

PRONÓSTICOS CON WINQSB

Ing. Annarella Parada Curbelo¹, Dr. C. Alberto Medina León², Ing. Daylin Medina Nogueira³, Dra. C. Dianelys Nogueira Rivera⁴, Dra. C. Arialys Hernández Nariño⁵

*1. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca
Km.3, Matanzas, Cuba.*

*2. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca
Km.3, Matanzas, Cuba.*

*3. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca
Km.3, Matanzas, Cuba.*

*4. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca
Km.3, Matanzas, Cuba.*

*5. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca
Km.3, Matanzas, Cuba.*

Resumen.

Dada la importancia que tiene para las empresas proyectarse al futuro sobre la base de pronósticos acertados y su vínculo con la elaboración de estrategias financieras, de mercadotecnia y productivas, el presente trabajo tiene como objetivo fundamental el estudio de varios métodos de pronósticos por series de tiempo sustentado en el uso del módulo *Forecasting* del *Quantitative System Business for Windows* (WINQSB) como herramienta por excelencia para dicho propósito. Como resultado se ejemplifican los elementos teóricos con la determinación del pronóstico de las ventas para el año 2013 de un objeto de estudio ficticio.

Palabras claves: Pronóstico; previsión.

Introducción

La planificación, implementación y control de actividades empresariales requiere estimaciones precisas que viabilice no solo la toma de decisiones de forma más acertada sino también el asentamiento de las bases para una mejor proyección hacia el futuro. Normalmente, estas estimaciones toman la forma de pronósticos y previsiones.

Los pronósticos son vitales para toda organización mercantil y para toda decisión administrativa importante. Los mismos constituyen el fundamento de los planes a largo plazo de la empresa. En las áreas funcionales de finanzas y contabilidad, los pronósticos son la base para la planeación del presupuesto y el control de los costos. El departamento de marketing depende de los pronósticos de ventas para sus planes de productos nuevos, para remunerar al personal de ventas y para tomar decisiones fundamentales. El personal de producción y el de operaciones usan los pronósticos para tomar decisiones de manera periódica, respecto a la selección de procesos, la planeación de la capacidad y la disposición física de las instalaciones, sí como para las decisiones sobre los planes de producción, los programas e inventarios.

(Everett et al. 1991) plantea: “si bien todos los elementos de la administración de operaciones son importantes, considero que los pronósticos son uno de los elementos decisivos en la estructura de las operaciones”, (...) “las necesidades del mercado están cambiando y hoy, más que nunca, tenemos que cumplir en la entrega de productos”.

De manera que, sin duda alguna, el pronóstico es esencial para aumentar la ventaja competitiva, a la vez que permite reaccionar rápidamente y con precisión a los cambios del mercado. Su estudio es una necesidad imperiosa, a pesar de las contradicciones entre exactitud y necesidad de las técnicas para su determinación. En consecuencia con lo anteriormente planteado, en el presente trabajo se desarrollaran varios métodos de pronósticos por series de tiempo haciendo uso del módulo *Forecasting* del *Quantitative System Business for Windows* (WINQSB), software muy utilizado en la actualidad tanto por estudiantes de pregrado y postgrado que incluyen en su plan de estudios asignaturas como la investigación de operaciones o temas relacionados; para dar solución a una gran variedad de problemas administrativos.

Principales Fundamentos Teóricos

Importancia y necesidad de la Gestión de la Demanda. Concepto de Previsión. Su importancia en la Gestión de Operaciones.

La planificación, implementación y control de actividades requiere estimaciones precisas del volumen de producto que va a manejar el sistema. Normalmente, estas estimaciones toman la forma de pronósticos y previsiones. Aunque no es frecuente que el personal logístico tenga la responsabilidad de realizar previsiones generales de la empresa, asunto que suele asignarse a algún equipo en particular, en ciertos casos como en el control de inventarios, la planificación del transporte o en planificaciones a corto plazo, la gestión del sistema logístico puede tener la necesidad de generar esta información.

La previsión de la demanda es una de las actividades generales de mayor relevancia para cualquier empresa, ya que provee los datos básicos de entrada para la planificación y el control de las áreas funcionales. En lo que respecta a la logística los problemas particulares de previsión se enfocan al carácter espacial y temporal de la demanda, y en la variación e irregularidad que posee (Medina, Maden & Rivera, 2008).

Los diferentes productos, o grupos de estos, dan lugar a diversos modelos de demanda a lo largo del tiempo, por lo que es importante determinar cuándo y qué nivel de demanda se va a producir. Según el tipo de producto se podrá diferenciar los niveles de servicio e individualizar su tratamiento.

Por otro lado, la localización espacial de la demanda y las diferencias geográficas afectan su comportamiento y hacen necesario planificar la ubicación de instalaciones, como los almacenes, para alcanzar un mejor control de los inventarios y un adecuado balance y distribución de los medios de transporte.

(Montgomery, Jennings & Kulahci, 2009) Plantean: “En los ámbitos empresarial, económico y político, la predicción y el pronóstico tienen diversos significados. Uno más específico para el pronóstico y otro más amplio para la predicción”. Define que:

Pronóstico: Es un proceso de estimación de un acontecimiento futuro surgido de proyectar hacia el futuro datos del pasado que combinan sistemáticamente en forma predeterminada para hacer una estimación del futuro.

Predicción o previsión: Proceso de estimación de un suceso futuro basándose en consideraciones subjetivas diferentes a los simples datos provenientes del pasado; estas consideraciones subjetivas no necesariamente deben combinarse de una manera predeterminada.

El Cuadro 1. brinda, a modo de predeterminación, la relación entre los usos que recibirán los pronósticos y las exigencias en cuanto a exactitud y periodicidad; así como, los métodos de pronósticos recomendados.

Uso de los pronósticos para las decisiones en operaciones	Horizonte de tiempo	Exactitud necesaria	Número de productos	Nivel gerencial	Métodos de pronósticos
Diseño del proceso	Largo	Media	Unos o pocos	Alto	Cualitativos o causales
Planeación de la capacidad de las instalaciones	Largo	Media	Unos o pocos	Alto	Cualitativos o causales

Planeación agregada	Mediano	Alta	Pocos	Mediano	Causales o series de Tiempo
Programación	Corto	La más alta	Muchos	Más bajo	Series de tiempo
Administración de inventario	Corto	La más alta	Muchos	<i>Más bajo</i>	Series de tiempo

Cuadro 1.1: Relación entre los métodos de pronóstico, el uso que se le dará, la exactitud exigida, el período de tiempo recomendado, el número de productos y el nivel en la gerencia para su aplicación.

Algunos preceptos a considerar:

- Se puede concluir que la previsión posee un carácter de arte y ciencia, pues está matizada por la experiencia y el conocimiento de la actividad de quien decide.
- Resulta importante lograr una relación exacta entre, el esfuerzo invertido en la previsión y los resultados obtenidos. Sólo destinar grandes recursos en los casos donde un error en la previsión implique daños grandiosos o que para su recuperación se requieran notables inversiones y mucho tiempo.
- Al estudiar los pronósticos se debe ser cuidadoso, no sumergirse demasiado en las técnicas y no perder de vista las razones para aplicarlas.
- El pronóstico en sí, no es un producto final, sino que debe utilizarse como una herramienta en la toma de decisiones.

Las técnicas empleadas en la realización de pronósticos varían en función del contenido del contexto en que se mueve el fenómeno objeto de la previsión.

En principio, las técnicas pueden clasificarse en dos grandes categorías: técnicas cuantitativas y técnicas cualitativas.

Varios autores como (Companys, 1990), (Schroeder, 2011), (Zandin & Maynard, 2011), (Hiller & Lieberman, 2001) coinciden en que:

- Las técnicas cualitativas se basan fundamentalmente en el conocimiento humano y efectúan las estimaciones futuras a partir de informaciones cualitativas tales como, opiniones de uno o más expertos, analogías, comparaciones, etc. En ocasiones son conocidas como técnicas subjetivas y en ellas, la distinción entre pronóstico y previsión no es tan acusada.
- Las técnicas cuantitativas se apoyan en dos técnicas estadísticas convencionales: El análisis de series de tiempo o cronológicas y los modelos causales.

Autores como (Schroeder, 2011), y (Hillier, Hillier & Lieberman, 2002), refieren a que, en los modelos causales, el tiempo no es la variable independiente “base” para la recogida de la información, sino que se suponen establecidas unas relaciones determinadas entre algunas de las variables que intervienen y se trata de determinar cuáles son “exactamente” estas relaciones. La forma más común de encontrarlas es como ecuaciones de regresión.

Los diferentes tipos de pronósticos a los que se hizo referencia pueden ser usados de manera conjunta. Para estudiar un mismo fenómeno.

Desarrollo de métodos de pronóstico por series de tiempo con WINQSB

WINQSB es una aplicación de gran potencia y fácil manejo, debido a su gran versatilidad permite la solución de una gran cantidad de problemas: administrativos, de producción, de recursos humanos, dirección de proyectos, etc.; es por ello que es considerado como el software más utilizado por estudiantes de pregrado o posgrado que participan en materias como la investigación de operaciones, métodos de trabajo, evaluación de proyectos, planeación de la producción, control de la calidad, simulación, estadística, entre otras disciplinas.

Para acceder al WINQSB se puede hacer a través del botón INICIO del sistema operativo WINDOWS, en el menú PROGRAMAS en la carpeta WINQSB.

WINQSB está conformado por 19 módulos como se muestra en la figura 1.1:

1. Análisis de muestreo de aceptación (*Acceptance Sampling Analysis*)
2. Planeación agregada (*Aggregate Planning*)
3. Análisis de decisiones (*Decision Analysis*)
4. Programación dinámica (*Dynamic Programming*)
5. Diseño y localización de plantas (*Facility Location and Layout*)
6. Pronósticos (*Forecasting*)
7. Programación por objetivos (*Goal Programming*)
8. Teoría y sistemas de inventarios (*Inventory Theory and System*)
9. Programación de jornadas de trabajo (*Job Scheduling*)
10. Programación lineal y entera (*Linear and integer programming*)
11. Procesos de *Harkov*
12. Planeación de Requerimiento de Materiales
13. Modelación de redes (*Network Modeling*)
14. Programación no lineal (*Nonlinear Programming*)
15. PERT y CPM (*PERT_CPM*)
16. Programación cuadrática (*Quadratic Programming*)
17. Cartas de control de calidad (*Quality Control Chart*)
18. Sistemas de cola (*Queuing Analysis*)
19. Simulación de sistemas de cola (*Queuing Analysis Simulation*)



Figura 1.1: Módulos del WINQSB

Para una mejor comprensión de los métodos se parte de un ejemplo a partir del que se desarrollarán los diferentes métodos de pronósticos por series de tiempo.

Ejemplo:

La serie histórica mostrada en la

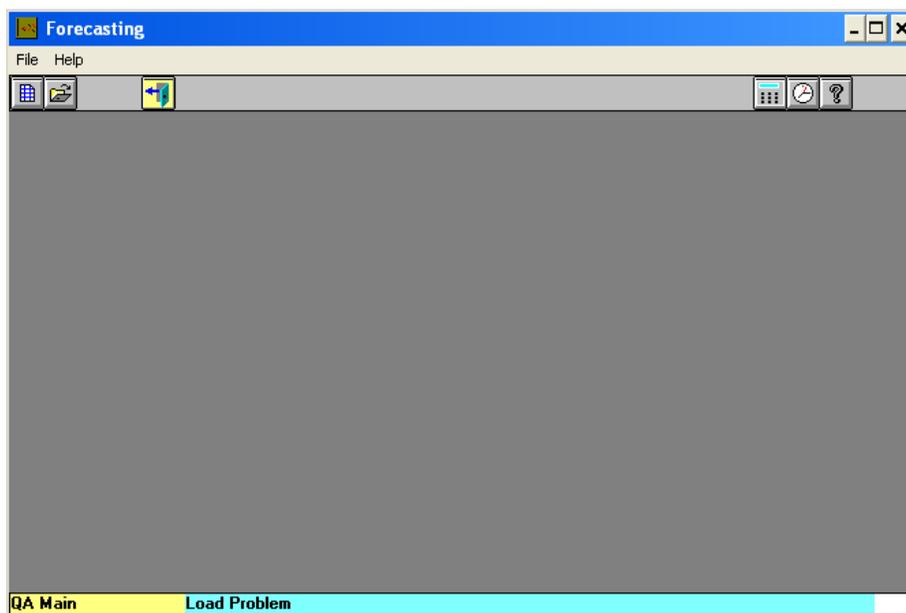
Años	Producción
2006	845
2007	920
2008	988
2009	1172
2010	1145
2011	1174
2012	1475

reflejan la producción en miles de pesos vendidos en una organización determinada desde el 2006 hasta el 2012.

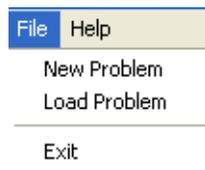
Años	Producción
2006	845
2007	920
2008	988
2009	1172
2010	1145
2011	1174
2012	1475

Tabla 1.1: Producción en miles de pesos vendidos

Al seleccionar el módulo de pronósticos (**Forecasting**) se abre la siguiente ventana con el título del módulo en la parte superior.

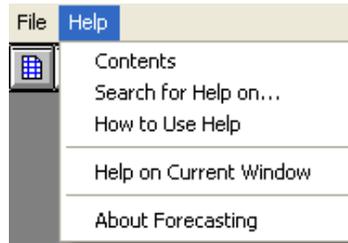


Debajo se encuentran los menú archivo (**File**) y ayuda (**Help**). El menú **File** comprende las siguientes opciones:



- ✓ Nuevo problema (**New Problem**): Permite introducir un nuevo problema.
- ✓ Abrir Problema (**Load Problem**): Abre un problema que se ha guardado con anterioridad.
- ✓ Salir (**Exit**): Sale del programa.

El menú ayuda (**Help**) lo conforman:



- ✓ Contenido (**Contents**): Contenido completo de la ayuda sobre el módulo seleccionado.
- ✓ Buscar ayuda en... (**Search for Help on...**): Búsqueda de ayuda mediante palabras claves.
- ✓ Cómo usar la ayuda (**How to Use Help**): Indicaciones (puede ser en español) de cómo se utiliza la ayuda para sacarle el máximo provecho.
- ✓ Ayuda sobre la ventana actual (**Help on Current Windows**): Interesante opción que muestra la ayuda sólo sobre los elementos que aparecen actualmente en la ventana.
- ✓ Acerca de... (**About LP-ILP**): Muestra datos sobre la creación del programa e información sobre la licencia.

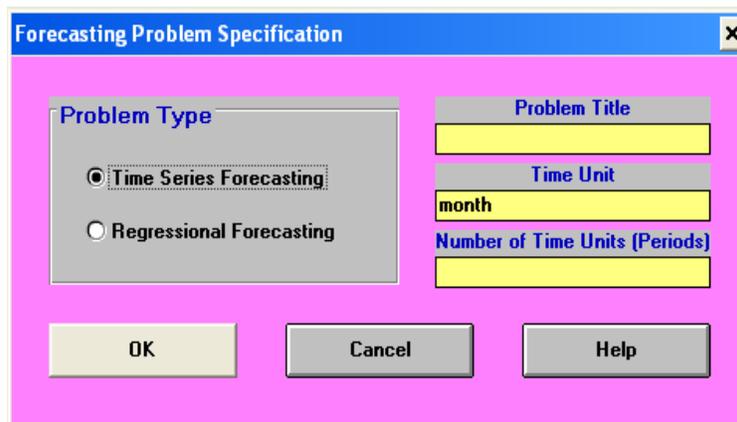
El programa también cuenta con una barra de herramientas que ayuda de forma significativa la selección de las opciones más usadas.



El primer botón permite la creación de un nuevo problema, el segundo abre un problema existente, mientras que el tercero, permite salir del programa.

En el centro de la venta se encuentra un espacio vacío a la que se le denomina Zona trabajo.

La opción Nuevo Problema (**New Problem**) genera una plantilla titulada especificaciones del problema de pronóstico (**Forecasting Problem Specification**) y resulta necesario se introduzcan las características del problema:



Forecasting Problem Specification

Problem Type

Time Series Forecasting

Regressional Forecasting

Problem Title

Time Unit

month

Number of Time Units (Periods)

OK Cancel Help

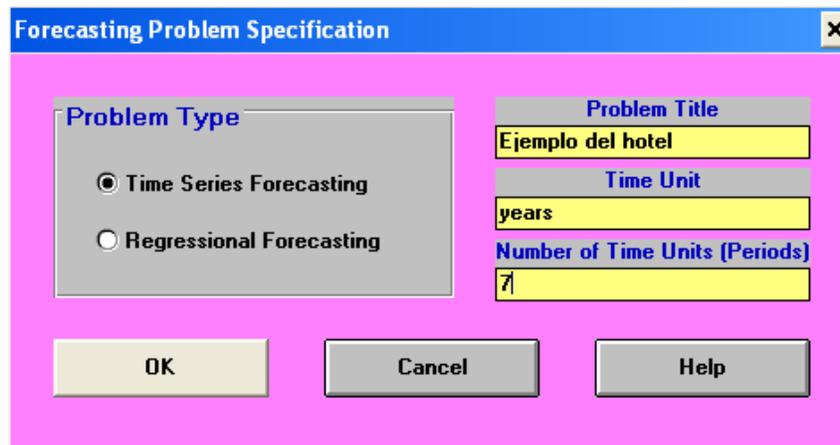
En la sesión izquierda de la plantilla se especifica el tipo de problema (*Problem Type*):

- ✓ Pronóstico de Series de Tiempos (*Time Series Forecasting*)
- ✓ Regresión lineal (*Linear Regression*):

En este caso particular se trabajará, como antes se había comentado, con los pronósticos de series de tiempos por lo que se hace necesario la introducción de los datos siguientes:

- ✓ Título del problema (*Problem Title*): Nombre con el que se identificará el problema.
- ✓ Unidad de Tiempo (*Time Unit*): Se especifica la unidad de tiempo de la serie. Como se aprecia aparece implícito los meses pero el cálculo de la tendencia resulta más usual para los años por lo que es aconsejable, en la mayoría de los casos, realizar el cambio.
- ✓ Número de unidades de tiempo (*Number of Time Units - Periodos*): Datos disponibles.

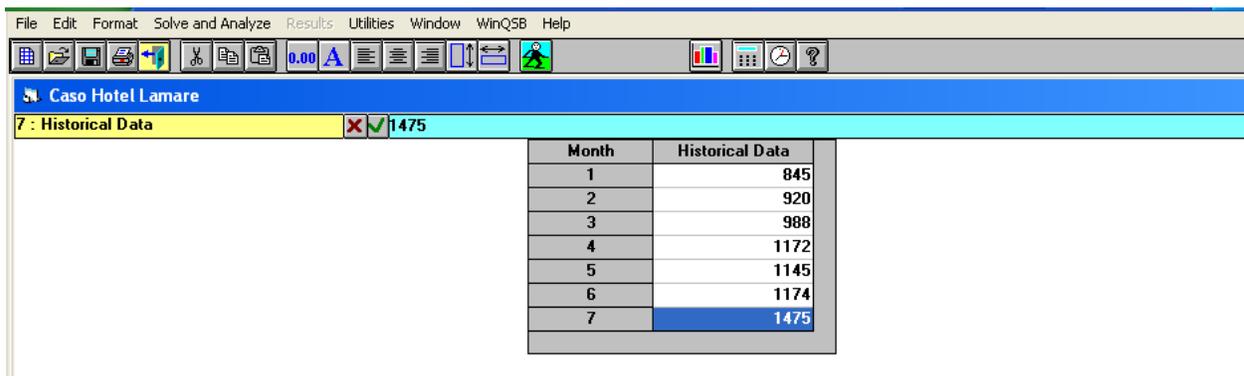
Retomando el ejemplo, la plantilla de especificaciones del problema quedaría llena como se muestra a continuación:



The dialog box titled "Forecasting Problem Specification" contains the following fields and controls:

- Problem Type:** Radio buttons for "Time Series Forecasting" (selected) and "Regression Forecasting".
- Problem Title:** Text box containing "Ejemplo del hotel".
- Time Unit:** Text box containing "years".
- Number of Time Units (Periods):** Text box containing "7".
- Buttons:** "OK", "Cancel", and "Help".

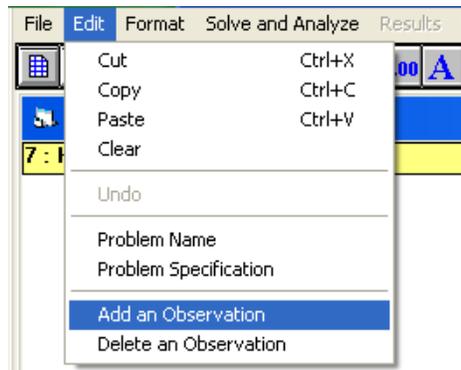
Luego del llenado de las especificaciones se da click derecho al botón **OK** y aparecerá en la zona de trabajo una ventana que en la parte superior izquierda tiene el título del problema y debajo se muestra una plantilla para la introducción de los datos históricos como se muestra:



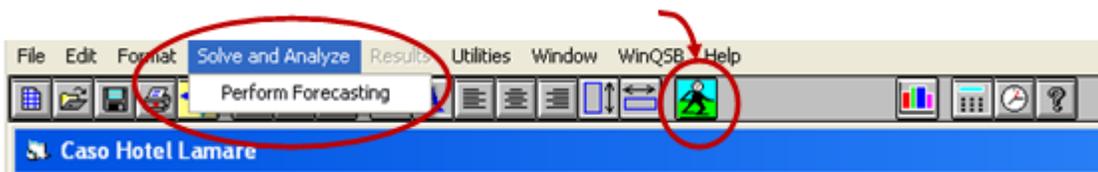
The software interface shows a window titled "Caso Hotel Lamare" with a "Historical Data" table. The table has the following data:

Month	Historical Data
1	845
2	920
3	988
4	1172
5	1145
6	1174
7	1475

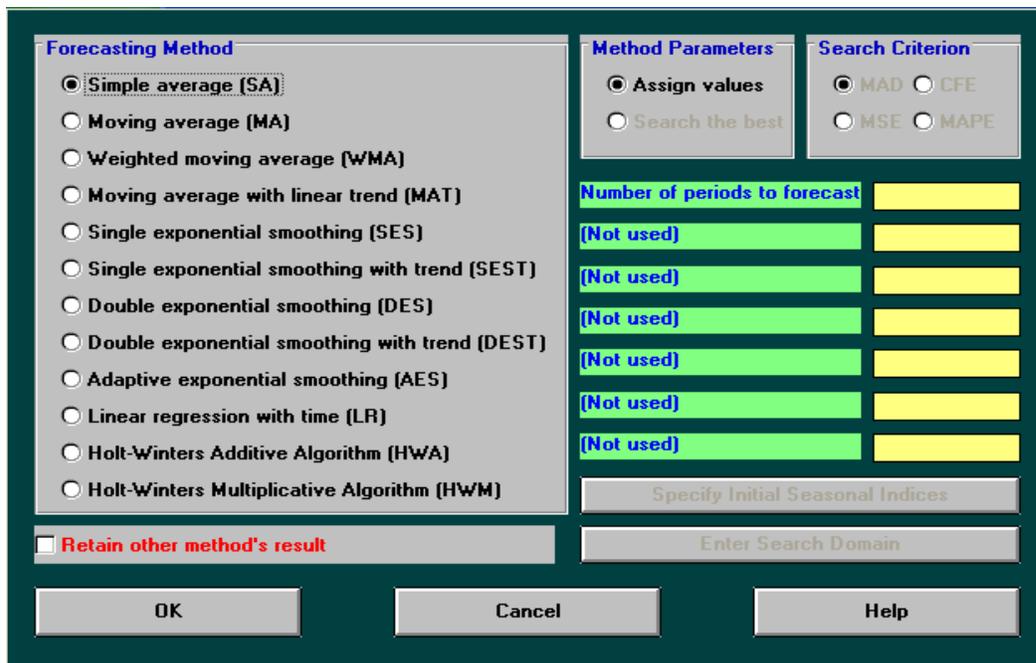
En el caso que se quiera eliminar o agregar nuevos datos, las opciones agregar una observación (*Add an Observation*) y eliminar una observación (*Delete an Observation*) en el menú *Editar (Edit)* permitirán hacerlo.



Posterior a los datos históricos se procede a resolver y analizar el problema para lo que se selecciona la opción *Solve and Analyze, Perform Forecasting* o simplemente dando click izquierdo en el ícono señalado:



Inmediatamente, aparece una nueva ventana que visualiza los diferentes métodos de solución para series de tiempo:



- ✓ Promedio simple (*Simple Average*)
- ✓ Promedio móvil (*Moving Average*)
- ✓ Promedio móvil ponderado (*Weighted Moving Average*)
- ✓ Promedio móvil con tendencia lineal (*Moving Average with Linear Trend*)
- ✓ Suavizado exponencial simple (*Single Exponential Smoothing*)
- ✓ Suavizado exponencial simple con tendencia lineal (*Single Exponential Smoothing with Linear Trend*)
- ✓ Suavizado exponencial doble (*Double Exponential Smoothing*)
- ✓ Suavizado exponencial doble con tendencia lineal (*Double Exponential Smoothing with Linear Trend*)
- ✓ Suavizado exponencial adaptado (*Adaptive Exponential Smoothing*)
- ✓ Regresión lineal con tiempos (*Linear Regression with Time*)
- ✓ Algoritmo suma Holt-Winters (*Holt-Winters Additive Algorithm*)
- ✓ Algoritmo multiplicativo Holt-Winters (*Holt-Winters Multiplicative Algorithm*).

Es importante destacar que en dependencia del método seleccionado, serán los datos que hay que entrar en la sección derecha de la ventana.

En la parte inferior izquierda en letras rojas se encuentra la opción *Retain other methods result* que permite mantener el resultado de un método para poder compararlo con otros distintos. A continuación se inicia la solución y análisis del ejemplo a través de diferentes métodos.

Solución y análisis del ejemplo

- ✓ Método *Simple Average*

Primeramente como antes se había mencionado, se realiza la selección del método, para lo cual se requiere la entrada del número de períodos a pronosticar (*Number of periods to forecast*). A continuación se muestra la ventana resultante.

The screenshot shows a software window with three main sections: Forecasting Method, Method Parameters, and Search Criterion. In the Forecasting Method section, 'Simple average [SA]' is selected. In the Method Parameters section, 'Assign values' is selected, and 'Number of periods to forecast' is set to 1. In the Search Criterion section, 'MAD' is selected. At the bottom left, the checkbox 'Retain other method's result' is checked. The window has 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons at the bottom.

Forecasting Method	Method Parameters	Search Criterion
<input checked="" type="radio"/> Simple average [SA]	<input checked="" type="radio"/> Assign values	<input checked="" type="radio"/> MAD <input type="radio"/> CFE
<input type="radio"/> Moving average [MA]	<input type="radio"/> Search the best	<input type="radio"/> MSE <input type="radio"/> MAPE
<input type="radio"/> Weighted moving average [WMA]	Number of periods to forecast: 1	
<input type="radio"/> Moving average with linear trend [MAT]	(Not used)	
<input type="radio"/> Single exponential smoothing [SES]	(Not used)	
<input type="radio"/> Single exponential smoothing with trend [SEST]	(Not used)	
<input type="radio"/> Double exponential smoothing [DES]	(Not used)	
<input type="radio"/> Double exponential smoothing with trend [DEST]	(Not used)	
<input type="radio"/> Adaptive exponential smoothing [AES]	(Not used)	
<input type="radio"/> Linear regression with time [LR]	(Not used)	
<input type="radio"/> Holt-Winters Additive Algorithm [HWA]	(Not used)	
<input type="radio"/> Holt-Winters Multiplicative Algorithm [HWM]	(Not used)	
<input checked="" type="checkbox"/> Retain other method's result	Specify Initial Seasonal Indices	Enter Search Domain

Número de períodos a pronosticar: 1 año (2013). Aunque resulta factible el cálculo para diversos períodos futuros la experiencia ha demostrado que resulta más preciso en el año próximo solamente.

Una vez concluido el completamiento de los datos se da click izquierdo en el botón **OK**, dando origen al resultado del pronóstico.

10-25-2013 Years	Actual Data	Forecast by SA	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-sqaure
1	845								
2	920	845	75	75	75	5625	8.152174	1	1
3	988	882.5	105.5	180.5	90.25	8377.625	9.415155	2	1
4	1172	917.6667	254.3333	434.8333	144.9444	27146.9	13.51037	3	1
5	1145	981.25	163.75	598.5833	149.6458	27063.69	13.7081	4	1
6	1174	1014	160	758.5833	151.7167	26770.95	13.69221	5	1
7	1475	1040.667	434.3334	1192.917	198.8195	53750.04	16.31789	6	1
8		1102.714							
CFE		1192.917							
MAD		198.8195							
MSE		53750.04							
MAPE		16.31789							
Trk. Signal		6							
R-sqaure		1							

El pronóstico de ventas para el año 2013 se puede observar en la columna Pronóstico por *SES (Forecast for SES)* en la fila número 8, o sea, 1102.714 miles de pesos. El error acumulado del pronóstico (CFE) es de 1192,917. La desviación media absoluta (MAD) es de 198.8195, con una señal de rastreo (Trk. Signal) igual a 6. La desviación cuadrática media (M.S.E) tiene un valor de 53750,04. El error porcentual medio absoluto (MAPE) de 16,31789 y el coeficiente de determinación igual a 1.

El software no determina el valor de la medida de dispersión del M.S.E (desviación estándar) pero se puede determinar manualmente a través de su expresión de cálculo:

$$MSE = [\sum(Y_t - \hat{Y}_t)^2] / n$$

Otro resultado que no brinda el software es el valor del sesgo o BIAS; pero teniendo en cuenta su expresión de cálculo y la similitud con el FE (error del pronóstico) y el CFE se puede determinar manualmente de la siguiente forma:

$$BIAS = (\sum FE) / n \quad \text{o} \quad BIAS = CFE / n$$

$$FE = Y_t - \hat{Y}_t$$

Donde:

FE: Error del pronóstico

n: cantidad de años para los que se pudo determinar el pronóstico y el error (caso anterior n=6)

Y_t : Valor real ocurrido en la serie histórica.

\hat{Y}_t : Valor estimado o pronosticado según la aplicación del modelo de pronóstico seleccionado.

CFE: Error acumulado del pronóstico

$$\text{BIAS} = 1192.917/6=198,8195$$

La no determinación del BIAS es una limitante de esta herramienta. El BIAS permite modificar al pronóstico y acercarlo a una previsión más real, por ejemplo que BIAS=198,8195 significa que con la aplicación de este modelo de pronóstico el valor estimado posee un retardo promedio con respecto al real de 198,8195 y, una estimación de $1102.714 + 198,8195 = 1301,53$ sería más precisa.

Por tanto, una vez determinado el valor del pronóstico con sus respectivos errores se puede proceder a la previsión a través de la expresión:

Previsión = Valor del pronóstico + BIAS

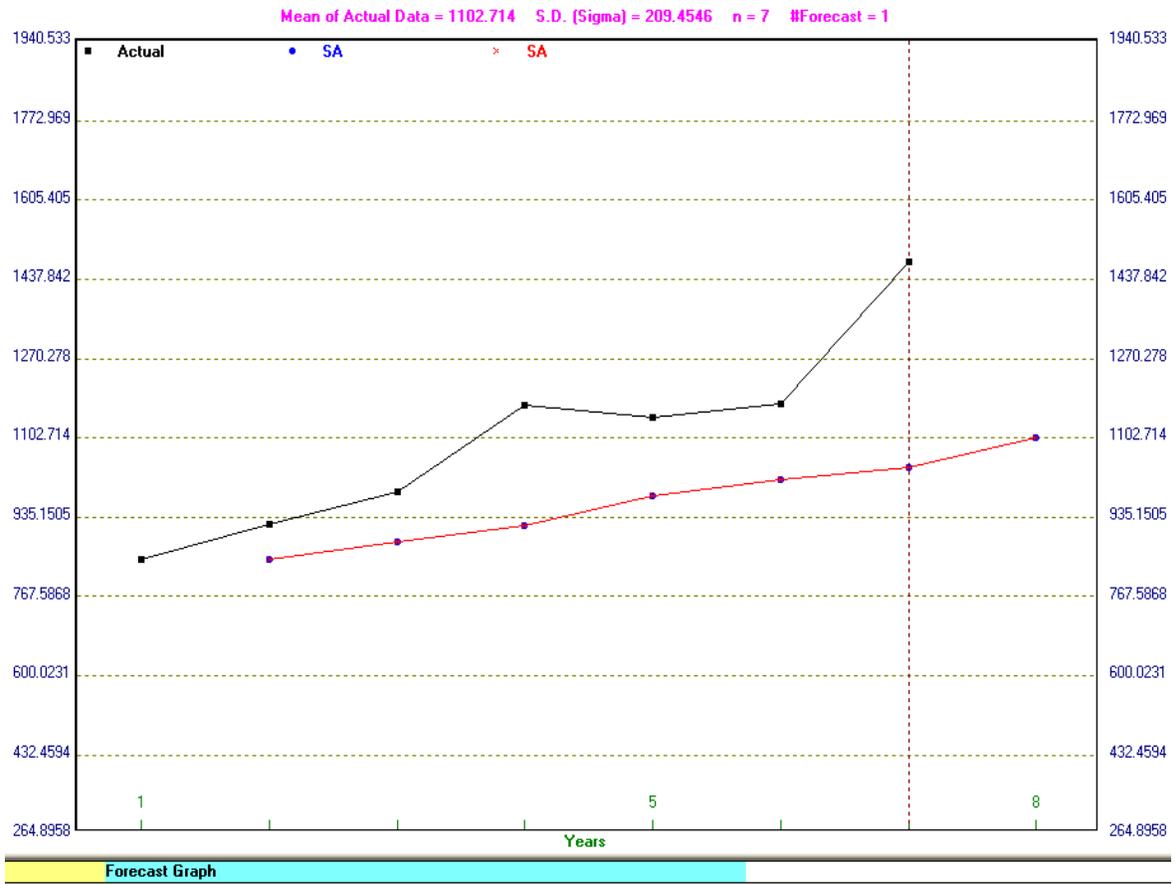
En caso de BIAS ser negativo se considera el signo y se interpreta como que el error posee un adelanto con respecto a lo real.

Algunas consideraciones:

FE es la diferencia entre el valor real y el pronosticado (920-845 para el primer caso).

CFE brinda el valor acumulado de FE.

El software ofrece la posibilidad de graficar los resultados en el menú **Results** en la opción **Show Forecasting in Graph**.



✓ Método del promedio móvil

Como antes se comentó luego de la selección del método, se introducen los datos:

Número de períodos a pronosticar: 1

Número de períodos en el promedio (m): m=2 y m=3

A continuación se muestra la ventana resultante con m=2:

Forecasting Method	Method Parameters	Search Criterion
<input type="radio"/> Simple average (SA) <input checked="" type="radio"/> Moving average (MA) <input type="radio"/> Weighted moving average (WMA) <input type="radio"/> Moving average with linear trend (MAT) <input type="radio"/> Single exponential smoothing (SES) <input type="radio"/> Single exponential smoothing with trend (SEST) <input type="radio"/> Double exponential smoothing (DES) <input type="radio"/> Double exponential smoothing with trend (DEST) <input type="radio"/> Adaptive exponential smoothing (AES) <input type="radio"/> Linear regression with time (LR) <input type="radio"/> Holt-Winters Additive Algorithm (HWA) <input type="radio"/> Holt-Winters Multiplicative Algorithm (HWM)	<input checked="" type="radio"/> Assign values <input type="radio"/> Search the best	<input checked="" type="radio"/> MAD <input type="radio"/> CFE <input type="radio"/> MSE <input type="radio"/> MAPE
	Number of periods to forecast	1
	Number of periods in average	2
	(Not used)	
Specify Initial Seasonal Indices		
Enter Search Domain		
<input checked="" type="checkbox"/> Retain other method's result		
OK	Cancel	Help

En este método los valores de m pueden oscilar entre 2 y 5 (teniendo en cuenta que la cantidad de años en la serie es 7) en dependencia del propósito, si lo que se pretende es darle seguimiento al mercado debe ser menor (2) y si por el contrario m aumenta (5) disminuye la capacidad de respuesta antes los cambios del mercado. En el ejemplo que se trabaja se tuvieron en cuenta dos valores de m (m=2 y m=3).

Resultados del pronóstico

10-25-2013 Years	Actual Data	Forecast by SA	Forecast by 2-MA	Forecast by 3-MA	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-sqaure
1	845										
2	920	845									
3	988	882.5	882.5								
4	1172	917.6667	954	917.6667	254.3333	254.3333	254.3333	64685.43	21.70079	1	1
5	1145	981.25	1080	1026.667	118.3334	372.6667	186.3333	39344.11	16.01779	2	1
6	1174	1014	1158.5	1101.667	72.33337	445.0001	148.3334	27973.45	12.73229	3	1
7	1475	1040.667	1159.5	1163.667	311.3334	756.3334	189.0834	45212.2	14.82605	4	1
8		1102.714	1324.5	1264.667							
CFE		1192.917	719.5	756.3334							
MAD		198.8195	143.9	189.0834							
MSE		53750.04	32531.95	45212.2							
MAPE		16.31789	11.53316	14.82605							
Trk.Signal		6	5	4							
R-sqaure		1	1	1							
			m=2	m=3							

Puesto que a inicios de la solución del ejemplo se seleccionó la opción *Retain other method's result* en la ventana anterior se muestra no solo el resultado del pronóstico

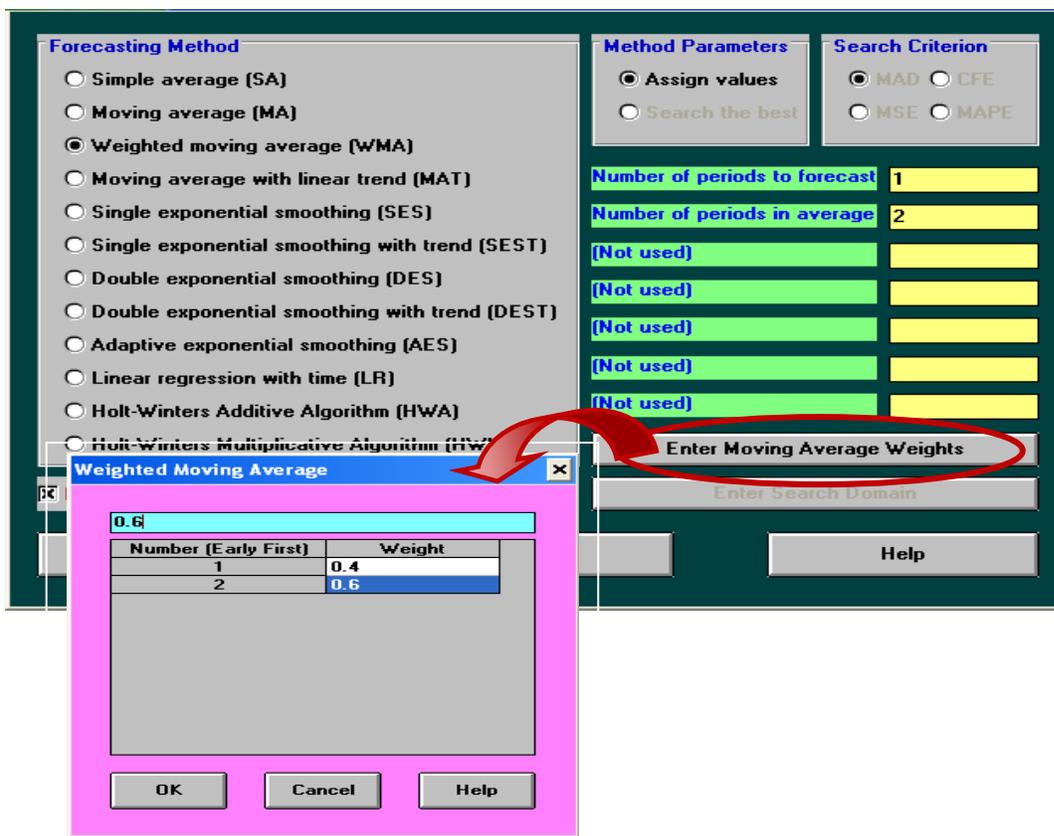
arrojado por el método de promedio simple, sino que, también muestra los resultados del presente método (promedio móvil) permitiendo comparar entre uno y otro para la selección del mejor resultado.

En este sentido el mejor método de pronóstico será aquel que tenga un menor MAD y menor MSE. El método más usado entre los dos es el MAD puesto que el MSE se utiliza en casos de grandes costos y riesgos; esto acompañado del resultado de la señal de rastreo que debe oscilar entre -6 y +6.

En este caso, el mejor método de pronóstico es el de promedio móvil con $m=2$, el cual arroja un pronóstico de ventas para el 2013 igual a 1324,5 miles de pesos. El MAD tiene un valor de 143,9 y la señal de rastreo está dentro de los límites establecidos (5).

✓ Promedios móviles ponderados

En el presente método además de la entrada del número de períodos para el pronóstico y del valor de m , se requiere el ingreso de los pesos del promedio móvil en el botón *Enter Moving Average Weights*, como se muestra en las siguientes ventanas:



La cantidad de pesos (α) a entrar está dada por el valor de m , así que en este caso la cantidad es 2. El orden de los pesos está determinado por el grado de antigüedad de los

datos, es decir, primero se pondera el año más antiguo y luego el más reciente, según el software.

Ahora bien, según la bibliografía: $\alpha_1 \geq \alpha_2 \geq \dots \geq \alpha_t$, por lo que hay que tener mucho cuidado al otorgar las ponderaciones, puesto que los autores plantean que α_1 corresponde al peso del año más reciente y debe ser mayor o igual que los demás, y el software define que α_1 corresponde al peso del año más antiguo. Así que, haciendo coincidir un criterio con otro, se debe otorgar mayor peso al año más reciente, es decir, α_2 (para el software dado que es el año asociado al valor más reciente). Otra condición que debe cumplir α es:

$$\sum_{i=1}^t \alpha_i = 1$$

El software ofrece una solución aunque no se cumpla esta condición, lo que constituye una dificultad del mismo. Por tanto, el usuario deberá velar por el cumplimiento de esta condición que el software no valida.

En la medida de que el valor de alfa más reciente sea mayor se busca un mayor seguimiento al mercado. Pero si este valor decrece también lo hace la capacidad de respuesta al mercado del método.

En este caso como se mostró anteriormente: $\alpha_1 = 0,4$ y $\alpha_2 = 0,6$.

Resultados del pronóstico

10-25-2013 Years	Actual Data	Forecast by SA	Forecast by 2-MA	Forecast by 3-MA	Forecast by 2-WMA	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-sqaure
1	845											
2	920	845										
3	988	882.5	882.5		890	98	98	98	9604	9.919028	1	1
4	1172	917.6667	954	917.6667	960.8	211.2	309.2	154.6	27104.71	13.96975	2	1
5	1145	981.25	1080	1026.667	1098.4	46.59998	355.7999	118.6	18793.66	10.66979	3	1
6	1174	1014	1158.5	1101.667	1155.8	18.19995	373.9999	93.49997	14178.05	8.389905	4	1
7	1475	1040.667	1159.5	1163.667	1162.4	312.6	686.5999	137.32	30886.19	10.95057	5	1
8		1102.714	1324.5	1264.667	1354.6							
CFE		1192.917	719.5	756.3334	686.5999							
MAD		198.8195	143.9	189.0834	137.32							
MSE		53750.04	32531.95	45212.2	30886.19							
MAPE		16.31789	11.53316	14.82605	10.95057							
Trk.Signal		6	5	4	5							
R-sqaure		1	1	1	1							
			m=2	m=3	m=2							
					W(1)=0.4							
					W(2)=0.6							

Según los resultados del método el pronóstico de ventas para el año 2013 es 1354,6 miles de pesos. Es válido destacar que comparativamente con los restantes métodos es mejor puesto que el valor del MAD es menor (137,32) y la señal de rastreo se encuentra en el rango establecido.

✓ **Promedio móvil con tendencia lineal**

Para este método se requiere el ingreso de la cantidad de períodos a pronosticar y el valor de m. En la ventana siguiente se muestran los datos.

Resultados del pronóstico

10-29-2013 Month	Actual Data	Forecast by SA	Forecast by 2-MA	Forecast by 3-MA	Forecast by 2-WMA	Forecast by 2-MAT	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-sqaure
1	845												
2	920	845											
3	988	882.5	882.5		890	995	-7	-7	7	49	0.708502	-1	1
4	1172	917.6667	954	917.6667	960.8	1056	116	109	61.5	6752.5	5.303056	1.772358	0.4608341
5	1145	981.25	1080	1026.667	1098.4	1356	-211	-102	111.3333	19342	9.67802	-0.9161676	1
6	1174	1014	1158.5	1101.667	1155.8	1118	56	-46	97.5	15290.5	8.451019	-0.4717949	1
7	1475	1040.667	1159.5	1163.667	1162.4	1203	272	226	132.4	27029.2	10.44895	1.706949	0.7161025
8		1102.714	1324.5	1264.667	1354.6	1776							
CFE		1192.917	719.5	756.3334	686.5999	226							
MAD		198.8195	143.9	189.0834	137.32	132.4							
MSE		53750.04	32531.95	45212.2	30886.19	27029.2							
MAPE		16.31789	11.53316	14.82605	10.95057	10.44895							
Trk.Signal		6	5	4	5	1.706949							
R-sqaure		1	1	1	1	0.7161025							
			m=2	m=3	m=2	m=2							
					W(1)=0.4								
					W(2)=0.6								

Según el resultado del método el pronóstico de ventas para el año 2013 es de 1776 miles de pesos. El mismo posee un MAD igual a 132,4 y una señal de rastreo igual a 1,7. Comparando este método con los demás es mejor para el caso que se analiza.

✓ **Método de suavizado exponencial simple**

Para el presente método se requiere la entrada de:

- cantidad de períodos a pronosticar: 1
- *smoothing constant alpha* (el alfa constante suavizador)
- *Initial value F(0) if known* (valor inicial si es conocido)

Aquí los valores de alfa que se recomiendan oscilan entre 0,1 y 0,3; puesto que este es un método concebido para no dar un seguimiento brusco al mercado. Además requiere de la estimación por parte del investigador de un valor inicial que se recomienda hacerlo con la utilización con la media aritmética (los autores del presente trabajo). El software no valida tampoco que los valores de alfa cumplan la condición de estar entre 0,1 y 0,3.

En el ejemplo tratado, primero se pronostica utilizando el criterio del período anterior y luego con la media aritmética, en ambos casos alfa toma un valor de 0,2.

En la ventana siguiente se muestran los datos:

The screenshot shows a software interface for forecasting. It is divided into three main sections: Forecasting Method, Method Parameters, and Search Criterion.

- Forecasting Method:** Single exponential smoothing (SES) is selected.
- Method Parameters:**
 - Number of periods to forecast: 1
 - Smoothing constant alpha: 0.2
 - Initial value F(0) if known: 1475 (highlighted with a red circle and labeled 'Período anterior')
 - (Not used)
 - (Not used)
 - (Not used)
 - (Not used)
- Search Criterion:** MAD is selected.

Buttons at the bottom include OK, Cancel, and Help. A checkbox 'Retain other method's result' is checked.

This is a close-up of the 'Initial value F(0) if known' field from the previous screenshot. The value '1103' is entered in the field, which is highlighted with a red circle and labeled 'Media aritmética'.

Resultados del pronóstico

10-29-2013 Month	Actual Data	Forecast by SES	Forecast by SES	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-sqaure
1	845									
2	920	1349	1051.4	-131.4	-131.4	131.4	17265.97	14.28261	-1	1
3	988	1263.2	1025.12	-37.12	-168.52	84.26001	9321.931	9.019848	-2	1
4	1172	1208.16	1017.696	154.304	-14.216	107.608	14151.2	10.40186	-0.1321092	2.043278E-02
5	1145	1200.928	1048.557	96.44324	82.22723	104.8168	12938.72	9.90714	0.7844851	5.704231E-02
6	1174	1189.742	1067.845	106.1545	188.3818	105.0844	12604.73	9.734137	1.792672	0.1578095
7	1475	1186.594	1089.076	385.9236	574.3054	151.8909	35326.78	12.4725	3.781039	0.314863
8		1244.275	1166.261							
CFE		-523.6243	574.3054							
MAD		183.4061	151.8909							
MSE		57939.56	35326.78							
MAPE		17.22473	12.4725							
Trk. Signal		-2.855	3.781039							
R-sqaure		0.3539088	0.314863							
		Alpha=0.2	Alpha=0.2							
		F(0)=1475	F(0)=1103							

El pronóstico de ventas para el año 2013 con un valor inicial igual al período anterior es de 1244,245 miles de pesos y para un valor inicial igual a la media aritmética es de 1166,261 miles de pesos. Como se puede apreciar en ambos resultados el error del MAD aumenta en comparación con el método desarrollado anteriormente, lo que quiere decir, que el método de promedio móvil con tendencia lineal ofrece un mejor valor de pronóstico.

Conclusiones

Luego de haber realizado el pronóstico para el ejemplo anteriormente detallado a través de diferentes métodos de series de tiempo se concluye que el método que arroja un mejor valor de pronóstico de ventas para el año 2013 es de 1776 miles de pesos. El mismo posee un MAD igual a 132,4 y una señal de rastreo igual a 1,7.

Forecasting del Quantitative System Business for Windows (WINQSB) es una aplicación de gran potencia y fácil manejo, debido a su gran versatilidad permite la solución de una gran cantidad de problemas: administrativos, de producción, de recursos humanos, dirección de proyectos, entre otros.

Bibliografía

1. Chase, R.; Aquilano, N.J. & Jacobs, F.R. *Administración de operaciones - Manufactura y servicios* (10ª ed.) McGraw-Hill Interamericana, Santa Fe de Bogotá. 2008.
2. Companys Pascual, R. *Previsión tecnológica de la demanda*. Editorial Boixerau Marcombo, Barcelona. 1990.
3. Everett, E. et al. *Administración de la producción y las operaciones - Conceptos, modelos y funcionamiento*. Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana, México DF. 1991.
4. Fernández Sánchez, E. *Dirección de la producción I - Fundamentos estratégicos*. Editorial Civil, Oviedo. 1993.
5. Hiller, F. S. & Lieberman, G. J.. *Investigación de operaciones*. México: McGraw-Hill. 2001.
6. Hillier, F. S., Hillier, M. S. & Lieberman, G. J. *Métodos cuantitativos para administración*. México: McGraw Hill. 2002.
7. Medina, A., Maden, R. H. & Rivera, D. N. *Fundamentos Generales de la logística. Capítulo 5*. La Habana. 2008.
8. Montgomery, D. C., Jennings, C. L. & Kulahci, M. *Introduction to time series analysis and forecasting*. New York: Wiley. 2009.
9. Schroeder, R. *Administración de Operaciones. casos y conceptos contemporáneos*. (Segunda Edición ed.). México D.F. 2011.
10. Torres, Daduna y Mederos. *Fundamentos Generales de la Logística*. Editorial universitaria, Cuba. 2007. ISBN 978-959-16-0531-3.
11. Zandin, K. & Maynard. *Maynard, Manual de Ingeniero Industrial (2 Vols) (5a ed)*. México: MC Graw Hill. 2011.