados para el método de suavización exponencial doble con el valor de N = 14, mostrado en la figura 8.25, se observa que los resultados -- son casi idénticos a los logrados anteriormente. El error porcentual medio absoluto es ligeramente mayor y el valor de la estadística U es ligeramente menor.

La tabla, en la figura 8.24 muestra los resultados -- de la proyección lograda por el método de suavización ex-

Suavización Exponencial Doble, $N = 13$, Archivo 'ventas'

Periodo	Datos	Proyecciones
1	1783.000	
2	1819.040	
3	2034.880	
4	1242.000	
5	1627.900	
6	1456.500	1789.184
7	1503.900	1831.668
8	1405.000	1733.014
9	1394.000	1712.267
10	1383.000	1664.678
11	1185.000	1631.031
12	1194.800	1584.638
13	891.000	1542.158
14	894.000	1503.197
15	1250.000	1435.312
16	966.000	1377.670
17	868.670	1275.341
18	1085.580	1186.391
19	1625.710	1169.957
20	1024.000	1107.694
21	1268.000	1037.102
22	1188.000	1013.177
23	1954.000	1085.904
24	1342.000	1047.815
25	1649.000	1057.090
26	1701.000	1052.513
27	1447.000	1180.858
28	1170.000	1189.774
29	1412.000	1250.953
30	974.000	1314.360
31	701.000	1327.089
32	567.000	1291.112
33	--	1301.267
34	--	1235.416
35	--	1130.913
36	--	1016.331

FIGURA B.23

ponencial doble con un valor de N de 14. Es posible observar que la suavización es aun mayor para este modelo, ya que los valores pronosticados son mayores que los obtenidos utilizando el valor de $N = 13$. También se puede notar que la identificación de la tendencia descendente del patrón de datos observados a partir del período 30 es bastante lenta.

Suavización Exponencial Doble, N = 14, Archivo 'ventas'

Período	Datos	Proyecciones
1	1783.000	
2	1819.040	
3	2034.880	
4	1242.000	
5	1627.900	
6	1456.500	1788.700
7	1503.900	1827.908
8	1405.000	1737.366
9	1394.000	1717.805
10	1383.000	1673.370
11	1185.000	1641.447
12	1194.800	1597.577
13	891.000	1557.029
14	894.000	1519.494
15	1250.000	1455.118
16	966.000	1399.781
17	868.670	1302.972
18	1085.580	1217.871
19	1625.710	1199.147
20	1024.000	1138.343
21	1268.000	1069.642
22	1188.000	1043.687
23	1954.000	1106.949
24	1342.000	1068.976
25	1649.000	1074.595
26	1701.000	1067.774
27	1447.000	1183.660
28	1170.000	1190.716
29	1412.000	1246.128
30	974.000	1304.186
31	701.000	1316.098
32	567.000	1283.226
33	--	1292.579
34	--	1231.978
35	--	1135.231
36	--	1028.401

FIGURA 8.24

La figura 8.26 es la gráfica de las proyecciones -- obtenidas para los datos de ventas con valores de N = 12, 13 y 14. Nótese que existe una gran suavización, la cuál no es muy indicada para un patrón de tantas variaciones -- como lo es el de ventas.

De acuerdo con los resultados obtenidos es posible concluir que este método no es muy aceptable para efec---

Resultados :

Error Medio:	:	-119.607
Error Medio Absoluto	:	380.804
Suma de Errores Cuadrados	:	5032531.936
Error Medio Cuadrado	:	186390.072
Desviación Estandar de Errores	:	439.953
Error Porcentual Medio	:	-18.291
Error Porcentual Medio Absoluto:	:	34.567
Estadística U	:	2.491

FIGURA 8.25

tuar el pronóstico de ventas.

De los métodos utilizados, el más confiable ha sido

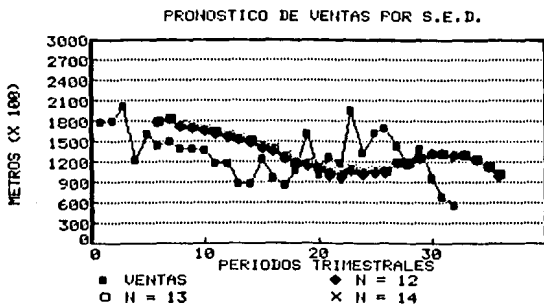


FIGURA 8.26

el de promedios móviles simples con un valor de $N = 2$, - así que las proyecciones para los períodos 33 al 36 obtenidas por medio de este modelo serán las que se utilizarán para efectuar el pronóstico de producción.

B.3.2 Archivo de Devoluciones.

A continuación se encontrará el mejor modelo para obtener las proyecciones de devoluciones. El primer método a utilizar será el de promedios móviles simples. Se han escogido valores de $N = 2$ y 4 .

Promedios Móviles Simples, $N = 2$, Archivo 'devol'

Período	Datos	Proyecciones
1	31.000	
2	23.000	
3	8.000	27.000
4	3.000	15.500
5	10.000	5.500
6	25.000	6.500
7	14.000	17.500
8	59.000	19.500
9	3.000	36.500
10	17.000	31.000
11	35.000	10.000
12	35.000	26.000
13	6.000	35.000
14	1.000	20.500
15	8.000	3.500
16	19.000	4.500
17	8.000	13.500
18	11.000	13.500
19	38.000	9.500
20	43.000	24.500
21	19.000	40.500
22	19.000	31.000
23	28.000	19.000
24	4.000	23.500
25	19.000	16.000
26	11.000	11.500
27	9.000	15.000
28	11.000	10.000
29	7.000	10.000
30	10.000	9.000
31	4.000	8.500
32	15.000	7.000
33	--	9.500
34	--	12.250
35	--	10.875
36	--	11.562

FIGURA B.27

La figura 8.27 es la tabla de datos de devoluciones y las proyecciones efectuadas con el método de promedios móviles simples y el valor de $N = 2$.

El análisis de estos resultados, mostrado en la figura 8.28, muestra que la estadística U tiene un valor -- menor a 1, lo cual es aceptable, sin embargo, el error es muy elevado. El error porcentual medio absoluto es mayor al 198%.

Resultados :		
Error Medio	:	-0.717
Error Medio Absoluto	:	13.017
Suma de Errores Cuadrados	:	8327.250
Error Medio Cuadrado	:	277.575
Desviación Estandar de Errores	:	16.945
Error Porcentual Medio	:	-154.645
Error Porcentual Medio Absoluto:		198.247
Estadística U	:	0.711

FIGURA 8.28

Resultados :		
Error Medio	:	-0.125
Error Medio Absoluto	:	10.768
Suma de Errores Cuadrados	:	6250.375
Error Medio Cuadrado	:	223.228
Desviación Estandar de Errores	:	15.215
Error Porcentual Medio	:	-147.158
Error Porcentual Medio Absoluto:		178.854
Estadística U	:	1.456

FIGURA 8.29

Utilizando el valor de $N = 4$, se puede observar en la figura B.29, que el error es menor, aunque todavía muy elevado, y la estadística U es mayor a 1, lo cual no es muy aceptable. Los resultados para $N = 4$ se muestran en la figura B.30.

Promedios Movibles Simples, $N = 4$, Archivo 'devol'

Periodo	Datos	Proyecciones
1	31.000	
2	23.000	
3	8.000	
4	3.000	
5	10.000	16.250
6	25.000	11.000
7	14.000	11.500
8	59.000	13.000
9	3.000	27.000
10	17.000	25.250
11	35.000	23.250
12	35.000	28.500
13	6.000	22.500
14	1.000	23.250
15	8.000	19.250
16	19.000	12.500
17	8.000	8.500
18	11.000	9.000
19	38.000	11.500
20	43.000	19.000
21	19.000	25.000
22	19.000	27.750
23	28.000	29.750
24	4.000	27.250
25	19.000	17.500
26	11.000	17.500
27	9.000	15.500
28	11.000	10.750
29	7.000	12.500
30	10.000	9.500
31	4.000	9.250
32	15.000	8.000
33	--	9.000
34	--	9.500
35	--	9.375
36	--	10.719

FIGURA B.30

Es posible concluir que el método de promedios mo--

vibles simples no es muy indicado para efectuar el pronóstico de devoluciones, a causa del alto porcentaje de error. La figura 8.31 es la gráfica de devoluciones y proyecciones para valores de N de 2, 3 y 4.

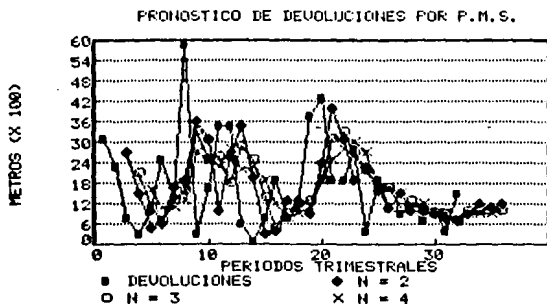


FIGURA 8.31

Ahora se utilizará el método de promedios móviles dobles para encontrar las proyecciones de devoluciones. Se utilizarán valores de N de 8 y 10, encontrados estos después de varias pruebas.

Resultados :

Error Medio	:	-0.725
Error Medio Absoluto	:	16.730
Suma de Errores Cuadrados	:	4878.503
Error Medio Cuadrado	:	348.464
Desviación Estandar de Errores	:	19.372
Error Porcentual Medio	:	-87.179
Error Porcentual Medio Absoluto	:	146.049
Estadística U	:	1.374

FIGURA 8.32

La figura B.32 muestra el análisis de resultados -- para el modelo con el valor de $N = 6$. Se puede notar que el error porcentual medio absoluto ha disminuido, pero -- aun es considerablemente elevado, así como la estadística U , la cual es mayor a 1. La tabla de resultados para este último caso está mostrada en la figura B.33. Nótese que -- las proyecciones para los periodos 34 y 35 son de valor -- negativo.

Promedios Movibles Dobles, $N = 6$, Archivo 'deval'

Período	Datos	Proyecciones
1	31.000	
2	23.000	
3	8.000	
4	3.000	
5	10.000	
6	25.000	
7	14.000	
8	59.000	
9	3.000	
10	17.000	
11	35.000	
12	35.000	
13	6.000	
14	1.000	
15	8.000	
16	19.000	
17	8.000	
18	11.000	
19	38.000	19.261
20	43.000	5.187
21	19.000	7.687
22	19.000	5.866
23	28.000	8.384
24	4.000	13.670
25	19.000	20.350
26	11.000	27.589
27	9.000	34.743
28	11.000	27.310
29	7.000	29.891
30	10.000	27.949
31	4.000	15.685
32	15.000	3.583
33	--	0.174
34	--	-1.152
35	--	-6.897
36	--	0.237

FIGURA B.33

La tabla en la figura B.34 muestra los datos de devoluciones y las proyecciones para $N = 10$ con el método de promedios móviles dobles.

Promedios Móviles Dobles, $N = 10$, Archivo 'devol'

Período	Datos	Proyecciones
1	31.000	
2	23.000	
3	8.000	
4	3.000	
5	10.000	
6	25.000	
7	14.000	
8	59.000	
9	3.000	
10	17.000	
11	35.000	
12	35.000	
13	6.000	
14	1.000	
15	8.000	
16	19.000	
17	8.000	
18	11.000	
19	38.000	
20	43.000	
21	19.000	
22	19.000	
23	28.000	15.099
24	4.000	22.402
25	19.000	17.950
26	11.000	14.027
27	9.000	20.628
28	11.000	21.646
29	7.000	24.729
30	10.000	22.361
31	4.000	22.461
32	15.000	21.366
33	--	12.561
34	--	4.293
35	--	1.207
36	--	1.071

FIGURA B.34

El análisis de resultados para este caso está mostrado en la figura B.35, y es posible notar una gran mejora en el valor de la estadística U , sin embargo, el e-

rror ha aumentado. El valor del error porcentual medio -- absoluto es mayor al 16%, lo cual no representa una gran exactitud para este modelo.

Resultados :

Error Medio	:	-8.467
Error Medio Absoluto	:	11.257
Suma de Errores Cuadrados	:	1612.320
Error Medio Cuadrado	:	161.232
Desviación Estandar de Errores	:	13.385
Error Porcentual Medio	:	-154.279
Error Porcentual Medio Absoluto	:	164.599
Estadística U	:	0.631

FIGURA B.35

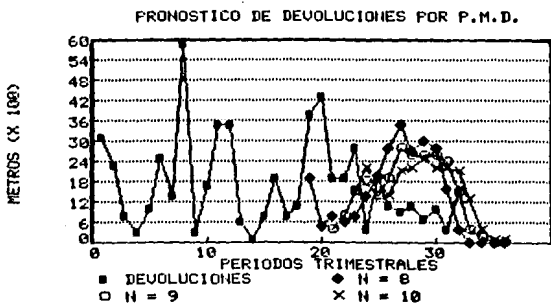


FIGURA B.36

La figura B.36 es la gráfica de proyecciones de devoluciones utilizando el método de promedios móviles dobles para valores de N de 8, 9 y 10.

Se ha concluido que este método tampoco es muy con-

fiable para el patrón de datos con el que se cuenta, ya que el error es muy elevado a causa de la gran aleatoriedad del patrón.

El tercer y último método a utilizar será el de suavización exponencial doble. Se han escogido valores de N de 9 y 11, siendo $a = 1/N$.

Suavización Exponencial Doble, $N = 9$, Archivo 'devol'

Período	Datos	Proyecciones
1	31.000	
2	23.000	
3	8.000	
4	3.000	
5	10.000	
6	25.000	28.926
7	14.000	23.325
8	59.000	17.414
9	3.000	14.381
10	17.000	15.819
11	35.000	14.217
12	35.000	24.615
13	6.000	18.736
14	1.000	17.527
15	8.000	21.232
16	19.000	24.329
17	8.000	19.389
18	11.000	14.025
19	38.000	11.440
20	43.000	12.207
21	19.000	10.046
22	19.000	9.090
23	28.000	15.359
24	4.000	21.887
25	19.000	21.084
26	11.000	20.424
27	9.000	22.218
28	11.000	17.485
29	7.000	17.467
30	10.000	15.398
31	4.000	13.191
32	15.000	11.913
33	--	9.856
34	--	8.972
35	--	6.732
36	--	7.779

FIGURA 8.37

La figura 8.37 muestra las proyecciones obtenidas - utilizando el valor de $N = 9$. El análisis de resultados - se muestra en la figura 8.38. Nótese el elevado valor de la estadística U. A su vez, el error porcentual medio absoluto es mayor al 160%. Estos valores indican que este método no es el más indicado para este patrón de datos.

Resultados :

Error Medio	:	0.180
Error Medio Absoluto	:	12.108
Suma de Errores Cuadrados	:	6134.568
Error Medio Cuadrado	:	227.206
Desviación Estandar de Errores	:	15.361
Error Porcentual Medio	:	-125.921
Error Porcentual Medio Absoluto:		160.959
Estadística U	:	1.775

FIGURA 8.38

Resultados :

Error Medio	:	-0.404
Error Medio Absoluto	:	11.809
Suma de Errores Cuadrados	:	5713.269
Error Medio Cuadrado	:	211.603
Desviación Estandar de Errores	:	14.824
Error Porcentual Medio	:	-134.200
Error Porcentual Medio Absoluto:		166.056
Estadística U	:	1.773

FIGURA 8.39

La figura 8.39 es el análisis de resultados para el modelo que utiliza el valor de $N = 11$. Estos resultados -

son casi idénticos a los obtenidos utilizando el valor de $N = 9$, lo cual indica que el modelo es igual de inexacto.

Los resultados de la proyección se muestran en la figura B.40.

Suavización Exponencial Doble, $N = 11$, Archivo 'devol'

Período	Datos	Proyecciones
1	31.000	
2	23.000	
3	8.000	
4	3.000	
5	10.000	
6	25.000	29.347
7	14.000	24.829
8	59.000	19.924
9	3.000	17.176
10	17.000	17.945
11	35.000	16.366
12	35.000	24.339
13	6.000	19.644
14	1.000	18.519
15	8.000	21.296
16	19.000	23.704
17	8.000	19.796
18	11.000	15.419
19	38.000	13.129
20	43.000	13.467
21	19.000	11.519
22	19.000	10.500
23	28.000	15.240
24	4.000	20.379
25	19.000	19.854
26	11.000	19.413
27	9.000	20.905
28	11.000	17.238
29	7.000	17.197
30	10.000	15.525
31	4.000	13.693
32	15.000	12.553
33	--	10.772
34	--	9.888
35	--	7.920
36	--	8.533

FIGURA B.40

La figura B.41 es la gráfica de pronósticos de de--

voluciones y datos observados con el método de suaviza-
ción exponencial doble para valores de N de 9, 10 y 11.

PRONOSTICO DE DEVOLUCIONES POR S.E.D.

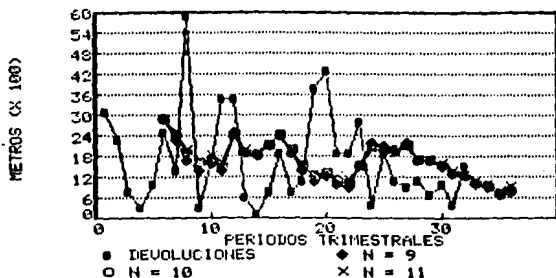


FIGURA B.41

Después del estudio anterior, es posible concluir - que el patrón de datos de devoluciones tiene una gran aleatoriedad y por lo tanto no es posible obtener un pronóstico muy exacto por medio de los métodos cubiertos en este trabajo, así que solo se utilizarán las proyecciones obtenidas para el grupo de datos de ventas por medio del método de promedios móviles simples y el valor de N = 2 para efectuar el pronóstico de producción.

B.4 Desarrollo.

Para obtener el pronóstico de la producción, se utilizarán todos los métodos antes utilizados, así como el de regresión, ya que se cuenta con un archivo independiente.

El primer método a utilizar será el de promedios -- móviles simples. Después de varias pruebas se ha concluido que el valor de N = 6 entrega el resultado más aceptable.

La figura B.42 es la tabla de resultados obtenida - utilizando el modelo antes descrito, cuyo análisis de resultados está mostrado en la figura B.43.

Nótese que el valor de la estadística U es sumamen-

te cercano a cero, lo cual es muy aceptable. En el caso del error, el error medio absoluto es elevado, así como el error porcentual medio absoluto, el cual es mayor al 63%.

Promedios Movibles Simples, N = 6, Archivo 'produc'

Período	Datos	Froyecciones
1	1843.340	
2	2667.090	
3	1146.630	
4	1598.650	
5	2655.620	
6	1275.030	
7	1058.900	1864.393
8	3022.000	1733.653
9	1567.000	1792.805
10	1191.500	1862.867
11	1891.130	1795.008
12	1895.000	1667.593
13	234.000	1770.922
14	1772.000	1633.438
15	503.370	1425.105
16	1925.570	1247.833
17	663.000	1370.178
18	1398.160	1165.490
19	1872.990	1082.683
20	1132.250	1355.848
21	1148.000	1249.223
22	1749.300	1356.662
23	1588.640	1327.283
24	1592.550	1481.557
25	1294.020	1513.955
26	1904.000	1417.460
27	863.000	1546.085
28	1164.500	1498.585
29	1141.200	1401.118
30	847.530	1326.545
31	748.760	1202.375
32	901.000	1111.498
33	--	944.332
34	--	957.887
35	--	923.451
36	--	887.160

FIGURA B.42

El segundo método a utilizar será el de promedios - movibles dobles. Se ha seleccionado el valor de N = 6.

Resultados :

Error Medio	:	-120.415
Error Medio Absoluto	:	482.160
Suma de Errores Cuadrados	:	9445835.578
Error Medio Cuadrado	:	363301.368
Desviación Estandar de Errores	:	614.682
Error Porcentual Medio	:	-45.272
Error Porcentual Medio Absoluto	:	63.194
Estadística U	:	0.110

FIGURA B.43

La figura B.44 es el análisis de los resultados obtenidos por medio del método de promedios móviles dobles para el valor de $N = 6$. El error es bastante elevado, --- aunque ligeramente menor en porcentaje al obtenido por -- medio del método de promedios móviles simples. La estadística U tiene un valor menor a 1, lo cual es siempre aceptable.

Resultados :

Error Medio	:	-46.761
Error Medio Absoluto	:	624.795
Suma de Errores Cuadrados	:	9918715.235
Error Medio Cuadrado	:	551039.735
Desviación Estandar de Errores	:	763.842
Error Porcentual Medio	:	-24.524
Error Porcentual Medio Absoluto	:	60.723
Estadística U	:	0.648

FIGURA B.44

La figura 8.45 es la tabla de resultados para el --

modelo anterior.

Promedios M6viles Dobles, N = 6, Archivo 'produc'

Período	Datos	Proyecciones
1	1843.340	
2	2667.090	
3	1146.630	
4	1598.650	
5	2655.620	
6	1275.030	
7	1058.900	
8	3022.000	
9	1567.000	
10	1191.500	
11	1891.130	
12	1895.000	
13	234.000	
14	1772.000	
15	503.370	1359.597
16	1925.570	1772.084
17	663.000	1320.570
18	1398.160	729.907
19	1872.990	358.243
20	1132.250	982.778
21	1148.000	463.478
22	1749.300	463.611
23	1588.640	1567.294
24	1592.550	1259.659
25	1294.020	1599.278
26	1904.000	1512.104
27	863.000	1930.526
28	1164.500	1860.276
29	1141.200	1486.195
30	847.530	1820.605
31	748.760	1588.105
32	901.000	1205.230
33	--	1003.938
34	--	691.944
35	--	497.371
36	--	156.331

FIGURA 8.45

El tercer método a utilizar será el de suavización exponencial doble. Se ha seleccionado el valor de N = 10, siendo $\alpha = 1/N$.

La figura 8.46 es la tabla de resultados obtenidos

por medio del método de suavización exponencial.

Suavización Exponencial Doble, N = 10, Archivo 'produc'

Periodo	Datos	Proyecciones
1	1843.340	
2	2667.090	
3	1146.630	
4	1598.650	
5	2655.620	
6	1275.030	2032.803
7	1058.900	1842.904
8	3022.000	1786.088
9	1567.000	1981.296
10	1191.500	1828.622
11	1891.130	1649.711
12	1895.000	1950.397
13	234.000	1870.019
14	1772.000	1715.517
15	503.370	1746.046
16	1925.570	1773.115
17	663.000	1414.230
18	1398.160	1465.471
19	1872.990	1218.256
20	1132.250	1337.969
21	1148.000	1150.422
22	1749.300	1162.721
23	1588.640	1284.249
24	1592.550	1218.204
25	1294.020	1167.470
26	1904.000	1264.480
27	863.000	1310.954
28	1164.500	1352.275
29	1141.200	1319.485
30	847.530	1432.966
31	748.760	1290.166
32	901.000	1239.572
33	--	1192.480
34	--	1086.280
35	--	975.152
36	--	917.890

FIGURA B.46

En el análisis de resultados, mostrado en la figura B.47, se muestra que el error sigue siendo elevado, mayor al 65%, aunque la estadística U mantiene un valor cercano a cero, lo cual es muy aceptable.

Resultados :

Error Medio	:	-165.223
Error Medio Absoluto	:	489.103
Suma de Errores Cuadrados	:	10662452.199
Error Medio Cuadrado	:	394905.637
Desviación Estandar de Errores	:	640.386
Error Porcentual Medio	:	-49.709
Error Porcentual Medio Absoluto:		65.953
Estadística U	:	0.090

FIGURA 8.47

El último método utilizado es el método de regresión simple, utilizando el archivo de ventas como variable independiente. La figura 8.48 es el análisis de resultados obtenido. Nótese que el error porcentual medio absoluto es menor al 50% y el valor de la estadística U es menor a 1.

Resultados :

Error Medio	:	-0.000
Error Medio Absoluto	:	444.702
Suma de Errores Cuadrados	:	9906393.169
Error Medio Cuadrado	:	309574.787
Desviación Estandar de Errores	:	565.297
Error Porcentual Medio	:	-23.613
Error Porcentual Medio Absoluto:		44.152
Estadística U	:	0.232

FIGURA 8.48

De los métodos utilizados, indiscutiblemente el más exacto ha sido el de regresión, por lo cual la empresa --

AYR utilizará sus resultados, los cuales son mostrados en la figura B.49.

Análisis de Regresión

Dato observado ventas = 634.000

Proyección en produc = 940.783

Dato observado ventas = 600.500

Proyección en produc = 915.872

Dato observado ventas = 617.250

Proyección en produc = 928.328

Dato observado ventas = 608.875

Proyección en produc = 922.100

FIGURA B.49

La figura B.50 es la gráfica de datos observados y las proyecciones de producción obtenidas.

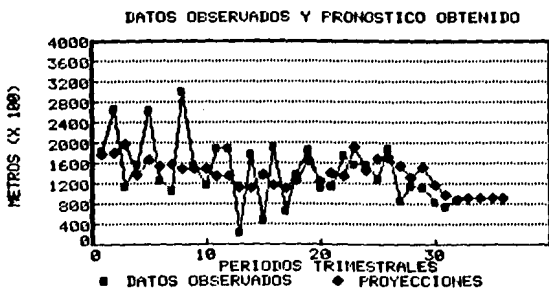


FIGURA B.50

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La utilización de los pronósticos es una parte esencial para el manejo de cualquier negocio. Como se ha observado, un buen pronóstico puede ser muy ahorrrativo para una empresa, ya que sin la debida planeación, no es probable obtener los mejores resultados.

En la época presente, un negocio, para ser competitivo debe dar el mejor servicio al cliente, y esto puede ser logrado si se emplean los pronósticos, ya que así será menos probable que falte el artículo o el servicio que sea solicitado, así como la materia prima o la mano de obra que se requiera para hacerlo disponible. También es posible evitar sobrantes que cuestan espacio de bodega, o producción en exceso, la cuál genera costos de mantenimiento y mano de obra.

A causa de la situación económica inestable por la que cruza el país, la planeación constituye una gran necesidad para la empresa. En otras épocas era posible sobrevivir en el mercado con la mínima planeación, pero últimamente esto ha cambiado y la empresa deberá utilizar una forma más científica para la toma de desiciones, aunque la misma crisis dificulta el proceso de planeación.

Otro factor importante por el cual es necesario utilizar los pronósticos es el alto desarrollo tecnológico del país, ya que al aparecer nuevas empresas, aumenta el medio competitivo, y es aquí donde la mejor planeación presenta utilidades.

Se recomienda utilizar el pronóstico al plazo más corto posible, ya que esto mejora la exactitud. El problema del ejemplo practico demuestra esto, ya que, si este mismo problema, en lugar de ser calculado una sola vez para los cuatro periodos requeridos, se calcula período a período, alimentando cada vez los nuevos datos, obviamente se obtendra un mejor resultado. Además, en la situación actual del país, es muy difícil predecir los cambios en la economía, y estos afectan directamente a la planeación, y mientras más reducido sea el plazo de las proyecciones, menor es la posibilidad de error. Por esto mismo, han sido descritas en este trabajo, técnicas especializadas en proyecciones para corto y medio plazo.

El uso de computadoras para efectuar estos cálculos es ampliamente recomendable para evitar el error. Además para la toma de desiciones, el tiempo es un factor importante, y la computadora es un buen medio para el ahorro de este. Es preferible invertir el tiempo en seleccionar la técnica apropiada, y ahorrarlo a la hora de aplicarla,

para así obtener el mejor resultado en un lapso mínimo.

Si se ha comprendido el procedimiento para desarrollar un modelo, los distintos patrones de datos, y la utilidad del empleo de los pronósticos, así como los métodos cuantitativos explicados, se consideran cumplidos los objetivos de este trabajo. Se recomienda continuar con el estudio de los métodos cualitativos, así como el de otros métodos cuantitativos que podrían ser útiles para algún caso específico.

X. BIBLIOGRAFIA.

- 1 - C PRIMER PLUS
Mitchell Waite, Stephen Prata & Donald Martin
Howard W. Sams & Co., Inc., Indianapolis, 1984
- 2 - DISK OPERATING SYSTEM (Version 3.00)
Microsoft Corp.
IBM Corp., Florida, 1984
- 3 - FORECASTING METHODS FOR MANAGEMENT, 3rd Ed.
Steven C. Wheelwright & Spyros Makridakis
John Wiley & Sons, New York, 1980
Paginas 1-4, 6-11, 19-21, 39, 56-58, 60-70, 105-109,
147
- 4 - FUTURE
Roy D. Harris
University of Texas, Austin, 1982
- 5 - HOW TO CHOOSE THE RIGHT FORECASTING TECHNIQUE
John C. Chambers, S.K. Mullick, Donald D. Smith
Harvard Business Review, Julio-Agosto 1971
Paginas 49-50
- 6 - ADVANCED C TECHNIQUES & APPLICATIONS
Gerald E. Sobelman & David E. Krekelberg
Que Corporation, Indianapolis, 1985
- 7 - PRODUCTION AND INVENTORY CONTROL (Principles &
Techniques)
George W. Plossl & Oliver W. Wight
Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1967
Paginas 13-14
- 8 - FORECASTING METHODS AND APPLICATIONS
Spyros Makridakis, Steven C. Wheelwright &
Victor E. McGee
John Wiley & Sons, 1978
Paginas 31-52

9 - THE C PROGRAMMING LANGUAGE

Brian W. Kernighan & Dennis M. Ritchie
Prentice Hall, Inc., New Jersey, 1978

10- MICROSOFT C COMPILER DOCUMENTATION

Lattice Inc./Lifeboat Associates, Illinois, 1982

APENDICE A.

Listado del Programa

Source code:

```
#include <stdio.h> /* programa para pronosticos */
#define PROMPT "e)"
#define END -999999.999999 /* bandera para fin de datos */
#define MAXFILES 10
#define NDINSTR 14
#define DK " Lista\n\n"
#define GRAPH "I.I.I.I.I.I.I.I.I.I.I.I.I.I.I.I.I.I.I\n"
#define GRAPH2 "- 1 0 + 1\n"
/* errores */
#define ERRDR01 "\007 ERROR 01 - Instruccion incorrecta\n\n"
#define ERRDR02 "\007 ERROR 02 - Parametro numerico incorrecto\n\n"
#define ERRDR11 "\007 ERROR 11 - Archivo abierto previamente\n\n"
#define ERRDR12 "\007 ERROR 12 - 'Is' no esta abierto\n\n"
#define ERRDR13 "\007 ERROR 13 - No hay ningun archivo abierto\n\n"
#define ERRDR14 "\007 ERROR 14 - 'Is' no ha sido inicializado\n\n"
#define ERRDR15 "\007 ERROR 15 - Ya hay 10 archivos abiertos\n\n"
#define ERRDR16 "\007 ERROR 16 - Error de formato del archivo\n\n"
#define ERRDR17 "\007 ERROR 17 - 'Is' ya existe como archivo\n\n"
#define ERRDR21 "\007 ERROR 21 - No hay suficiente memoria\n\n"
#define AVISD00 "\007 AVISD 01 - 'Is' tiene mas datos que 'Is'\n"
#define AVISD01 " Se ajustara el numero de datos a Id\n\n"

main()
{
FILE *fp; /* pointer al archivo */
char table[MAXFILES][20], /* lista de archivos */
string[20],
string2[20],
string3[80],
outfile[20], /* archivo de salida */
factor[20],
proy[20],
*calloc(), /* funcion para reservar memoria */
command[20]; /* instruccion */
/* instrucciones disponibles */
static char instr[NDINSTR][10] = {
"edios",
"archivos",
"abre",
"cierra",
"lista",
"analiza",
"relaciona",
"ayuda",
"pes",
"pad",
```

Source code:

```

                                "ses",
                                "sed",
                                "rs",
                                "ra"
                                );
int      tablenum = 0,          /* numero de grupos de datos */
         s,
         spaces,
         c,
         n,
         o,
         p,
         page,
         line,
         expla[2],
         status = 0;          /* operacion a ejecutar */
double  edata[MAXFILES],     /* datos */
         edev[MAXFILES],     /* desviaciones */
         media[MAXFILES],    /* media */
         sed,                /* desviacion media absoluta */
         ssd,                /* suma de desviaciones cuadradas */
         esd,                /* desviacion media cuadrada */
         var[2],             /* varianza */
         res,                /* raiz media cuadrada */
         devs,               /* desviacion estandar */
         obl,                /* oblicuedad */
         sautocor,           /* autocorrelacion */
         spronos,            /* pronostico */
         cor,                /* correlacion */
         eudat,
         raiz(),             /* raiz cuadrada */
         absol(),           /* valor absoluto */
         square(),           /* cuadrado */
         sumatoria();        /* funcion para calcular sumatoria */

/* titulos */
printf("Metodos Cuantitativos para Pronosticos\n");
printf("Tesis Profesional de Alberto Menache Pawa\n");
printf("1986-Universidad Anahuac A.C.\n");
printf("\nPara informacion escriba 'ayuda'\n\n");

/* reserva espacio para datos */
n = 0;
while (n < MAXFILES)
    if ((data[n++]=(double *) calloc(1001,8))!=NULL)
        {
```

Source code:

```
        printf(ERROR21);
        n = MAXFILES;
        status = 16;
    }
    /* reserva espacio para desviaciones */
    n = 0;
    if (status != 16)
        while (n < MAXFILES)
            if ((dev[n++]=(double *) calloc(1500,8))!=NULL)
                {
                    printf(ERROR21);
                    n = MAXFILES;
                    status = 16;
                }
    /* reserva espacio para autocorrelaciones */
    if (status != 16)
        if ((autocor=(double *) calloc(1500,8))!=NULL)
            {
                printf(ERROR21);
                status = 16;
            }
    /* reserva espacio para pronosticos */
    if (status != 16)
        if ((pronos=(double *) calloc(1500,8))!=NULL)
            {
                printf(ERROR21);
                status = 16;
            }

    /* interpretador de instrucciones */
    while (status != 16)
        {
            printf(PROMPT);
            status = 0;
            while((c = getchar()) == ' ');
            while (c != '\n')
                {
                    switch(status)
                    {
                        /* pedir la instruccion */
                        case 0: getword(command,&c);
                            while (strcmp(command,instr[status]) != 0 && status <
                                NOINSTR)
                                status++;
                            if (status < NOINSTR)
                                /* salida del programa */

```

Source code:

```
if (status == 0)
{
    if (s != '\n')
        while ((s = getchar()) != '\n');
    status = 16;
}
else
/* listado de archivos en memoria */
if (status == 1)
{
    /* lista de archivos abiertos */
    if (s != '\n')
        while ((s = getchar()) != '\n');
    n = 0;
    if (tablenum > 0)
    {
        printf("\n");
        while (n < tablenum)
            printf("-> %s\n",table[n++]);
        printf(OK);
    }
    else
        printf(ERROR13);
}
else
{
    if (s != '\n')
        while ((s = getchar()) == ' ');

/* ayuda */
if (status == 7 && s == '\n')
{
    if (s != '\n')
        while ((s = getchar()) == ' ');
    if (s == '\n')
    {
        if ((fp = fopen("help.hlp","r")) == NULL)
            printf(ERROR14,"help.hlp");
        else
        {
            while (fgets(string3, 80 ,fp) != NULL)
                printf(" %s",string3);
            fclose(fp);
            printf(OK);
        }
    }
}
else
```


Source code:

```
                printf(OK);
                fclose(fp);
                tablenum++;
            }
        }
        else
/* si el archivo no existe en el disco */
        printf(ERROR14,table[tablenum]);
    }
}
else
    printf(ERROR15);
break;

/* comando 'cierra' */
/* pide el parametro */
case 3: getword(string,&sl);
        if (s != '\n')
            while ((c = getchar()) != '\n');
        if (tablenum == 0)
            printf(ERROR12,string);
        else
        {
            n = 0;
/* si se pidio cerrar todos los archivos */
            if (strcmp(string,"todo") == 0)
            {
/* limpiar la base de datos */
                tablenum = 0;
                printf(OK);
            }
            else
            {
/* si se especifico un archivo, ver si este reside en memoria */
                while (n < tablenum)
                {
                    if (strcmp(table[n],string) == 0)
/* eliminar los datos de la memoria y el nombre de la lista */
                    {
                        status = 0;
                        while (n < (tablenum - 1))
                        {
                            c = 0;
                            while (data[n + 1][c] != END)
                                data[n][c] = data[n + 1][c++];
                            data[n][c] = data[n + 1][c];
                        }
                    }
                }
            }
        }
    }
}
```

Source code:

```
        strcpy(table[n],table[+n]);
    }
    }
    n++;
    }
    if (status == 0)
    {
        printf(OK);
        tablenum--;
    }
    else
/* si no estaba abierto el archivo */
        printf(ERROR12,string);
    }
}
break;

/* comando 'lista' */
/* pide el parametro */
case 4: getword(string,bs);
        if (c != '\n')
            while ((c = getchar()) != '\n');
        if (tablenum == 0)
            printf(ERROR12,string);
        else
        {
            n = 0;
            c = 0;
/* encontrar el numero de archivo */
            while (n < tablenum)
                if (strcmp(string, table[n++]) == 0)
                    c = n - 1;
            if (strcmp(string, table[c]) != 0)
                printf(ERROR12,string);
            else
            {
/* imprimir los datos */
                n = 0;
                printf("%\n");
                while (data[c][n] != END)
                {
                    if (n > 20)
                        if ((n % 21) == 0)
                            {
/* cambio de pagina */
                                printf(" \nAprete una tecla\n\n");
                            }
                }
            }
        }
    }
}
```

Source code:

```
        o = getch();
        }
        printf ("-> Zif\n",datafc)[n++]);
        }
        printf(OK);
        }
    }
    break;

/* comando 'analiza' */
/* pide el parametro */
    case 5: getword(string,&s);
        if (s != '\n')
            while ((s = getchar()) == ' ');
        if (s != '\n')
            (
/* pide el archivo de salida */
            getword(outfile,&s);
            if (s != '\n')
                while ((s = getchar()) != '\n');
            status = 2;
            )
        if (tablenum == 0)
            printf(ERROR12,string);
        else
            (
            n = 0;
            c = 0;
/* encontrar el numero de archivo */
            while (n < tablenum)
                if (strcmp(string, table[n++]) == 0)
                    c = n - 1;
            if (strcmp(string, table[c]) != 0)
                printf(ERROR12,string);
            else
                (
/* abre el archivo de salida */
                abrearch(fp,outfile,&status);
                if (status == 0)
                    printf(ERROR17,outfile);
                else
                    (
/* calcula la media */
                    n = 0;
                    media[0] = sumatoria(datafc,&n) / n;
/* calcula las desviaciones */
```

Source code:

```
page = 0;
p = 0;
o = 0;
while (p < 60)
{
    fprintf(fp, " ANALISIS DE DATOS -----");
    fprintf(fp, "-----");
    fprintf(fp, "----- Pagina Id\n", ++page);
    fprintf(fp, " (Zs)\n\n", table[c]);
    fprintf(fp, " 0      Datos");
    fprintf(fp, "      Desviacion\n");
    fprintf(fp, "-----");
    fprintf(fp, "-----\n\n");
    while (p++ < 55 && data[c][o] != END)
    {
        fprintf(fp, " %3d", o++);
        fprintf(fp, " %10.3lf", data[c][o]);
        fprintf(fp, " %10.3lf\n", dev[c][o++]);
    }
    fprintf(fp, "%c", '\f');
    if (data[c][o] == END)
        p = 60;
    else
        p = 0;
}
fprintf(fp, " Resultados :\n");
fprintf(fp, "-----");
fprintf(fp, "-----\n");
fprintf(fp, " Media %10.3lf", media[0]);
fprintf(fp, " Desviacion Media Absoluta %10.3lf", ead);
fprintf(fp, " Suma de Desviaciones Cuadradas %10.3lf", sdd);
fprintf(fp, " Desviacion Media Cuadrada %10.3lf", esd);
fprintf(fp, " Varianza %10.3lf", var[0]);
fprintf(fp, " Raiz Media Cuadrada %10.3lf", res);
fprintf(fp, " Desviacion estandar %10.3lf", dev[s]);
fprintf(fp, " Oblicuedad %10.3lf", obl);
fprintf(fp, "-----");
fprintf(fp, "-----\n");
```

Source code:

```
        fprintf(fp,"%c",'\f');
        fclose(fp);
    }
    printf("OK");
}
}
break;

/* cuando 'relaciona' e/
/* pide el parametro 1e/
case 6: getword(string,&s);
if (s != '\n')
while ((s = getchar()) == ' ');
if (s == '\n')
printf(ERROR01);
else
{
/* pide el parametro 2 e/
getword(string2,&s);
if (s != '\n')
while ((s = getchar()) == ' ');
if (s != '\n')
/* pide el archivo de salida e/
{
getword(outfile,&s);
if (s != '\n')
while ((s = getchar()) != '\n');
status = 2;
}
if (tablename == 0)
printf(ERROR13);
else
{
n = 0;
c = -1;
o = -1;
/* encontrar el numero de archivos e/
while (n < tablename)
if (strcmp(string, table[n++]) == 0)
c = n - 1;
n = 0;
while (n < tablename)
if (strcmp(string2, table[n++]) == 0)
o = n - 1;
if (c == -1)
```

Source code:

```
(
    printf(ERROR12,string);
    status = 0;
)
if (o == -1)
(
    printf(ERROR12,string2);
    status = 0;
)
if (status > 0)
(
/* abre el archivo de salida */
    abrearch(fp,outfile,tstatus);
    if (status == 0)
        printf(ERROR17,outfile);
    else
        (
            if (c != o)
/* datos bivariantes */
            (
/* encuentra el numero de observaciones */
                n = 0;
                while (data[c][n] != END)
                    n++;
                p = 0;
                while (data[o][p] != END)
                    p++;
                expla[0] = -1;
                if (p > n)
                    (
                        printf(AVIS000,table[o],table[c]);
                        printf(AVIS001,n);
                        exdat = data[o][n];
                        expla[0] = o;
                        expla[1] = n;
                        data[o][n] = END;
                    )
                if (n > p)
                    (
                        printf(AVIS000,table[c],table[o]);
                        printf(AVIS001,p);
                        exdat = data[c][p];
                        expla[0] = c;
                        expla[1] = p;
                        data[c][p] = END;
                    )
            )
        )
    )

```

Source code:

```
/* calcula la media */
n = 0;
media[0] = sumatoria(data[c],&n) / n;
n = 0;
media[1] = sumatoria(data[o],&n) / n;
/* calcula las desviaciones */
p = 0;
while (data[c][p] != END)
    dev[c][p] = data[c][p++] - media[0];
dev[c][p] = data[c][p];
p = 0;
while (data[o][p] != END)
    dev[o][p] = data[o][p++] - media[1];
dev[o][p] = data[o][p];
/* calcula la varianza */
n = 2; /* switch para cuadrados */
ssd = sumatoria(dev[c],&n);
var[0] = ssd / (n - 1);
n = 2; /* switch para cuadrados */
ssd = sumatoria(dev[o],&n);
var[1] = ssd / (n - 1);
/* calcula la correlacion */
p = 0;
cor = 0;
while (p < n)
    cor += (dev[c][p] * dev[o][p++]);
cor /= (n - 1);
cor /= (raiz(var[0]) * raiz(var[1]));
/* imprime resultados en pantalla */
while ((n = strlen(string)) < 19)
{
    string[n] = ' ';
    string[n+1] = '\0';
}
while ((n = strlen(string2)) < 19)
{
    string2[n] = ' ';
    string2[n+1] = '\0';
}
printf("\n Resultados \n");
printf("-----");
printf("-----\n");
printf(" Media de Is ",string);
printf(" : %14.3lf\n\n",media[0]);
printf(" Media de Io ",string2);
printf(" : %14.3lf\n\n",media[1]);
```

Source code:

```
printf(" Varianza de Is",string);
printf(" : %14.3lf\n\n",var[0]);
printf(" Varianza de Is",string2);
printf(" : %14.3lf\n\n",var[1]);
printf(" Correlacion          ");
printf(" : %14.3lf\n",cor);
printf(" -----");
printf("\n");
/* imprime los resultados al archivo */
if (status == 2)
{
  fprintf(fp," Correlacion");
  fprintf(fp," entre Is",table[c]);
  fprintf(fp," y Is\n",table[o]);
  fprintf(fp," -----");
  fprintf(fp," \n");
  fprintf(fp," Media de Is ",string);
  fprintf(fp," : %14.3lf\n\n",media[0]);
  fprintf(fp," Media de Is ",string2);
  fprintf(fp," : %14.3lf\n\n",media[1]);
  fprintf(fp," Varianza de Is",string);
  fprintf(fp," : %14.3lf\n\n",var[0]);
  fprintf(fp," Varianza de Is",string2);
  fprintf(fp," : %14.3lf\n\n",var[1]);
  fprintf(fp," Correlacion          ");
  fprintf(fp," : %14.3lf\n",cor);
  fprintf(fp," -----");
  fprintf(fp," \n");
  fprintf(fp,"%c",'\f');
  fclose(fp);
}
if (expla[0] != -1)
  data[expla[0]][expla[1]] = exdat;
printf("OK");
}
else
/* datos univariantes */
{
  /* calcula la media */
  n = 0;
  media[0] = suetoria(data[c],&n) / n;
  /* calcula las desviaciones */
  p = 0;
  while (data[c][p] != END)
    dev[c][p] = data[c][p] - media[0];
  dev[c][p] = data[c][p];
}
```


Source code:

```
        printf(" ");
        printf(". ] . ");
    }
else
    if (spaces == 16)
    {
        o = 0;
        while (++o < spaces)
            printf(" ");
        printf("o");
        printf(" ] . ");
    }
else
    if (spaces < 20)
    {
        o = 0;
        while (++o < 16)
            printf(" ");
        printf(".");
        while (++o < spaces)
            printf(" ");
        printf("o");
        while (++spaces < 20)
            printf(" ");
        printf("] . ");
    }
else
    if (spaces == 20)
    {
        o = 0;
        while(++o < spaces)
            if (o == 16)
                printf(".");
            else
                printf(" ");
        printf("o . ");
    }
else
    if (spaces < 24)
    {
        o = 0;
        while (o++ < (spaces-1))
            if (o == 16)
                printf(".");
            else
                if (o == 20)
```

Source code:

```
        printf("%i");
    else
        printf(" ");
    printf("e");
    while (++spaces < 24)
        printf(" ");
    printf(".");
    printf("          ");
    )
}
else
{
    o = 0;
    while (++o < spaces)
        if (o == 16 || o == 24)
            printf(".");
    else
        if (o == 20)
            printf("i");
        else
            printf(" ");
    printf("e");
    while (++spaces <= 40)
        printf(" ");
    )
}
printf("          %6.3i%\n", autocorfn);
n--;
}
printf("          %s\n", GRAPH);
printf("          %s\n", GRAPH2);
/* imprime las autocorrelaciones al archivo o/
if (status == 2)
{
    n = p - 2;
    line = 55;
    page = 0;
    while (n >= 0)
    {
        if (++line > 54)
        {
            if (page > 0)
            {
                fprintf(fp, "          ");
                fprintf(fp, "%s\n", GRAPH);
                fprintf(fp, "          ");
                fprintf(fp, "%s\n", GRAPH2);
                fprintf(fp, "%c", '\f');
            }
            page++;
        }
        fprintf(fp, "%s\n", GRAPH);
        fprintf(fp, "%s\n", GRAPH2);
        n--;
    }
}
```


Source code:

```
while (++spaces < 20)
    fprintf(fp, " ");
    fprintf(fp, "1 ");
}
else
if (spaces == 20)
{
    o = 0;
    while(++o < spaces)
        if (o == 16)
            fprintf(fp, ".");
        else
            fprintf(fp, " ");
    fprintf(fp, "a");
    fprintf(fp, " ");
}
else
if (spaces < 24)
{
    o = 0;
    while (o++ < (spaces-1))
        if (o == 16)
            fprintf(fp, ".");
        else
            if (o == 20)
                fprintf(fp, "1");
            else
                fprintf(fp, " ");
    fprintf(fp, "a");
    while (++spaces < 24)
        fprintf(fp, " ");
    fprintf(fp, ".");
    fprintf(fp, " ");
}
else
{
    o = 0;
    while (++o < spaces)
        if (o == 16 || o == 24)
            fprintf(fp, ".");
        else
            if (o == 20)
                fprintf(fp, "1");
            else
                fprintf(fp, " ");
    fprintf(fp, "a");
}
```


Source code:

```
        printf(OK);
    }
}
break;

/* comando 'pas' */
/* pide los parametros */
case 0: if ((status = getparm(string,factor,proy,outfile,&n,
        &status)) == NULL)
        printf(ERROR01);
    else
    {
        if (tablenue == 0)
            printf(ERROR13);
        else
        {
            n = 0;
            c = -1;
/* encontrar el numero del archivo */
            while (n < tablenue)
                if (strcmp(string, table[n++]) == 0)
                    c = n - 1;
            if (c == -1)
                printf(ERROR12,string);
            else
            {
                if (stcd_i(factor,&n) == 0 || n <= 0
                    || stcd_i(proy,&p) == 0 || p <= 0)
                    printf(ERROR02);
                else
                {
/* abre el archivo de salida */
                    abrearch(fp,outfile,&status);
                    if (status == 0)
                        printf(ERROR17,outfile);
                    else
                    {
/* calcula el numero de datos */
                        o = 0;
                        while (data[c][o++] != ENDI);
                        if (n > o)
                            printf(ERROR02);
                        else
                        {
/* calcula las proyecciones */
                            prosie(&o,&n,&p,dev[c],data[c]);

```

Source code:

```
/* imprime las proyecciones en la pantalla */
strcpy(string3,"Promedios Movibles Simples");
imprime(data[c],devic[,table[c],&n,&status,
fp,string3,&p);
printf("\nOprima cualquier tecla\n");
line = getch();

/* calcula los errores */
errores(devic[,data[c],autocor,&o,&n,&status,
fp);
if (status == 2)
{
printf(fp,"%c",'\f');
fclose(fp);
}
printf(OK);
}
}
}
}
}
break;

/* comando 'pad' */
/* pide los parametros */
case 9: if ((status = getpara(string,factor,proy,outfile,&s,
&status)) == NULL)
printf(ERROR0);
else
{
if (tablenus == 0)
printf(ERROR13);
else
{
n = 0;
c = -1;
/* encontrar el numero del archivo */
while (n < tablenus)
if (strcmp(string, table[n++]) == 0)
c = n - 1;
if (c == -1)
printf(ERROR12,string);
else
{
if (stcd_l(factor,&n) == 0 || n <= 0
|| stcd_l(proy,&p) == 0 || p <= 0)
```


Source code:

```
        printf(ERROR02);
    else
    {
/* abre el archivo de salida */
        abrearch(fp,outfile,&status);
        if (status == 0)
            printf(ERROR17,outfile);
        else
        {
/* calcula el numero de datos */
            o = 0;
            while (data[c][o++] != END);
            if ((2*n) > o)
                printf(ERROR02);
            else
            {
/* calcula las proyecciones */
                page = 1;
                prosi(&o,&n,&page,dev[c],data[c]);
                o = o - n + p;
                page = 1;
                prosi(&o,&n,&page,autocor,dev[c]);
                o = o + n - p;
                page = 0;
                while(dev[c][page+n-1] != END)
                {
                    pronos[page] = ((2 * dev[c][page+n-1]) -
                        autocor[page]) + (((2*dev[c][page+n-1])
                        - autocor[page]) - autocor[page]) /
                        (n - 1) * p);
                    page++;
                }
                pronos[page] = END;
/* imprime las proyecciones en la pantalla */
                strcpy(string3,"Promedios Movibles Dobles");
                n = n * 2 - 2 * p;
                imprime(data[c],pronos,table[c],&n,&status,
                    fp,string3,&p);
                if (n <= (o-2))
                {
                    printf("\nDpriea cualquier tecla\n");
                    line = getch();
                }
/* calcula los errores */
                errores(pronos,data[c],autocor,&o,&n,
                    &status,fp);
                if (status == 2)

```

Source code:

```
        fprintf(fp,"%2c","\f');
    }
    if (status == 2)
        fclose(fp);
    printf("OK");
}
}
}
}
}
break;

/* comando 'ses' */
/* pide los parametros */
case 10: if ((status = getparam(string,factor,proy,outfile,&e,
        &status)) == NULL)
        printf("ERROR01");
    else
    {
        if (tablenum == 0)
            printf("ERROR13");
        else
        {
            n = 0;
            c = -1;
/* encontrar el numero del archivo */
            while (n < tablenum)
                if (strcmp(string, table[n++]) == 0)
                    c = n - 1;
            if (c == -1)
                printf("ERROR12,string");
            else
            {
                if (strcmp_i(factor,&n) == 0 || n <= 0)
                    printf("ERROR02");
                else
                {
/* abre el archivo de salida */
                    abrearch(fp,outfile,&status);
                    if (status == 0)
                        printf("ERROR17,outfile");
                    else
                    {
/* calcula el numero de datos */
                        o = 0;
```

Source code:

```
        while (data[c][o++] != END);
        if (n > 0)
            printf(ERROR02);
        else
        {
            /* calcula las proyecciones */
            suaxp(&n,dev[c],data[c]);
            /* imprime las proyecciones en la pantalla */
            strcpy
                (string3,"Suavizacion Exponencial Simple");
            imprime(data[c],dev[c],table[c],&n,&status,
                fp,string3,&p);
            printf("\nOprima cualquier tecla\n");
            line = getch();

            /* calcula los errores */
            errores(dev[c],data[c],autocor,bo,&n,&status,
                fp);
            if (status == 2)
            {
                fprintf(fp,"%c",'\f');
                fclose(fp);
            }
            printf(OK);
        }
    }
}
}
}
break;

/* comando 'sed' */
/* pide los parametros */
case 11:if ((status = getparm(string,factor,proy,outfile,&st,
    &status)) == NULL)
    printf(ERROR01);
else
    {
        if (tablenus == 0)
            printf(ERROR13);
        else
        {
            n = 0;
            c = -1;

            /* encontrar el numero del archivo */
            while (n < tablenus)
```

Source code:

```
        if (strcap(string, table[n++]) == 0)
            c = n - 1;
    if (c == -1)
        printf(ERROR12,string);
    else
        {
        if (stcd_i(factor,&n) == 0 || n <= 0
            || stcd_i(proxy,&p) == 0 || p <= 0)
            printf(ERROR02);
        else
            {
            /* abre el archivo de salida */
            abrearch(fp,outfile,&status);
            if (status == 0)
                printf(ERROR17,outfile);
            else
                {
                /* calcula el numero de datos */
                o = 0;
                while (data[c][o++] != END);
                if (n > o)
                    printf(ERROR02);
                else
                    {
                    /* calcula las proyecciones */
                    suaxp(&n,dev[c],data[c]);
                    suaxp(&n,autocor,dev[c]);
                    page = 0;
                    while(dev[c][++page] != END)
                        pronos[page - 1] = ((2 * dev[c][page]) -
                            autocor[page]) + (((2*dev[c][page])
                            - autocor[page]) - dev[c][page]) /
                            (n - 1) * p);
                    pronos[page - 1] = END;
                    /* imprime las proyecciones en la pantalla */
                    strcpy
                    (string3,"Suavizacion Exponencial Doble");
                    imprime(data[c],pronos,table[c],&n,&status,
                        fp,string3,&p);
                    /* calcula los errores */
                    if ((p+2) < o)
                        {
                        printf("\nOprima cualquier tecla\n");
                        line = getch();
                        errores(pronos,data[c],autocor,&o,&n,
                            &status,fp);
                        }
                    }
                }
            }
        }
```

Source code:

```
        if (status == 2)
            fprintf(fp, "%c", '\\');
        }
        if (status == 2)
            fclose(fp);
        printf("OK");
    }
}
}
}
}
break;

/* comando 'rs' y 're */
/* pide los parametros */
case 12:
    case 13: regresion(&status, &s, tabnum, tab, fp, data, autocor, dev,
                    pronos);
            break;
    }
}
}
}
exit(0);
}

regresion(status, s, tabnum, tab, fp, dat, proy, nul, errors)
int *status,
    *s,
    tabnum;
char tab[120];
FILE *fp;
double *dat[],
    *proy,
    *nul[], /* valor pasado para ahorrar espacio de stack */
    *errors;
{
    int stat,
        filpara[MAIFILES],
        fil,
        ch,
        n,
        c,
        l = 0,
        line,
```

Source code:

```
    page,
    0,
    p;
char outfile[20],
    string[20],
    string2[20];
double ndat[MAXFILES],
    exdat,
    a,
    b[MAXFILES],
    media[MAXFILES],
    dep[MAXFILES],
    mad;

if ((stat = reqparm(bfil,&p,outfile,s,status)) == NULL)
    printf(ERROR01);
else
    (
    if (stat == 1 || fil < 1 || fil > 9 || p < 1 || p > 700)
        printf(ERROR02);
    else
        (
        if (tabnum == 0)
            printf(ERROR13);
        else
            (
            /* abre el archivo de salida */
            abrearch(fp,outfile,&stat);
            if (stat == 0)
                printf(ERROR17,outfile);
            else
                (
                /* pide el archivo dependiente */
                printf("AD");
                ch = getchar();
                getword(string,&ch);
                while (ch != '\n')
                    ch = getchar();
                n = 0;
                c = -1;
                /* encontrar el numero del archivo */
                while (n < tabnum)
                    if (strcmp(string, tab[n++]) == 0)
                        c = n - 1;
                if (c == -1)
                    (
```

Source code:

```
        if (stat == 2)
            fclose(fp);
        printf(ERROR12,string);
    }
    else
    {
/* pide los archivos independientes */
        n = 0;
        while (n < fil)
        {
            printf("A12d> ",n+1);
            ch = getchar();
            getword(string2,&ch);
            while (ch != '\n')
                ch = getchar();
            o = -1;
            line = tabnum + 1;
            while (++o < tabnum)
                if (strcap(string2, tab[o]) == 0)
                    line = o;
            if (line > tabnum)
            {
                printf(ERROR12,string2);
                if (stat == 2)
                    fclose(fp);
                n = fil + 1;
            }
            else
                filparm[++] = line;
        }
        if (n == fil)
        {
/* calcula el numero de datos */
            o = -1;
            while (dat[c][++o] != END);
            line = 0;
            while (line < fil)
            {
                n = -1;
                while (dat[filparm[line]][++n] != END);
                if (n < o)
                    o = n;
                line++;
            }
            line = 0;
            exdat = dat[c][o];
        }
    }
}
```

Source code:

```
        dat[c][o] = END;
        while (line < #i)
        {
            ndat[line] = dat[filpara[line]][o];
            dat[filpara[line+1]][o] = END;
        }
/* calcula la linea de regresion e/
/* calcula las medias e/
        n = 0;
        sad = sumatoria(dat[c],&n) / n;
        line = 0;
        while (line < #i)
        {
            n = 0;
            media[line] = sumatoria(dat[filpara[line+1]],&n)/n;
        }
/* calcula las b e/
        line = 0;
        while (line < #i)
        {
            n = 0;
            b[line] = 0;
            while (dat[c][n] != END)
            {
                b[line] += (dat[c][n] * dat[filpara[line]][n]);
                n++;
            }
            n = 0;
            b[line] -= (media[line] * sumatoria(dat[c],&n));
            n = 2;
            a = sumatoria(dat[filpara[line]],&n);
            n = 0;
            a -= (media[line] * sumatoria(dat[filpara[line]],&n));
            b[line++] /= a;
        }
/* calcula a e/
        a = sad;
        line = 0;
        while (line < #i)
            a -= (media[line] * b[line++]);
/* calcula las proyecciones e/
        n = 0;
        while (n < p)
        {
            line = 0;
            printf("PROYECCION Id\n",n+1);
```


Source code:

```
    proy[n] = a;
    while (line < fil)
    {
        printf("%s>",tab[filpara[line]]);
        page = getfloat(&depl[line]);
        if (page == 1)
        {
            printf(ERRDR02);
            if (stat == 2)
                fclose(fp);
            line = fil + 1;
            n = p + 1;
        }
        else
            proy[n] += (b[line] * dep[line+]);
    }
    if (line <= fil)
    {
        printf("%s = I14.31f\n\n",tab[c],proy[n]);
        if (n == 0 && stat == 2)
        {
            l = 0;
            fprintf(fp,"Análisis de Regresion\n");
            fprintf(fp,"-----");
            fprintf(fp,"-----\n\n");
        }
        if (stat == 2)
        {
            l = 0;
            while (line < fil)
            {
                /* imprime las proyecciones */
                if (l > 56)
                {
                    l = 0;
                    fprintf(fp,"%c",'\f');
                    fprintf(fp,"Análisis de Regresion\n");
                    fprintf(fp,"-----");
                    fprintf(fp,"-----\n\n");
                }
                fprintf(fp,"Dato observado %s =\tI14.31f\n",
                    tab[filpara[line]],dep[line+]);
                l++;
            }
            fprintf(fp,"\nProyeccion en %s =\tI14.31f\n",tab[c],
                proy[n]);
        }
    }
}
```


Source code:

```
int c,  
    count = 0,  
    ret = NULL,  
    space,  
    point = 0;  
double mult = 1;  
char number[30];  
  
while((c = getchar()) != '\n')  
{  
    if ((c > 47 && c < 58) || c == '.')  
    {  
        if (c == '.' && point != 0)  
            ret = 1;  
        if (c == '.')  
        {  
            point = 1;  
            space = count;  
        }  
        number[count++] = c;  
    }  
    else  
        ret = 1;  
}  
number[count] = '\0';  
if (count == 0)  
    ret = 1;  
if (ret == 1)  
    return(ret);  
else  
{  
    if (point == 0)  
        space = count;  
    c = space;  
    *num = 0;  
    while (--c >= 0)  
    {  
        *num += ((number[c] - 48) * mult);  
        mult *= 10;  
    }  
    c = space;  
    mult = 1;  
    while (++c < count)  
    {  
        mult /= 10;  
        *num += ((number[c] - 48) * mult);  
    }  
}
```

Source codes:

```
    )
    return(ret);
  )
)

abrearch(fp,file,status)
FILE *fp;
char file[];
int estatus;
{
  /* abre el archivo de salida */
  if (estatus == 2)
    if ((fp = fopen(file,"r")) == NULL)
      fp = fopen(file,"w");
    else
      {
        fclose(fp);
        estatus = 0;
      }
}

imprime(dat,pro,naam,n,status,fp,metodo,q)
double dat[];
double prof[];
char naam[];
int *n;
int estatus;
FILE *fp;
char metodo[];
int *q;
{
  /* imprime las proyecciones */
  int line = 0,
      page = 0,
      num,
      p = 0;

  if (strcmp(metodo,"Suavizacion Exponencial Simple") == 0)
    {
      num = *n;
      *n = 1;
    }
  else
    if (strcmp(metodo,"Suavizacion Exponencial Doble") == 0)
      {
        num = *n;
      }
}
```

Source code:

```
        en = 1 + (eq);
    }
    printf("\n Periodo ");
    printf("      Datos      Proyecciones\n");
    printf(" -----");
    printf("-----\n");
    while (dat[p] != END)
    {
        if (++line == 20)
        {
            printf("\nOprima cualquier tecla\n");
            line = getch();
            printf("\n Periodo ");
            printf("      Datos      Proyecciones\n");
            printf(" -----");
            printf("-----\n");
            line = 0;
        }
        printf("  I4d  I14.31f",p + 1,dat[p]);
        if (p >= en)
            printf("  I14.31f\n",pro[p - en]);
        else
            printf("\n");
        p++;
    }
    while ((p - en) < 0)
    {
        if (++line == 20)
        {
            printf("\nOprima cualquier tecla\n");
            line = getch();
            printf("\n Periodo ");
            printf("      Datos      Proyecciones\n");
            printf(" -----");
            printf("-----\n");
            line = 0;
        }
        printf("  I4d          -- \n",p + 1);
        p++;
    }
    while (pro[p - en] != END)
    {
        if (++line == 20)
        {
            printf("\nOprima cualquier tecla\n");
            line = getch();
        }
    }
}
```

Source code:

```
printf("\n Periodo ");
printf("      Datos      Proyecciones\n");
printf("-----");
printf("-----\n");
line = 0;
}
printf("  I4d      --  ",p + 1);
printf("  I14.31f\n",prop - *n);
p++;
}
if (*status == 2)
{
line = 0;
p = 0;
fprintf(fp, "  Is", metodo);
if (strcmp(metodo, "Promedios Movibles Dobles") == 0)
num = (*n + 2 - *eq)/2;
else
if (strcmp(metodo, "Suavizacion Exponencial Doble") != 0 &&
strcmp(metodo, "Suavizacion Exponencial Simple") != 0)
num = *n;
fprintf(fp, "  N = I4d, Archivo 'Is'\n\n", num, name);
fprintf(fp, "  Periodo ");
fprintf(fp, "      Datos      Proyeccio");
fprintf(fp, "nes      ");
fprintf(fp, "      Pagina I4d\n", ++page);
fprintf(fp, "-----");
fprintf(fp, "-----\n");
while (dat[p] != END)
{
if (++line == 58)
{
fprintf(fp, "%c", '\f');
fprintf(fp, "  Is", metodo);
fprintf(fp, "  N = I4d, Archivo 'Is'\n\n", num, name);
fprintf(fp, "  Periodo ");
fprintf(fp, "      Datos      Proyecci");
fprintf(fp, "ones      ");
fprintf(fp, "      Pagina I4d\n", ++page);
fprintf(fp, "-----");
fprintf(fp, "-----\n");
line = 0;
}
fprintf(fp, "  I4d  I14.31f", p + 1, dat[p]);
if (p >= *n)
fprintf(fp, "  I14.31f\n", prop - *n);
}
```

Source code:

```

else
    fprintf(fp,"Zc",'\n');
p++;
}
while ((p - en) < 0)
{
    if (++line == 58)
    {
        fprintf(fp,"Zc",'\f');
        fprintf(fp," Is", setodo);
        fprintf(fp," M = Id, Archivo 'Is'\n\n",num,name);
        fprintf(fp," Periodo ");
        fprintf(fp," Datos      Proyecci");
        fprintf(fp," ones                ");
        fprintf(fp," Pagina Id\n", ++page);
        fprintf(fp," -----");
        fprintf(fp,"-----\n");
        line = 0;
    }
    fprintf(fp," I4d          --\n",p + 1);
    p++;
}
while (profp - en) != END)
{
    if (++line == 58)
    {
        fprintf(fp,"Zc",'\f');
        fprintf(fp," Is", setodo);
        fprintf(fp," M = Id, Archivo 'Is'\n\n",num,name);
        fprintf(fp," Periodo ");
        fprintf(fp," Datos      Proyecci");
        fprintf(fp," ones                ");
        fprintf(fp," Pagina Id\n", ++page);
        fprintf(fp," -----");
        fprintf(fp,"-----\n");
        line = 0;
    }
    fprintf(fp," I4d          -- ",p + 1);
    fprintf(fp," I14.3lf\n", profp - en);
    p++;
}
fprintf(fp,"Zc",'\f');
}
)
prosie(num,n,p,pro,dat)

```

Source code:

```
/* calcula las proyecciones */
int enum;      /* numero de datos */
int en;
int ep;        /* proyecciones */
double prof[]; /* pronosticos */
double dat[];  /* datos */
{
  int count1 = 0,
      count2,
      count3;

  while (count1 < (enum - en))
  {
    count2 = en + count1;
    prof[count1] = 0;
    while (--count2 >= count1)
      prof[count1] += dat[count2];
    prof[count1] /= en;
    count1++;
  }
  if (ep < 2)
    prof[count1] = END;
  else
  {
    count2 = count1;
    while (count2 < (ep + count1 - 1))
    {
      count3 = en + count2;
      prof[count2] = 0;
      while (count3 > count2)
        if (count3-- >= enum)
          prof[count2] += prof[count3 - en];
        else
          prof[count2] += dat[count3];
      prof[count2] /= en;
      count2++;
    }
    prof[count2] = END;
  }
}

suasp(n,pro,dat)
/* calcula las proyecciones */
int en;
double prof[]; /* pronosticos */
double dat[];  /* datos */
```


Source code:

```
(
int count1 = 0;

prof[count1] = dat[count1];
while (dat[+count1] != END)
    prof[count1] = (dat[count1]/(en)) - (prof[count1-1]/(en)) + prof[count1-1];
prof[count1] = END;
)

errores(pro,dat,err,o,n,status,fp)
double prof; /* pronosticos */
double dat[]; /* datos */
double err[]; /* errores */
int eo; /* numero de datos */
int en; /* n */
int *status;
FILE *fp;
(
int count1,
    num;
double eae, /* error medio absoluto */
    ee, /* error medio */
    see, /* suma de errores cuadrados */
    ese, /* error medio cuadrado */
    sde, /* desviacion estandar */
    ape, /* error porcentual medio */
    sape, /* error porcentual medio absoluto */
    fpe,
    ape,
    u; /* estadistica u */
/* calcula los errores */
count1 = 0;
(eo)--;
while (count1 < (eo - en))
    err[count1] = dat[count1 + en] - prof[count1+eo];
err[count1] = END;
/* calcula el error medio */
num = 0;
ee = sumatoria(err,&num) / num;
/* calcula el error medio absoluto */
num = 1; /* switch para valor absoluto */
eae = sumatoria(err,&num) / num;
/* calcula la suma de errores cuadrados */
num = 2; /* switch para cuadrados */
see = sumatoria(err,&num);
/* calcula el error medio cuadrado */
```

Source code:

```
ese = sse / num;
/* calcula la desviacion estandar */
sde = raiz(sse / (num - 1));
/* medidas relativas */
/* calcula el error porcentual */
count1 = 0;
while (count1 < (ee - en))
{
    err[count1] = ((dat[count1 + en]-pro[count1])/dat[count1 + en])*100;
    count1++;
}
err[count1] = END;
/* calcula el error porcentual medio */
num = 0;
ape = sumatoria(err,&num) / num;
/* calcula el error porcentual medio absoluto */
num = 1; /* switch para valor absoluto */
ape = sumatoria(err,&num) / num;
/* calcula el cambio relativo pronosticado */
count1 = 0;
while (count1 < (ee - en - 1))
{
    err[count1] = (pro[count1 + 1]-dat[count1 + en+ 1])/dat[count1 + en];
    count1++;
}
err[count1] = END;
num = 2;
fpe = sumatoria(err,&num);
/* calcula el cambio relativo actual */
count1 = 0;
while (count1 < (ee - en - 1))
{
    err[count1] = (dat[count1 + en+ 1]-dat[count1 + en])/dat[count1 + en];
    count1++;
}
err[count1] = END;
num = 2;
ape = sumatoria(err,&num);
u = fpe / ape;
/* imprime los resultados */
printf("\n\n\n Resultados :\n");
printf("-----");
printf("-----\n");
printf(" Error Medio          :");
printf("%14.3f\n",ee);
printf(" Error Medio Absoluto  :");
```

Source code:

```
printf("%14.3f\n\n",sse);
printf(" Suma de Errores Cuadrados      :");
printf("%14.3f\n\n",sse);
printf(" Error Medio Cuadrado           :");
printf("%14.3f\n\n",mse);
printf(" Desviacion Estandar de Errores :");
printf("%14.3f\n\n",sde);
printf(" Error Porcentual Medio-         :");
printf("%14.3f\n\n",ape);
printf(" Error Porcentual Medio Absoluto:");
printf("%14.3f\n\n",ape);
printf(" Estadistica U                     :");
printf("%14.3f\n",u);
printf(" -----");
printf("-----\n");
/* imprime los resultados al archivo */
if (status == 2)
{
  fprintf(fp, "\n Resultados :\n");
  fprintf(fp, " -----");
  fprintf(fp, "-----\n");
  fprintf(fp, " Error Medio              :");
  fprintf(fp, "%14.3f\n\n", mse);
  fprintf(fp, " Error Medio Absoluto    :");
  fprintf(fp, "%14.3f\n\n", mse);
  fprintf(fp, " Suma de Errores Cuadrados :");
  fprintf(fp, "%14.3f\n\n", sse);
  fprintf(fp, " Error Medio Cuadrado    :");
  fprintf(fp, "%14.3f\n\n", mse);
  fprintf(fp, " Desviacion Estandar de Errores :");
  fprintf(fp, "%14.3f\n\n", sde);
  fprintf(fp, " Error Porcentual Medio  :");
  fprintf(fp, "%14.3f\n\n", ape);
  fprintf(fp, " Error Porcentual Medio Absoluto:");
  fprintf(fp, "%14.3f\n\n", ape);
  fprintf(fp, " Estadistica U          :");
  fprintf(fp, "%14.3f\n", u);
  fprintf(fp, " -----");
  fprintf(fp, "-----\n");
}
}

regpara(f1,pro,out,c,st)
int *f1;
*pro;
char out[];
```

Source code:

```
int ec,  
    est;  
{  
    /* parametros para regresion */  
    int status = NULL;  
    char nfil[20],  
        pr[20];  
  
    if (est == 13)  
    {  
        getword(nfil,c);  
        if (ec != '\n')  
            while ((ec = getchar()) == ' ');  
        if (ec == '\n')  
            return(status);  
    }  
    else  
        strcpy(nfil, "1");  
    /* pide el parametro 2 */  
    getword(pr,c);  
    if (ec != '\n')  
        while ((ec = getchar()) == ' ');  
    if (ec == '\n')  
        status = 3;  
    if (status == NULL)  
        /* pide el archivo de salida */  
        {  
            getword(out,c);  
            if (ec != '\n')  
                while ((ec = getchar()) != '\n');  
            status = 2;  
        }  
    if (stcd_i(nfil,fil) == 0 || stcd_i(pr,pro) == 0)  
        status = 1;  
    return(status);  
}  
  
getpara(archivo,nua,pro,out,c,est)  
/* encuentra los parametros */  
char archivo[];  
char nua[];  
char pro[];  
char out[];  
int ec;  
int est;
```

Source code:

```
{
int status;

status = NULL;
getword(archivo,c);
if (ec != '\n')
    while ((ec = getchar()) == ' ');
if (ec == '\n')
    return(status);
else
{
/* pide el parametro 2 */
getword(num,c);
if (ec != '\n')
    while ((ec = getchar()) == ' ');
if (ec == '\n')
{
if (*st == 10)
    status = 1;
return(status);
}
else
{
if (*st != 10)
{
/* pide el parametro 3 */
getword(pro,c);
if (ec != '\n')
    while ((ec = getchar()) == ' ');
if (ec == '\n')
{
status = 1;
return(status);
}
}
else
/* pide el parametro 4 */
{
getword(out,c);
if (ec != '\n')
    while ((ec = getchar()) != '\n');
status = 2;
return(status);
}
}
}
else
{
```

Source code:

```
/* pide el parametro 4 */
    getword(out,c);
    if (ec != '\n')
        while ((ec = getchar()) != '\n');
    status = 2;
    return(status);
}
}
}

getword(instr,c)
char instr[];
int ec;
{

    int index = 0,
        num = 0;

    instr[num] = '\0';
    while (ec != ' ' && ec != '\n' && ++num < 20)
    {
        /* conversion a minusculas */
        if (ec > 64 && ec < 91)
            ec += 32;
        instr[index++] = ec;
        ec = getchar();
    }
    if (num > 19)
        while((ec = getchar()) != '\n' && ec != ' ');
    instr[index] = '\0';
}

double suatoria(dat,num) /* calcula la suatoria de */
double *dat;           /* un grupo de datos */
int *num;
{

    double sum = 0.0;
    int stat = 0;

    switch(*num)
    {
        case 1: stat = 8;
                break;
        case 2: stat = 7;
    }
}
```

Source code:

```
        break;
    case 3: stat = 6;
           break;
    case 0: stat = 0;
           break;
    )
    *num = 0;
    while (*(dat + *num) != END)
        switch(stat)
        {
            case 0: sum += absol(*(dat + (*num)++));
                   break;
            case 7: sum += square(*(dat + (*num)++));
                   break;
            case 6: sum += square(*(dat + *num)) * *(dat + (*num)++);
                   break;
            case 0: sum += *(dat + (*num)++);
                   break;
        }
    return(sum);
}
```

```
double absol(x)
double x;
{
    if (x < 0)
        return(-x);
    else
        return(x);
}
```

```
double raiz(x) /* raiz cuadrada con exactitud a 10 a la e /
double x;     /* menos sexta potencia por medio de e /
{             /* iteraciones e /
```

```
    double root = 0,
           mult = 1,
           res;
```

```
    while (x < 0)
        {
            x += 10;
            mult *= 10;
        }
    while (square(root) < x)
        root++;
```

Source code:

```
if ((absol(square(root) - x)) <= 9e-7)
{
  x /= mult;
  root /= square(mult);
  return(root);
}
else
{
  root--;
  while (square(root) < x)
    root += 0.1;
  if ((absol(square(root) - x)) <= 9e-7)
  {
    x /= mult;
    root /= square(mult);
    return(root);
  }
  else
  {
    root -= 0.1;
    while (square(root) < x)
      root += 0.01;
    if ((absol(square(root) - x)) <= 9e-7)
    {
      x /= mult;
      root /= square(mult);
      return(root);
    }
    else
    {
      root -= 0.01;
      while (square(root) < x)
        root += 0.001;
      if ((absol(square(root) - x)) <= 9e-7)
      {
        x /= mult;
        root /= square(mult);
        return(root);
      }
    }
  }
  else
  {
    root -= 0.001;
    while (square(root) < x)
      root += 0.0001;
    if ((absol(square(root) - x)) <= 9e-7)
    {

```


Source code:

```
(  
double sqr;  
sqr = x * x;  
return(sqr);  
)
```