

REVISIÓN DEL MÉTODO DE PRONÓSTICO DEL TEXTO. ELEMENTOS DE PRODUCCIÓN

MILLER ALARCÓN

RESUMEN:

Este documento hace una revisión de un método de pronóstico, que se usa en diferentes programas de Ingeniería Industrial y en algunos programas de post-graduo de nuestro país, en asignaturas propias del área de producción. El método "Torres", como lo llamaremos de aquí en adelante, se basa en el uso de la técnica de suavización exponencial, basado en el texto de Spyros Makridakis: *Método de pronóstico basado en la técnica de suavización exponencial*, (México: Limusa, 1997) En el documento se puede observar más a fondo el análisis que se hizo de cada uno de los componentes del método de Torres, y se trata de entender mejor la metodología propuesta, hallar las bondades y debilidades de la misma, y ante todo, mostrar una metodología para determinar uno de los componentes que es dejado a la subjetividad del usuario del método para que se halle de manera objetiva.

Se espera; que esta revisión sirva para que se aproveche mejor este método de pronóstico, que se entiendan sus bondades y también sus limitaciones, y que se añada la manera de hallar el componente subjetivo de una manera más clara. Otro resultado esperado es que, de algún modo, este documento sea un punto de partida para futuras revisiones más profundas, hechas por docentes a otras herramientas que son usadas día a día en las asignaturas y cátedras, y, por supuesto, en esta misma área (los métodos de pronósticos).

ABSTRACT:

This document reviews a forecasting method used in various industrial engineering programs and in some post-graduate programs in our country, in subjects on production. The "Torres" method, as we will

call it here, is based on the Makridakis Spyros text: Forecasting method based on the exponential softening technique (*Metodo de pronóstico basado en la técnica de suavización exponencial*, México: Limusa, 1997), The analysis made on each one of the components of the Torres method can be observed more in depth in the document. The idea is to better understand the methodology proposed, find its benefits and weaknesses, and above all, show a methodology for determining one of the components which is left to the subjectivity of the user so that it be somehow found objectively.

It is expected that this review will help to better take advantage of this forecasting method, that its benefits and also its limitations be understood, and that a way for finding a subjective component more clearly be added; a further expected result is that this document be in some way a starting point for future, deeper reviews, made by teachers to other tools which are used on a daily basis in subjects and courses, and of course, in this same area (the forecasting methods).

PALABRAS CLAVE:

Pronóstico, series de tiempo, suavización exponencial, Método Delphi, tendencia, ciclicidad, estacionalidad, Método de Holt, Método de Winters, Coeficiente de suavización, MSE (Mínimo error al cuadrado).

KEYWORDS:

Forecast; time series, exponential smoothing, Delphi method, trend, cyclicity, seasonal variation, Holt's Method, Winters' Method, smoothing coefficient, minimum square error (MSE)

1. INTRODUCCIÓN

Los pronósticos son una de las herramientas con las que el Ingeniero Industrial se prepara frente al futuro, para planear de una mejor manera los posibles comportamientos de las variables, tomar decisiones que le permitan ser eficiente, y no se verse sorprendido por situaciones previsible. Pronóstico es un procedimiento **objetivo**, “en el que se utiliza información recabada en un espacio de tiempo, para extrapolarlo en el tiempo”¹. Se encontró que el método analizado, usa la **subjetividad** para determinar uno de los datos de entrada del modelo de modo que se ajuste más a las condiciones de la serie; esta particularidad no se halla en ningún otro método, y fue por ello que llamó la atención, y motivó ésta revisión. Por otro lado, una razón adicional para examinar en detalle esta herramienta es que algunos métodos y herramientas que se usan en muchas de las asignaturas que se imparten a nuestros estudiantes, se dan por ciertos e indiscutibles y no son sujetos de revisión, actualización o refutación.

RESÉÑA DE AUTOR

Miller Alarcón. Es Ingeniero Industrial y especialista en Ingeniería de Producción de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Actualmente se desempeña como docente de la facultad de Ingeniería Industrial del Politécnico Granacolombiano y es catedrático de pregrado y postgrado en las universidades Rosario y Externado de Colombia.

Se quiere con el método de Torres², describir su fundamentación (basado en la técnica de suavización exponencial³), su utilización (a partir del texto⁴ del cual se extrajo), tratar de encontrar las ventajas y desventajas del mismo y aclarar su pertinencia dentro de las asignaturas que tienen que ver con planeación de la producción en los programas de la Ingeniería Industrial.

2. DESCRIPCIÓN DE LOS PRONÓSTICOS

Los métodos de pronósticos pueden ser de dos grandes grupos: los que están basados en técnicas de demanda derivada y los métodos que están basados en series de tiempo. Los primeros se enfocan en variables de demanda de productos; son nombrados así por la forma como se trabajan los datos de la demanda para inferir el comportamiento de la misma; son muy sencillos y se fortalecen con el análisis de la variable y el conocimiento que se tenga del mercado y de las variables externas. Los segundos son más estructurados y permiten predecir el comportamiento de una variable en el futuro, de acuerdo con métodos o modelos que tienen en cuenta la tendencia, el ciclo, la estacionalidad y el azar.

En el primer grupo se encuentran los métodos de oscilación⁵, en los cuales se

-
1. Definición tomada de la APICS (American Production and Inventory Control Society), FOGARTY, Donald. Administración de la producción e inventarios, 1999. Editorial CECSA. Pág. 99 Falta dato sobre la ciudad de la edición del libro
 2. En el presente documento se llamará método de Torres al método analizado, de acuerdo con su autor, TORRES ACOSTA, Jairo Humberto. Elementos de producción. Editorial Universidad Católica.
 3. El método de suavización exponencial se describe ampliamente en MAKRIDAKIS, Spyros (1997). Métodos de Pronóstico.. México: Editorial Limusa. Página 79, Falta datos sobre la ciudad donde fue editado el libro- Las diferencias del método de Torres frente al método de suavización exponencial se tratarán detalladamente a lo largo de este documento.
 4. El texto en el que se encuentra descrito el método que se analiza en este documento es Elementos de producción, Bogotá: Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería Industrial. s.f. De acuerdo con el uso de este método en la Universidad Distrital se intuye que fue publicado entre los años 1995 y 2000.
 5. Este método es descrito con mayor detalle en TORRES ACOSTA, Jairo, Op. Cit.. Pág. 55.

desarrollan análisis previos de la tendencia y de los factores macroeconómicos que afectan la demanda de un producto, para a través de esta inferencia, tratar de anticipar los cambios en el comportamiento de la variable analizada.

Otra de las técnicas de oscilación es el método de indicadores acopiados o agrupados, en el que se analiza el comportamiento de un producto para predecir el comportamiento de otro, porque se pueden establecer relaciones entre uno y otro. Para este caso, la técnica puede tratar con productos sustitutos o complementarios, o porque el mercado y el producto son muy similares y se espera que se comporten de la misma manera.

En el segundo grupo, las técnicas son las relacionadas con las series de tiempo⁶, las series de tiempo tienen cuatro componentes fundamentales o factores subyacentes⁷:

la tendencia, el ciclo, la estacionalidad y el error, (azar o la aleatoriedad), para este último, lo que existen son técnicas que puedan minimizarlo; un ejemplo son las técnicas de medir el error mínimo al cuadrado, para saber cuál tiene menor dispersión con respecto a los datos reales.

Lo que ningún método de pronóstico hace es contemplar el error o azar dentro de un modelo matemático que represente las relaciones de las variables de una demanda; pero para los tres primeros componentes sí, y es gracias a estos tres componentes como se puede crear un modelo que permita tratarlos de alguna manera.

En la siguiente tabla se puede ver una clasificación de los diferentes métodos de pronóstico, así como su calificación en cuanto al uso, de acuerdo con el horizonte de tiempo para el cual fueron diseñados y el costo asociado para cada método:

Tabla 1. Clasificación de los diferentes métodos de pronóstico⁸

MÉTODO	BREVE DESCRIPCIÓN	HORIZONTE	COSTO
Análisis de ventas	Estimación del área de ventas como un todo	CP-MP	B-M
Opinión ejecutiva	Gerentes de mercadotecnia, finanzas y producción preparan pronósticos	CP-LP	B-M
Ventas y Gerentes	Los cálculos independientes de los vendedores regionales son canalizados con proyecciones nacionales de los gerentes de línea de productos	MP	M
Analogía histórica	Pronóstico proveniente de la comparación con un producto similar previamente introducido	CP-LP	B-M
Delphi	Los expertos responden (anónimamente) una serie de preguntas, reciben retroalimentación y revisan sus cálculos.	LP	M-A
Investigaciones de mercado	Se usan cuestionarios y paneles para obtener datos que anticipen el comportamiento del consumidor.	MP-LP	A

6. MAKRIDAKIS, Spyros. Op.Cit. Pág. 75

7. FOGARTY, Donald (1999). Administración de la producción e inventarios, Editorial CECSA. Pág. 102 Faltan datos.

8. Aunque en esta clasificación no aparece el método de Torres, se debe clasificar en la categoría de series de tiempo, y en la subcategoría de los de suavización exponencial, debido a que este usa el método de suavización exponencial para calcular los pronósticos.

MÉTODO	BREVE DESCRIPCIÓN	HORIZONTE	COSTO
SERIE DE TIEMPOS (CUANTITATIVOS)			
Promedio simple	Se usa una regla simple que pronostica igual al promedio de los datos históricos.	CP	B
Promedios móviles	El pronóstico es simplemente un promedio de los n más recientes.	CP	B
Proyección de la tendencia	El pronóstico es una proyección lineal, exponencial u otra de la tendencia pasada.	MP-LP	B
Descomposición Holt-Winters	Las series de tiempos se dividen en sus componentes de tendencia: estacional cíclica y aleatoria,	CP-LP	B
Suavización exponencial	Los pronósticos son promedios móviles ponderados exponencialmente, donde los últimos valores tienen mayor peso.	CP	B
Box-jenkins	Se propone un modelo de regresión de serie de tiempo, estadísticamente probado modificado y vuelto a probar hasta que sea satisfactorio.	MP-LP	M-A
ASOCIATIVOS (CUANTITATIVOS O CAUSALES)			
Regresión y correlación	Se usan una o más variables asociadas para pronosticar por medio de la ecuación de mínimos cuadrados (regresión) o de una asociación (correlación) con una variable explicativa.	CP-MP	M-A
Econométricos	Se usa una solución por ecuaciones simultáneas de regresión múltiple para una actividad económica	CP-LP	A

Abreviaturas: B= bajo, M= medio, A= alto, CP= corto plazo, MP= mediano plazo, LP= largo plazo.

Tomado de: PAREDES, Jorge (2001). Planificación de la producción, Universidad de Cuenca.

Algunos métodos no tienen en cuenta los tres elementos mencionados, o le dan más peso a alguno de ellos. Por ejemplo, el método de Holt-Winter's⁹ es un método que le da mayor importancia a la tendencia de los datos sobre los demás componentes de las series de tiempo.

Para aclarar más las cosas, se puede mencionar que “la tendencia, se refiere al comportamiento general de una variable dentro de un período definido, y son las líneas rectas que van aumentando o disminuyendo de manera proporcional en cada uno de los períodos analizados”¹⁰. Es

una línea que se ajusta al patrón histórico en el horizonte de tiempo. Se puede decir que la tendencia es la regresión lineal de los datos, y usualmente se calcula con el promedio móvil para eliminar las variaciones tales como la estacionalidad. El ciclo es un comportamiento de largo plazo, y por ende, requiere mucha información histórica para analizar los comportamientos que se repiten a través de la serie de tiempo. La estacionalidad se refiere a patrones del comportamiento de la variable en los mismos períodos de tiempo; por ejemplo, las temporadas de venta de algunos artículos

9. El método de Holt se explica a profundidad en MAKRIDAKIS, Spyros. Op.Cit. Pág. 87.

10. Definición tomada de ACOSTA TORRES, Jairo Humberto. Op.Cit. Pág. 51.

marcan los períodos de mayores y menores ventas del producto y este patrón de comportamiento se repite año tras año. La idea es poder separar los comportamientos de estacionalidad, y de tendencia y ciclo para modelarlos adecuadamente.

3. DESCRIPCIÓN DE LOS PRONÓSTICOS EN EL MÉTODO DE TORRES

El método que analizaremos se fundamenta en el método de suavizado exponencial, y al igual que el método de Holt,

trabaja con el método de suavizado doble o corregido, el fundamento es el mismo: el cálculo correspondiente requiere de dos datos: el primero es la demanda real del período más reciente y el segundo es el pronóstico más reciente obtenido por cualquier otro método.

A continuación se muestra la fórmula del método de Suavizado Exponencial que es la base de ambos métodos, el de Holt y el de Torres:

$$\text{Pronóstico de la demanda del período } t+1 = \alpha \left(\begin{matrix} \text{Demanda} \\ \text{más reciente} \end{matrix} \right) + (1 - \alpha) \times \left(\begin{matrix} \text{Pronóstico} \\ \text{más reciente} \end{matrix} \right)$$

$$\text{es decir; } Ft = (\alpha \times D_{t-1}) + (1 - \alpha) \times S_{t-1}$$

Donde:

Ft = Pronóstico del período t

α = Coeficiente de suavización

S_{t-1} = Dato ajustado o calculado del período t-1

D_{t-1} = Demanda tomada como base para el pronóstico¹¹

Se llama exponencial este método porque, si se lo aplica para varios períodos en forma sucesiva, se puede obtener una fórmula como la siguiente:

$$Ft = \left[\alpha(1 - \alpha)^0 D_{t-1} \right] + \left[\alpha(1 - \alpha)^1 D_{t-2} \right] + \left[\alpha(1 - \alpha)^2 D_{t-3} \right] \dots + (1 - \alpha)^3 \times F_{t-3}$$

Los coeficientes α pueden variar entre 0 y 1, tomando cualquier valor. El peso de los coeficientes determina la confiabilidad del método, si el coeficiente de suavización α es cercano a cero, tendrán mayor peso los

valores más recientes en la serie de datos históricos, pero si el coeficiente de suavización α es cercano a uno, entonces se les dará más peso a los datos más lejanos en la serie de tiempo.

11. Más adelante se verificará que para Dt-1 (la demanda tomada como base histórica) no se deben tomar grandes colecciones de datos; debido a la naturaleza del método, es mejor tomar las demandas más recientes.

Un elevado coeficiente de suavización sería más adecuado para los nuevos productos o para casos para los que la demanda subyacente está en proceso de cambio (ésta es dinámica, o bien inestable). Un valor del coeficiente de suavización α del rango 0.7 a 0.9 puede resultar el más apropiado para estas condiciones, aun cuando el uso del suavizado exponencial es cuestionable si no se sabe si existen o no condiciones de inestabilidad. Si la demanda es muy estable y se piensa que pueda ser representativa del futuro, el pronosticador podrá optar por un valor bajo de coeficiente de suavización α para disminuir cualquier ruido que hubiera podido presentarse en forma súbita; entonces, el procedimiento de pronóstico no reacciona de una manera drástica a las demandas más recientes. En estas condiciones de estabilidad, el coeficiente de suavización podría estar en un rango entre 0.1 a 0.3. Cuando la demanda es ligeramente inestable, se recomiendan coeficiente de suavización α en un rango entre 0.4, a un rango 0.6, puede proporcionar los pronósticos más precisos.¹²

El método de Torres, contempla la utilización de los coeficientes de suavización α , desde 0.1 hasta 0.9. Esta es la primera diferencia que encontramos con el método de suavización exponencial tradicional¹³, que recomienda elegir un solo coeficiente de suavización α para realizar los cálculos que producirán el pronóstico.

El método de Torres, por el contrario trabaja con 9 coeficientes de suavización α , 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 y 0.9, y no menciona la posibilidad de trabajar con valores intermedios entre ellos.

El método de Torres presenta la siguiente metodología:

1. Cálculo del pronóstico simple

$$S_{t+1} = \alpha \times X_t + (1 - \alpha) \times S_t$$

Donde, X_t se refiere a la demanda histórica en cada período de tiempo

2. Cálculo del pronóstico doble

$$S_{t+1}^{\cdot} = \alpha \times S_{t+1} + (1 - \alpha) \times S_t^{\cdot}$$

3. Cálculo del pronóstico de ajuste

$$S_{t+1}^{\wedge} = a + b$$

$$a = (2 \times S_{t+1}) - S_{t+1}^i$$

$$b = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \times (S_{t+1} - S_{t+1}^{\circ})$$

Para los pronósticos simple y doble, Torres los ajusta siempre por exceso, es decir, no contempla la posibilidad de trabajar con fracciones decimales, no hace aproximación aritmética, siempre los aproxima al entero siguiente.

El método de Torres, presenta además, otras diferencias; una es la incorporación del pronóstico de ajuste, usando para ello los coeficientes a y b ; otra es que el método de suavizado exponencial sirve para pronosticar sólo un dato a partir de la serie de datos históricos, el de Torres parece ser bondadoso en ese sentido y permite pronosticar el mismo número de datos de entrada, y la última diferencia encontrada en este apartado es que no pierde el primer dato calculado como sí lo hace el método tradicional¹⁴. Para ello calcula

12. PAREDES; Jorge. Op.cit. Pág. 26.

13. MAKRIDAKIS, Spyros. Op.cit. Pág. 76.

el primer dato ajustado como el promedio de los demás datos ajustados; es decir, que para calcular el primer dato, primero se deben calcular los restantes y al final promediarlos.

En la hoja de cálculo se puede formular con facilidad este aspecto desde el inicio, y se ajustará a medida que la fórmula de los ajustados se replique.

Para aclarar el uso del método de Torres, hasta aquí descrito, a continuación se muestra un pequeño ejemplo de los cálculos mencionados usando para ello una serie de cinco datos históricos. Cabe mencionar que el coeficiente de suavización α usado para este ejemplo es de 0.3

Tabla 2. Veamos como se realizaron los cálculos:

Período	PRONÓSTICO SIMPLE			PRONÓSTICO DOBLE		VALOR DE a		VALOR DE b		PRON
	DEM ¹⁵	CÁLCULO ¹⁶	AJUSTE	CÁLCULO	AJUSTE	CÁLCULO	AJUSTE	CÁLCULO	AJUSTE	AJUSTE
1	500	628,85	629	634,11	635	623,59	624	-2,25	-2	622
2	700	500,00	500	628,85	629	371,15	372	-55,22	-55	317
3	900	560,00	560	608,20	609	511,81	512	-20,66	-20	492
4	1100	662,00	662	624,34	625	699,66	700	16,14	17	717
5	1300	793,40	794	675,06	676	911,74	912	50,72	51	963

PRONÓSTICO SIMPLE

Para el primer período el 628.85 es el promedio de los cálculos de los períodos 2, 3, 4 y 5, es decir promedio (500, 700, 560, 662, 793.40).

Para el segundo período, el 500 hace referencia al primer dato histórico.

Del tercer período en adelante se hace uso de la fórmula para el pronóstico simple mencionada por Torres:

$$S_{t+1} = \alpha \times X_t + (1 - \alpha) \times S_t$$

$$560 = (0.3 \times 700) + (0.7 \times 500)$$

$$662 = (0.3 \times 900) + (0.7 \times 560)$$

$$793.40 = (0.3 \times 1100) + (0.7 \times 662)$$

Los ajustes se hacen aproximando por encima los cálculos del pronóstico simple.

PRONÓSTICO DOBLE

El 634.11 es el promedio de los cálculos de los períodos 2, 3, 4 y 5; es decir, promedio (628.85, 608.20, 324.34, 675.06).

Para el segundo período, el 628.85 hace referencia al primer dato calculado del pronóstico simple

Del tercer período en adelante se hace uso de la fórmula para el pronóstico doble mencionada por Torres:

$$S'_{t+1} = \alpha \times S_{t+1} + (1 - \alpha) \times S'_t$$

$$608.20 = (0.3 \times 560) + (0.7 \times 628.85)$$

$$624.34 = (0.3 \times 662) + (0.7 \times 608.20)$$

$$675.06 = (0.3 \times 793.40) + (0.7 \times 624.34)$$

Los ajustes se hacen aproximando por encima los cálculos del pronóstico simple.

14. MAKRIDAKIS, Spyros. Op. Cit. Pág. 77.

15. DEM, se refiere a la demanda histórica tomada como base para hacer el pronóstico

16. Estos cálculos fueron hechos con un coeficiente de suavización α de 0.3, la idea es replicar estos cálculos para todos los coeficientes de suavización α , que se vayan a utilizar

VALOR DE α

El 623.59 es el promedio de los cálculos de los períodos 2, 3, 4 y 5; es decir, promedio (371.15, 511.81, 699.66, 911.74).

Del segundo período en adelante se hace uso de la fórmula para el valor de a mencionada por Torres:

$$a = (2 \times S_{t+1}) - S'_{t+1}$$

$$371.15 = (2 \times 500) - 628.85$$

$$511.81 = (2 \times 560) - 608.20$$

$$699.66 = (2 \times 662) - 624.34$$

$$911.74 = (2 \times 793.40) - 675.06$$

Los ajustes se hacen aproximando por encima los cálculos del pronóstico simple.

VALOR DE b

El -2.25 es el promedio de los cálculos de los períodos 2, 3, 4 y 5, es decir, el promedio (-55.22, -20.66, 16.14, 50.72).

Del segundo período en adelante se hace uso de la fórmula para el valor de b mencionada por Torres:

$$b = \frac{\alpha}{1-\alpha} \times (S_{t+1} - S'_{t+1})$$

$$-55.22 = (0.3/0.7) \times (500-628.85)$$

$$-20.66 = (0.3/0.7) \times (560-608.20)$$

$$16.14 = (0.3/0.7) \times (662-624.34)$$

$$50.72 = (0.3/0.7) \times (793.4-675.06)$$

Los ajustes se hacen aproximando por encima los cálculos del pronóstico simple.

PRONÓSTICO

Para todos los cinco períodos se usa la siguiente fórmula, (nótese que los valores de a y b son los ajustados):

$$S'_{t+1} = a + b$$

$$622 = 624 + (-2)$$

$$317 = 372 + (-55)$$

$$492 = 512 + (-20)$$

$$717 = 700 + 17$$

$$963 = 912 + 51$$

A continuación se muestran los cálculos usando otros dos coeficientes de suavización α , en este caso 0.5 y 0.7, además del presentado anteriormente, 0.3:

Tabla 3. Cálculos para coeficiente de suavización $\alpha = 0.3$

Período	PRONÓSTICO SIMPLE		PRONÓSTICO DOBLE		VALOR DE a		VALOR DE b		PRON
	CÁLCULO	AJUSTE	CÁLCULO	AJUSTE	CÁLCULO	AJUSTE	CÁLCULO	AJUSTE	AJUSTE
1	628,85	629	634,11	635	623,59	624	-2,25	-2	622
2	500,00	500	628,85	629	371,15	372	-55,22	-55	317
3	560,00	560	608,20	609	511,81	512	-20,66	-20	492
4	662,00	662	624,34	625	699,66	700	16,14	17	717
5	793,40	794	675,06	676	911,74	912	50,72	51	963

Tabla 4. Cálculos para coeficiente de suavización $\alpha = 0.5$

PRONÓSTICO SIMPLE		PRONÓSTICO DOBLE		VALOR DE a		VALOR DE b		PRON
CÁLCULO	AJUSTE	CÁLCULO	AJUSTE	CÁLCULO	AJUSTE	CÁLCULO	AJUSTE	AJUSTE
777,50	778	795,03	796	759,97	760	-17,53	-17	743
500,00	500	777,50	778	222,50	223	-277,50	-277	-54
600,00	600	688,75	689	511,25	512	-88,75	-88	424
750,00	750	719,38	720	780,63	781	30,63	31	812
925,00	925	822,19	823	1027,81	1028	102,81	103	1131

Tabla 5. Cálculos para coeficiente de suavización $\alpha = 0.7$

PRONÓSTICO SIMPLE		PRONÓSTICO DOBLE		VALOR DE a		VALOR DE b		PRON
CÁLCULO	AJUSTE	CÁLCULO	AJUSTE	CÁLCULO	AJUSTE	CÁLCULO	AJUSTE	AJUSTE
744,65	745	784,38	785	704,92	705	-92,71	-92	613
500,00	500	744,65	745	255,35	256	-570,85	-570	-314
640,00	640	671,40	672	608,61	609	-73,26	-73	536
822,00	822	776,82	777	867,18	868	105,42	106	974
1016,60	1017	944,67	945	1088,53	1089	167,85	168	1257

Pronósticos alternos:

El método de Torres, trabaja tres planes alternos, (demanda alta, demanda baja y demanda constante), para lo cual usa los cálculos hechos basándose en los coeficientes de suavización α 0.3, 0.5 y 0.7.

Para hallar los valores de los planes alternos demanda alta, baja y constante, se debe buscar, para cada uno de los períodos, dentro de los datos ajustados (**pronóstico simple, doble y pronóstico**), el valor más alto, y se toma como el pronóstico alternativo de demanda alta, el valor más bajo, que se refiere al pronóstico alternativo de demanda baja y el valor más cercano al dato histórico, y se llama pronóstico alternativo de demanda constante.

A continuación se pueden ver, los resultados buscados de las tres tablas anteriores correspondientes a los tres planes alternos, se debe recordar que la información de los planes alternos de producción, se elige de las tablas de los pronósticos ajustados de los diferentes coeficientes de suavización α , para este ejemplo, 0.3, 0.5 y 0.7:

Tabla 6.

Más cercano al histórico	Demanda alta	Demanda baja
D→	D↑	D↓
613	785	613
694	745	314
672	672	492
974	974	625
1257	1257	676

Aseguramiento del pronóstico:

Introduce un comportamiento heurístico, en el cual se determina el porcentaje de crecimiento o decrecimiento general de la demanda para el período siguiente. Torres propone que usando otro método se determine este porcentaje, como por ejemplo, el método Delphi¹⁷, que usa un panel de expertos en el que, a través de la experiencia¹⁸, se determina el porcentaje de crecimiento o decrecimiento general de la demanda.

Demanda agregada global:

$$DAG_t = D_t \times (1 + \%P)$$

Donde;

D_t = dato más cercano al histórico en cada período

$\%P$ = Crecimiento o decrecimiento¹⁹ general de la demanda para el siguiente período, si es decrecimiento debe usarse en la fórmula $-\%P$.

Índice de aseguramiento:

$$IA_{t+1} = X_{t+1} / X_t$$

Donde;

IA_t = índice de aseguramiento del comportamiento de la variable en el período t

X_t = demanda histórica o variable de entrada en el período t

Pronóstico final DAT:

$$DAT_{i=1..n} = DAG_t \times IA_t$$

Donde;

DAT_i = Demanda Agregada Total del período i , se refiere al valor pronosticado través del método, para los períodos siguientes.

DAG_t = Demanda Agregada Global del período t

IA_t = Índice de aseguramiento

Nótese que para este ejemplo se usó un índice de crecimiento de 0%, porque con los datos, no es fácil determinar el comportamiento de la demanda en el próximo ciclo de 5 períodos.

Para ilustrar el ejemplo se tomó el plan alterno de producción de demanda constante igual a la demanda global, y se aplicó la fórmula del índice de aseguramiento para llegar al pronóstico final para los cinco períodos siguientes. A continuación se pueden ver los resultados de dichos cálculos:

Tabla 7.

Demanda global	Índice de aseguramiento	Pronóstico final
DAG	IA	DAT
613		613
694	1,4	972
672	1,2857	864
974	1,2222	1191
1257	1,1818	1486

17. Método Delphi. En el mismo texto en el que se describe el método de Torres se hace referencia a este método como el consenso de los criterios de personas expertas que sean capaces de inferir de manera sólida comportamientos futuros de variables tales como: demandas de productos, basados en conocimientos profundos del medio comercial y del manejo de variables macroeconómicas.

18. El método Delphi fue ideado por Olaf Helmer en 1966, si se desea ampliar el concepto del método Delphi, así como el resumen de su funcionamiento y las palabras claves, visite: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=420040. También puede copiar el libro completo The Delphi Method: Techniques and Applications de la siguiente página web: <http://www.is.njit.edu/pubs/delphibook/index.html>.

19. $\%P$, denota el crecimiento o disminución de la tendencia general de los datos; para el siguiente período el autor menciona este dato como el resultado del método Delphi.

La formulación completa del método de Torres en la hoja de cálculo, puede accederse desde la siguiente página Web:

<http://sigma.poligran.edu.co/politecnico/apoyo/cuadernos/cuadernoscont.htm>

4. ANÁLISIS DEL MÉTODO DE TORRES

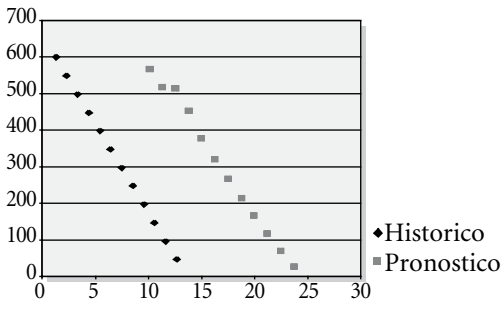
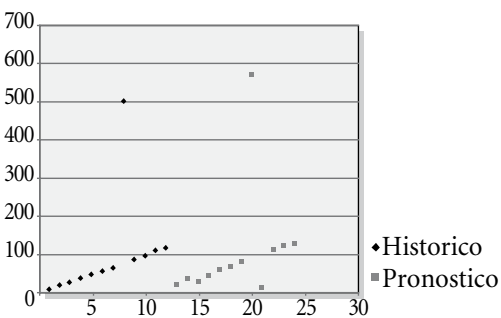
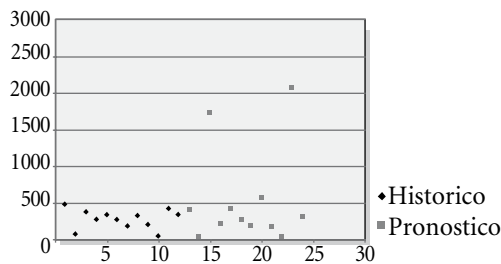
En este aparte usamos ejemplos muy simples para examinar el comportamiento del método de Torres; es decir, creamos diferentes series de datos en los cuales se pudiera analizar la tendencia, la estaciona-

lidad del método, y un aspecto muy importante que es la forma como el método trata de replicar el comportamiento del período tomado como base histórica, de manera que se pudieran ver algunas de sus bondades y sus limitaciones, para ello en el primer análisis se prueba el método usando series de demandas en seis (6), doce (12) y veinticuatro (24) períodos.

Algunos resultados se presentan a continuación:

Gráfica 1. Con 12 períodos

Gráfica de datos y pronóstico	Tipo de datos	Observación
	<p>Constantes</p>	<p>Usando el método se pronostican exactamente los mismos valores de la serie de datos históricos. Buen comportamiento.</p>
	<p>Crecientes</p>	<p>Idéntico resultado al de la serie de seis datos; no respeta la tendencia y trata de duplicar el comportamiento de la serie original.</p>

Gráfica de datos y pronóstico	Tipo de datos	Observación
 <p>◆ Historico ■ Pronostico</p>	Decrecientes	No respeta la tendencia de la variable. Se comporta igual con una serie de seis datos y con una serie de doce datos.
 <p>◆ Historico ■ Pronostico</p>	Con estacionalidad	El resultado es muy satisfactorio, porque en el mismo período en el que se presenta el pico de los datos históricos, en este caso en el período 8, el pronóstico genera un pico muy parecido en el mismo período 8. Buen comportamiento frente a datos que tengan estaciones marcadas. El punto del pronóstico 21 extrañamente toma un valor muy bajo, cuando los datos históricos siguen una tendencia clara.
 <p>◆ Historico ■ Pronostico</p>	Aleatorios	Es muy parecido al resultado generado con la serie de seis datos, el resultado también trata de replicar el comportamiento de los datos originales con incrementos o disminuciones marcadas. Se pueden ver dos valores fuera de los rangos esperados, períodos 3 y 11, sin explicación aparente. Extrañamente, en estos dos puntos el pronóstico sube inesperadamente, y por un rango demasiado elevado.

El modelo tiene una particularidad y es que los datos pronosticados respetan en gran medida la serie de los datos históricos; es decir, que si se incluye como información de entrada una serie de 100 datos, los pronósticos van a parecerse mucho a la serie histórica, así los cinco primeros datos pronosticados se parecerán más a los cinco primeros datos de la serie histórica y se pare-

cerán menos a los cinco últimos datos de la serie histórica. Con éste análisis podemos observar que el método de pronóstico le da más peso a los datos más alejados que a los más recientes, cuando se trata de pronosticar los siguientes. Esto puede ser bueno porque con pocos datos históricos se va a poder tener un pronóstico de la misma cantidad de datos, pero puede ser malo si se ve

desde el punto de vista de la recopilación de datos, a largo plazo no va a poder simular comportamientos de ciclo.

Si desea ver los resultados del método usando diferentes series de datos como información de entrada, puede hacerlo desde la siguiente página Web:

<http://sigma.poligran.edu.co/politecnico/apoyo/cuadernos/cuadernoscont.htm>

5. ANÁLISIS DE LAS PROYECCIONES CON MUCHOS Y POCOS DATOS

El método de prueba que se usó es bastante simple; se tomó una colección de datos históricos reales de demanda y,

usando el método de Torres, se comparó el resultado del mismo frente a los datos reales. Para ello no se usaron todos los datos como históricos, sino que se reservó el último grupo de datos para comparar la dispersión del método.

5.1. PRUEBA UNO

Los datos originales son 108 datos de demandas mensuales²⁰, es decir, 9 años. Los datos tomados como históricos son 96 y los últimos doce datos se reservan para probar la precisión del método de Torres.

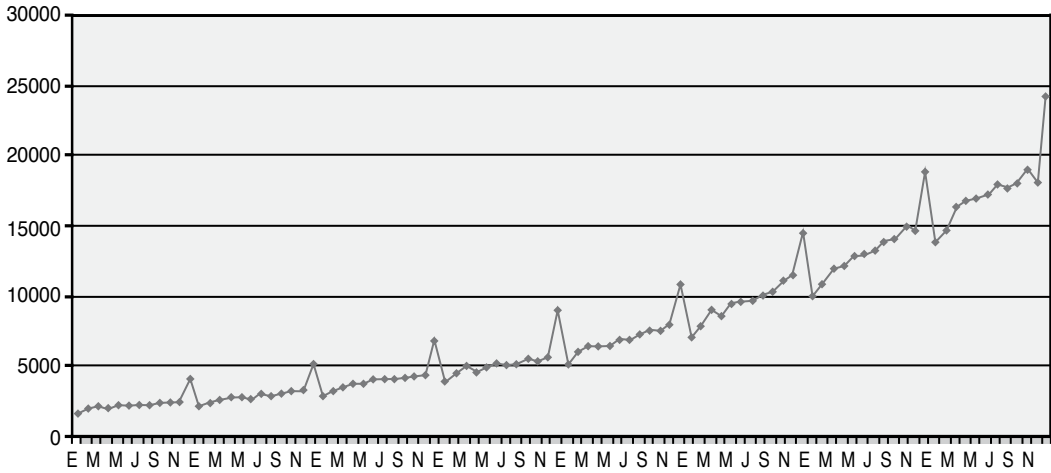
Los 96 datos históricos son los siguientes:

Tabla 8..

Mes	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Enero	1738	2224	2939	4009	5236	7242	10058	13959
Febrero	1983	2459	3320	4577	6037	7955	10997	14873
Marzo	2240	2657	3623	5039	6608	9149	12133	16568
Abril	2138	2858	3765	4717	6426	8670	12182	16972
Mayo	2330	2832	3812	4969	6614	9561	12916	17023
Junio	2333	2782	4157	5283	6986	9636	13032	17237
Julio	2320	3025	4100	5209	7017	9790	13379	18034
Agosto	2364	3002	4135	5250	7322	10182	13955	17789
Septiembre	2463	3151	4220	5597	7658	10441	14185	18168
Octubre	2579	3283	4313	5449	7661	11184	14984	19031
Noviembre	2545	3355	4440	5704	8070	11562	14825	18234
Diciembre	4091	5296	6909	9154	10877	14628	18964	24379

20. Datos de demandas históricas tomados de Vélez, Pareja. *Decisiones empresariales bajo incertidumbre*. Bogotá: Norma. 2004 También puede accederlos desde: <http://www.poligran.edu.co/decisiones>

Gráfica 2.
Demandas



En la gráfica se puede ver el comportamiento de los datos históricos de la demanda, para los 96 datos históricos, que corresponden a los 8 primeros años; los datos restantes, se reservarán para medir la precisión del método de Torres.

A continuación se muestran los resultados que arrojó el método de Torres, usando los ocho años de demandas históricas:

Tabla 9.

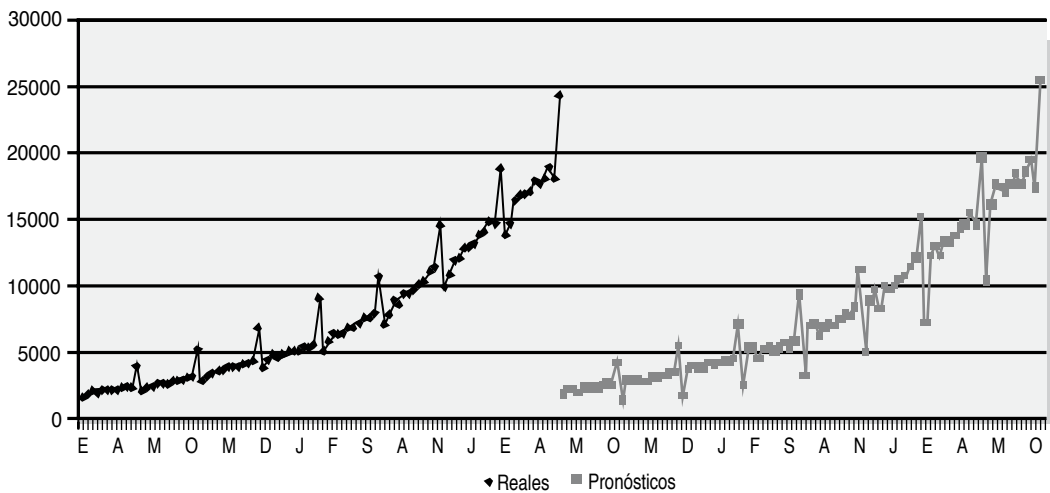
Período	Demanda real	Método Torres usando todos los datos	Diferencia en unidades	Diferencia al cuadrado
Enero	17.176	2.291	14.885	221.563.225
Febrero	18.327	2.750	15.577	242.642.929
Marzo	21.819	2.665	19.154	366.875.716
Abril	19.627	2.474	17.153	294.225.409
Mayo	20.969	2.905	18.064	326.308.096
Junio	22.046	2.889	19.157	366.990.649
Julio	22.068	2.787	19.281	371.756.961
Agosto	21.949	2.897	19.052	362.978.704
Septiembre	22.630	3.064	19.566	382.828.356
Octubre	23.609	3.195	20.414	416.731.396
Noviembre	22.573	3.028	19.545	382.007.025
Diciembre	29.583	5.115	24.468	598.683.024
Totales	262.376	36.060	226.316	4.333.591.490

El primer problema encontrado, es el desfase tan grande entre los datos pronosticados y los datos reales de la variable. Se ve claramente que los datos pronosticados son muy parecidos a los valores históricos del año uno y muy diferentes o alejados de los correspondientes al año ocho. Este resultado era predecible, gracias al análisis del método y al comportamiento visto en las gráficas que mostraban claramente que el método trata de replicar los valores iniciales de la serie.

En el primer análisis de las gráficas se mencionó, que cuando había estacionali-

dad, el método se comportaba bien; pero, en este caso, el número de datos es muy grande, 96 datos. Y por eso, los resultados del pronóstico tratan de parecerse a los del primer año, respetando de algún modo el comportamiento de picos en los mismos períodos de los datos históricos, pero muy lejos de los datos reales porque difieren mucho de los del año 8, y no respetan la tendencia general de los datos históricos. En la siguiente gráfica se puede ver este comportamiento:

Gráfica 3.
Usando 96 Datos



Se usaron los últimos doce datos, es decir, el último año de los datos históricos como datos de entrada, y del método

de Torres se obtuvieron unos resultados mucho más satisfactorios. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 10.

Período	Demanda real	Método de Torres usando el último período	Diferencia en unidades	Diferencia al cuadrado
Enero	17.176	14.837	2.339	5.470.921
Febrero	18.327	15.910	2.417	5.841.889
Marzo	21.819	16.606	5.213	27.175.369
Abril	19.627	17.465	2.162	4.674.244
Mayo	20.969	17.330	3.639	13.242.321

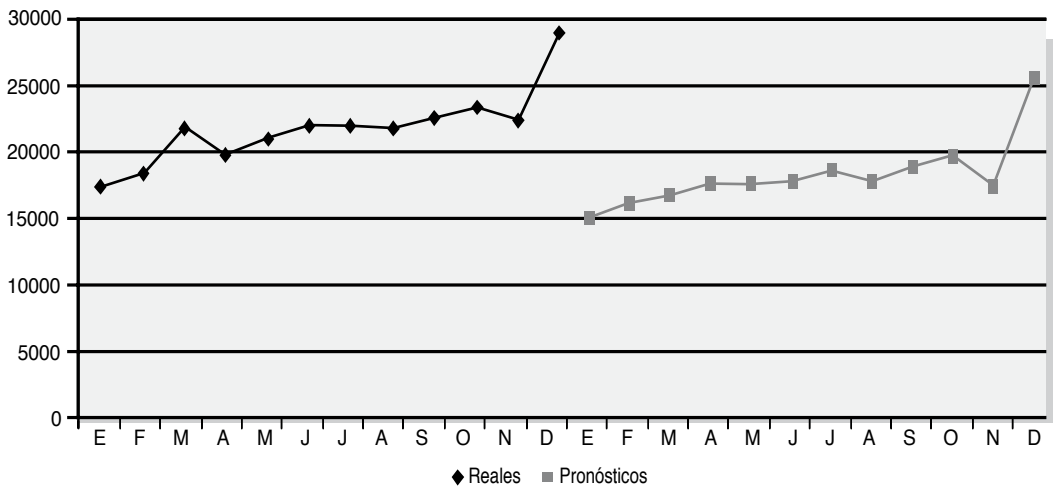
Período	Demanda real	Método de Torres usando el último período	Diferencia en unidades	Diferencia al cuadrado
Junio	22.046	17.689	4.357	18.983.449
Julio	22.068	18.516	3.552	12.616.704
Agosto	21.949	17.526	4.423	19.562.929
Septiembre	22.630	18.645	3.985	15.880.225
Octubre	23.609	19.443	4.166	17.355.556
Noviembre	22.573	17.286	5.287	27.952.369
Diciembre	29.583	25.386	4.197	17.614.809
Totales	262.376	216.639	45.737	186.370.785

A continuación puede observarse el comportamiento del pronóstico que usa sólo los datos del último período, es decir los datos de los meses del último

año. Se puede ver claramente que el pronóstico mejora notablemente usando solo 12 datos frente al de los 96 datos históricos.

Gráfica 4

Usando últimos 12 Datos



Usando los resultados del método de Torres con los últimos 12 datos como datos históricos y los valores reales de la serie de datos, se puede observar en este momento, una diferencia del **21.11%** con respecto al total de las demandas, calculada sobre el total de las demandas, para determinar en general, qué tan diferentes son los totales pronosticados y el total de las demandas reales del año 9.

Dispersión en diferencias al cuadrado

Total demanda real: 262.376

Total diferencia en unidades usando todos los 96 datos: 226.316

Total diferencia al cuadrado: 4.333'591.490

Total demanda real: 262.376

Total diferencia en unidades usando los últimos 12 datos: 45.737

Total diferencia al cuadrado: 186'370.785

Claramente se puede notar que es mucho menor la diferencia de cuadrados al usar los últimos 12 datos y no los 96 datos históricos. Se puede establecer que es mejor usar los datos más recientes, porque el método de Torres trata de replicar el comportamiento de toda la serie de datos, y si se toman datos muy diferentes a los más recientes, el resultado del pronóstico va a empezar muy parecido a los primeros datos históricos.

6. ANÁLISIS DEL FACTOR SUBJETIVO DE CRECIMIENTO O DECRECIMIENTO USADO EN EL MÉTODO

El método de Torres menciona como información de entrada, el factor de crecimiento o disminución²¹ de la serie, -así lo llama en su texto-, a partir del cual surge un segundo problema. Dicho más claramente, ¿cuál debería de la manera de involucrar este factor en el modelo, pero basados en la serie de datos? ¿??? Es una manera de volver el factor subjetivo del método de Torres, en un factor que pueda abstraerse del comportamiento de la serie de datos.

Se trata de determinar, usando alguna técnica, si la serie general de los datos frente al período va a crecer o a decrecer, y mostrarlo en forma de porcentaje. La solución que saltó a la vista fue analizar la serie de datos y determinar frente a los ciclos o períodos, en qué porcentaje estaba cambiando la serie; si es positiva, crece y si es negativa, decrece.

Luego se trabajó con el promedio de estas variaciones para minimizar el error, y finalmente, se analizó la serie de las variaciones y se extrapolaron, usando para ello

las líneas de tendencia, y escogiendo la que tuviera el mayor R^2 (error al cuadrado)²². Para este fin, se realizó un análisis por separado de la serie de datos de las variaciones que sufrían los datos históricos período a período, tratando de darle objetividad a este factor de naturaleza subjetiva.

Para este ejemplo en particular, se midieron las variaciones en cada uno de los años, de modo que se tienen cuatro pruebas diferentes:

- Sin variación
- Usando la última variación
- Usando el promedio de las variaciones de todos los años
- Usando la extrapolación que tenga mayor R^2

A continuación se pueden observar los promedios de los datos históricos:

Tabla 11.

Promedios	
1975	2427,00
1976	3077,00
1977	4144,42
1978	5413,08
1979	7209,33
1980	10000,00
1981	13467,50
1982	17688,92

Como puede verse, cada uno de los períodos sufre una variación frente al período siguiente, que en este caso en particular, es un año, es decir 12 datos. lo que se hizo fue calcular en cuánto aumenta o disminuye el promedio general del período.

21. Se refiere al mismo valor %P, descrito en el método de Torres. Para ampliar este concepto ver: TORRES ACOSTA, Jairo Humberto. Op.cit. Pág. 74.

22. R^2 , se refiere al nivel de ajuste de la línea de tendencia a la serie de datos, mientras más cercano a uno, mayor es el ajuste de la línea de tendencia.

De esta manera, si es positivo el cambio, se supone un crecimiento en la serie y si es negativo, se supone que la serie decrece. A continuación puede verse la variación, ya sea positiva o negativa para cada período:

Tabla 12.

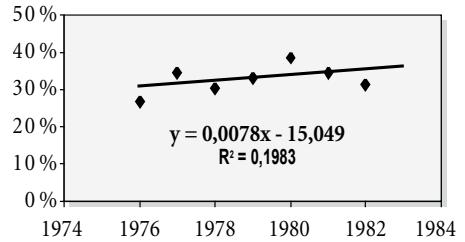
Año	Cambio en el promedio
1975-1976	26,78%
1976-1977	34,69%
1977-1978	30,61%
1978-1979	33,18%
1979-1980	38,71%
1980-1981	34,68%
1981-1982	31,35%
Promedio	32,85%

Para analizar el comportamiento general de la variable y saber en qué grado crece o decrece, lo que se hizo fue, crear una serie con los valores de las variaciones de los períodos, con la ayuda de la hoja de cálculo, graficarlas, agregarles líneas de tendencia y registrar tanto el valor del R^2 , el valor de la función que agrupa a los datos de la serie, como el valor esperado para el siguiente período, extrapolando dicha serie de variaciones en un período hacia adelante para predecir la variación que va a tener la variable de la demanda en el período siguiente. A continuación puede verse el análisis completo de las series de crecimientos extrapoladas con las diferentes líneas de tendencia:

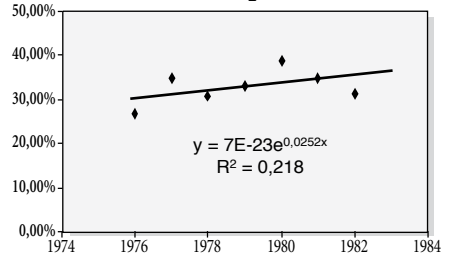
- Lineal
- Exponencial
- Logarítmica
- Potencial
- Polinomial grado 2
- Polinomial grado 3

Gráficas 5

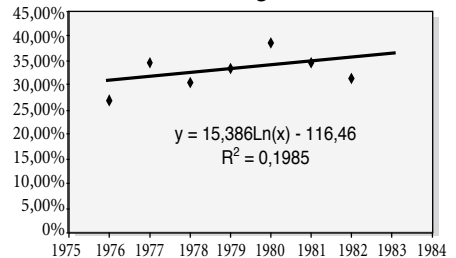
Tendencia Lineal



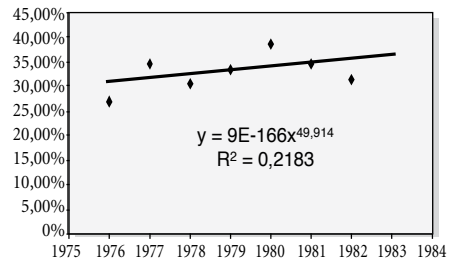
Tendencia Exponencial



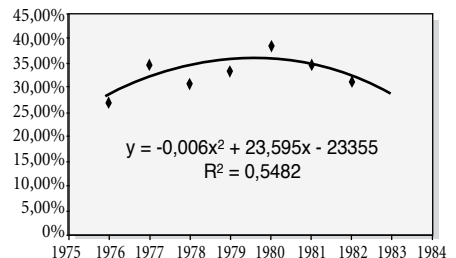
Tendencia Logarítmica

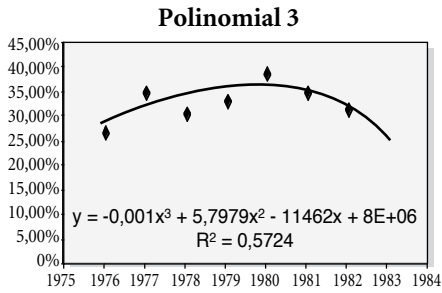


Tendencia Potencial



Polinomial 2





A partir de este análisis, puede afirmarse, que el mejor ajuste se logra con una línea de tendencia polinomial grado 3, con la cual se obtiene un dato esperado de crecimiento del 25%. A continuación se resumen los resultados del análisis de tendencias de las variaciones de cada uno de los períodos y de los valores esperados:

Tabla 13.

Tendencias	R2	Variación
Lineal	0,1983	36%
Exponencial	0,2180	36%
Logarítmica	0,1985	36%
Potencial	0,2183	36%
Polinomial 2	0,5482	29%
Polinomial 3	0,5724	25%

Con estos resultados, es pertinente el método de Torres usando como %P (crecimiento o disminución general de la demanda para el siguiente período, si es disminución debe usarse en la fórmula -%P), los siguientes:

- El resultado del mayor R^2 , es decir %P = 25%
- El último valor de variación, es decir, %P = 31.35%

- El valor de las variaciones generales, (promedio de las variaciones), es decir, %P = 32.86%
- Y por supuesto, sin usar factor de crecimiento, es decir %P = 0%

El mejor resultado se logró, usando el 25% como factor de crecimiento. Este resultado lo produjo el análisis de las líneas de tendencia, con el ajuste polinomial grado 3.

Con este método de prueba, es decir, midiendo el menor error cuadrático, partiendo de la diferencia entre el dato pronosticado menos la demanda, y ese resultado elevado al cuadrado. La suma de todos los errores al cuadrado RSE^{23} , puede determinar cuál estuvo más cerca del dato real. Los valores de las diferencias al cuadrado se muestran a continuación, junto con los valores de los pronósticos, usando las diferentes variaciones:

PRONÓSTICOS

Con base en el análisis presentado en el numeral 5, en el que se estableció la conveniencia de usar los datos del período más reciente, (12 últimos datos), en lugar de usar los 96 datos históricos, se ejecutó el método de Torres, pero variando los valores de %P, obtenidos con las variaciones promedio, y la variación con mayor R^2 . A continuación se presentan los resultados del método de Torres con los últimos datos para diferentes valores de %P:

23. RSE hace referencia al valor de la suma de los errores elevados al cuadrado. Para éste caso, llámese error al valor de diferencia entre el dato pronosticado y el dato real. Si se desea ampliar el concepto de RSE dirijase a MAKRIDAKIS, Spyros., Op.cit. Pág. 75 a 81

Tabla 14.

Período	Demanda real	Sin variación	Última variación	Variaciones Promedio	Mayor R ²
		Torres con 0% Crecimiento	Torres con 31,35% Crecimiento	Torres con 32,86% Crecimiento	Torres con 25% Crecimiento
E	17.176	14.837	19.489	19.713	18.547
F	18.327	15.910	20.899	21.139	19.888
M	21.819	16.606	21.813	22.064	20.758
A	19.627	17.465	22.941	23.205	21.832
M	20.969	17.330	22.764	23.025	21.663
J	22.046	17.689	23.235	23.502	22.112
J	22.068	18.516	24.321	24.601	23.145
A	21.949	17.526	23.020	23.286	21.908
S	22.630	18.645	24.491	24.772	23.307
O	23.609	19.443	25.539	25.833	24.305
N	22.573	17.286	22.705	22.967	21.608
D	29.583	25.386	33.345	33.729	31.733
Totales	262.376	216.639	284.562	287.836	270.806

Tabla 15. ERRORES ELEVADOS AL CUADRADO

Período	Sin variación	Última variación	Variaciones promedio	Mayor R ²
	Torres con 0% Crecimiento	Torres con 31,35% Crecimiento	Torres con 32,86% Crecimiento	Torres con 25% Crecimiento
E	5.470.921	5.349.969	6.436.369	1.879.641
F	5.841.889	6.615.184	7.907.344	2.436.721
M	27.175.369	36	60.025	1.125.721
A	4.674.244	10.982.596	12.802.084	4.862.025
M	13.242.321	3.222.025	4.227.136	481.636
J	18.983.449	1.413.721	2.119.936	4.356
J	12.616.704	5.076.009	6.416.089	1.159.929
A	19.562.929	1.147.041	1.787.569	1.681
S	15.880.225	3.463.321	4.588.164	458.329
O	17.355.556	3.724.900	4.946.176	484.416
N	27.952.369	17.424	155.236	931.225
D	17.614.809	14.152.644	17.189.316	4.622.500
Totales	186.370.785	55.164.870	68.635.444	18.448.180

Como se puede apreciar, el menor grado de dispersión al sumar las demandas reales del año 9 y los datos pronosticados del mismo año, lo presenta el factor de crecimiento aportado por el valor esperado de la serie de datos

de los crecimientos con mayor R². En este caso se puede mencionar que el resultado de los pronósticos del método de Torres, **sí se ve mejorado**, cuando se usa el método del mayor R² para determinar el valor de %P.

6.1. PRUEBA DOS

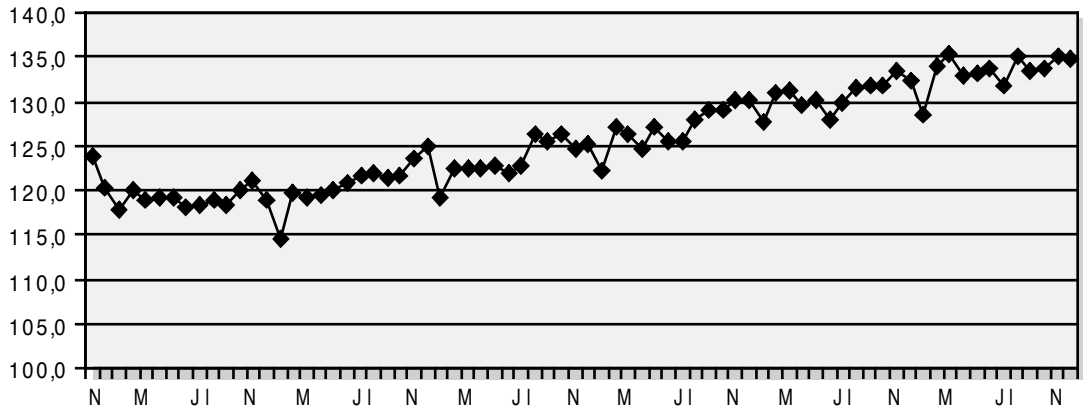
Para realizar una segunda prueba se eligió una nueva serie de datos, que representan el consumo promedio de kilowatios

de energía eléctrica en Colombia²⁴ en los últimos seis años; es decir, una serie de 72 datos. A continuación pueden verse los datos originales:

Tabla 16.

Demanda energía promedio							
Período	Mes	1999	2000	2001	2002	2003	2004
ENERO	E	117,8	114,6	119,1	122,3	127,8	128,6
FEBRERO	F	120,1	119,7	122,3	127,2	130,9	134,0
MARZO	M	119,0	119,1	122,5	126,3	131,4	135,3
ABRIL	A	119,1	119,4	122,4	124,8	129,5	133,0
MAYO	M	119,2	119,9	122,7	127,2	130,1	133,2
JUNIO	J	118,0	120,7	122,0	125,4	128,0	133,6
JULIO	Jl	118,4	121,7	122,6	125,4	129,8	131,8
AGOSTO	A	118,9	121,8	126,3	127,9	131,5	135,1
SEPTIEMBRE	S	118,4	121,3	125,6	129,1	131,7	133,5
OCTUBRE	O	119,9	121,5	126,2	129,0	131,8	133,8
NOVIEMBRE	N	121,0	123,6	124,7	130,1	133,5	135,1
DICIEMBRE	D	118,8	124,9	125,3	130,1	132,4	134,9

Gráfica 6
Demanda de energía en GWh



En la gráfica anterior se puede observar el comportamiento del consumo nacional de energía eléctrica, desde el año 1998 hasta el año 2003, la información real del año 2004, se reserva para

medir la eficiencia del método de Torres. El siguiente es el análisis del factor de crecimiento esperado de la serie, junto con las variaciones para cada período:

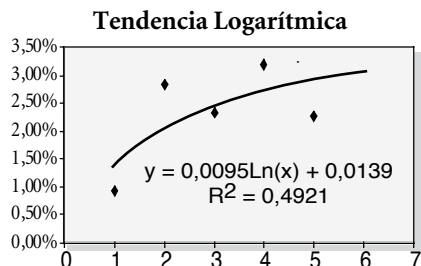
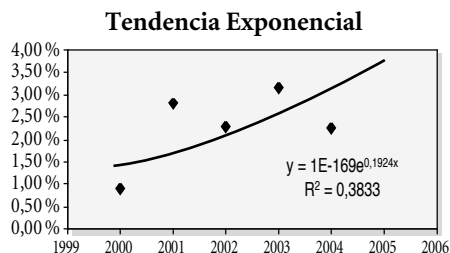
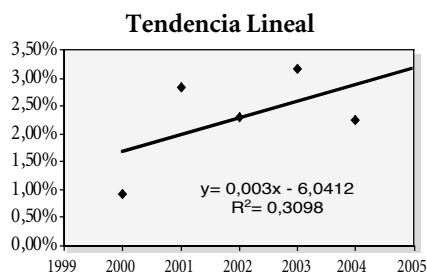
24. Consumo promedio de kilowatios de energía eléctrica por año, Fuente: Departamento Nacional de Planeación (DNP), puede accederse a esta serie de datos desde la página Web: <http://www.dnp.gov.co>, en el apartado de Estadísticas

Tabla 17.

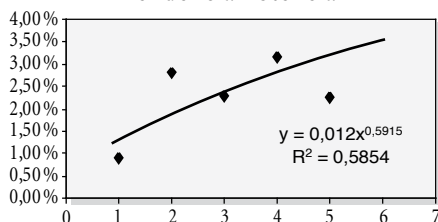
Promedios		Cambio en el promedio
1999	118,88	
2000	119,96	0,91%
2001	123,36	2,83%
2002	126,21	2,31%
2003	130,21	3,17%
2004	133,15	2,26%
Promedio	125.295	2.296%

A continuación puede verse el análisis completo de las series de crecimientos extrapoladas con las diferentes líneas de tendencia:

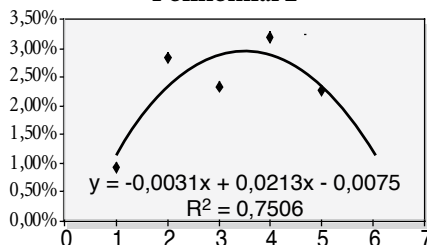
Gráficas 8.



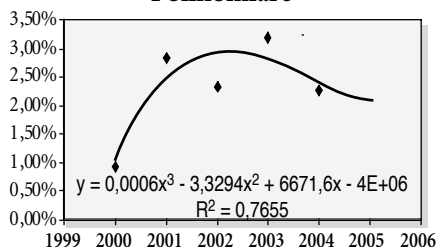
Tendencia Potencial



Polinomial 2



Polinomial 3



A continuación se resumen los resultados del análisis de tendencia de las variaciones de cada uno de los períodos y los valores esperados:

Tabla 18.

Tendencias	R ²	Cambio en el promedio
Lineal	0,3098	3,2%
Exponencial	0,3833	3,8%
Logarítmica	0,4921	3,2%
Potencial	0,5854	3,5%
Polinomial 2	0,7506	1,4%
Polinomial 3	0,7655	2,3%

Usando el Método de Torres para pronosticar las demandas de los siguientes 12 períodos, se tomaron como base histórica los últimos 12 meses; es decir, el año más reciente, con diferentes factores de crecimiento %P, los resultados son:

Tabla 19.

Período	Demanda real	Sin variación	Última variación	Variaciones Promedio	Mayor R ²
		Torres con 0% Crecimiento	Torres con 2,26% Crecimiento	Torres con 2,296% Crecimiento	Torres con 2,3% Crecimiento
E	128,60	131,00	134,00	135,00	135,00
F	134,02	138,61	142,77	142,77	142,77
M	135,25	134,22	138,26	138,26	138,26
A	133,00	130,79	134,72	134,72	134,72
M	133,19	133,19	137,20	137,20	137,20
J	133,63	134,44	138,46	138,46	138,46
J	131,75	131,13	135,07	135,07	135,07
A	135,12	137,43	141,53	141,53	141,53
S	133,51	132,40	136,36	136,36	136,36
O	133,79	134,28	138,29	138,29	138,29
N	135,13	136,35	140,39	140,39	140,39
D	134,92	134,79	138,78	138,78	138,78

La mejor alternativa es usar el factor de crecimiento dado por el ajuste de la línea de tendencia polinomial grado 3; es decir, usando el ajuste con mayor R².

Tabla 20. Errores elevados al cuadrado

Período	Sin variación	Última variación	Variaciones promedio	Mayor R ²
	Torres con 0% Crecimiento	Torres con 2,26% Crecimiento	Torres con 2,296% Crecimiento	Torres con 2,3% Crecimiento
E	5,76	29,16	40,96	40,96
F	100,11	200,90	200,90	200,90
M	31,59	93,26	93,26	93,26
A	4,78	37,47	37,47	37,47
M	21,07	73,89	73,89	73,89
J	34,14	97,14	97,14	97,14
J	6,40	41,89	41,89	41,89
A	77,93	167,18	167,18	167,18
S	14,47	60,15	60,15	60,15
O	32,27	93,88	93,88	93,88
N	60,10	139,06	139,06	139,06
D	38,32	103,71	103,71	103,71
Totales	426,92	1137,70	1149,50	1149,50

En este caso, también se puede mencionar que el resultado de los pronósticos del método de Torres, **no se ve mejorado**, cuando se usa el método del mayor R² para

determinar el valor de %P. El mejor resultado se logró usando el método de Torres con 0% como valor del %P.

6.2. PRUEBATRES

Para realizar una tercera prueba se eligió una nueva serie de datos, que representan el consumo promedio de barriles²⁵ de gaso-

lina en Colombia en los últimos seis años, es decir una serie de 72 datos; a continuación pueden verse los datos originales:

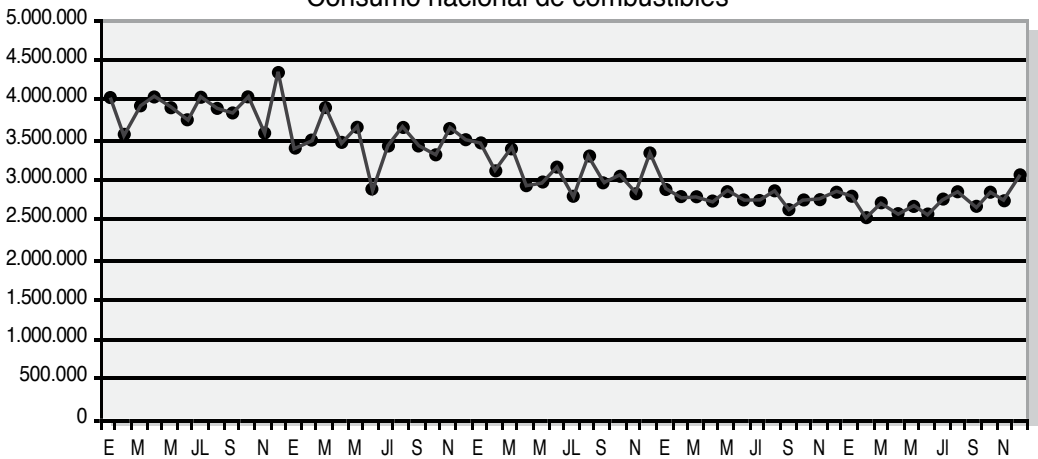
Tabla 21.

Meses	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5	Año6
ENERO	4.051.669	3.428.972	3.465.862	2.919.208	2.835.900	2.926.130
FEBRERO	3.583.328	3.523.296	3.120.432	2.820.748	2.540.126	2.631.980
MARZO	3.957.212	3.916.447	3.411.364	2.831.137	2.733.109	2.751.183
ABRIL	4.041.930	3.493.440	2.960.790	2.773.560	2.615.014	2.505.301
MAYO	3.923.608	3.666.091	2.995.530	2.846.079	2.701.131	2.704.137
JUNIO	3.783.510	2.925.570	3.151.680	2.783.370	2.602.845	2.633.125
JULIO	4.068.037	3.457.771	2.836.531	2.765.355	2.754.818	2.616.546
AGOSTO	3.909.565	3.657.721	3.299.919	2.860.773	2.849.311	2.679.817
SEPTIEMBRE	3.882.690	3.443.310	2.987.790	2.652.210	2.693.766	2.549.386
OCTUBRE	4.045.035	3.339.444	3.047.796	2.779.336	2.854.967	2.680.441
NOVIEMBRE	3.616.980	3.646.680	2.847.810	2.770.260	2.766.433	2.601.652
DICIEMBRE	4.387.182	3.536.945	3.360.307	2.868.585	3.070.043	3.063.701

En la siguiente gráfica se puede observar el comportamiento del consumo nacional de gasolina (medido en barriles al mes), desde

el año 1998 hasta el año 2003, la información real del año 2004, se reserva para medir la eficiencia del método de Torres.

Gráfica 8.
Consumo nacional de combustibles



25. Consumo promedio de barriles de gasolina por mes, Fuente: Departamento Nacional de Planeación (DNP), puede accederse a esta serie de datos desde la página web: <http://www.dnp.gov.co>, en el apartado de Estadísticas

El siguiente es el análisis del factor de crecimiento esperado de la serie, junto con las variaciones para cada período:

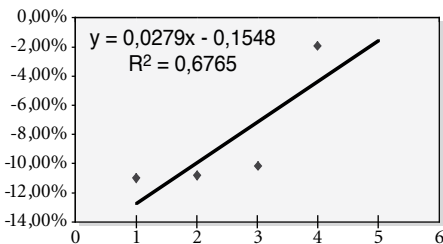
Tabla 22.

Promedios		Cambio en el promedio
1998	3.937.562,17	
1999	3.502.973,92	-11,04%
2000	3.123.817,58	-10,82%
2001	2.805.885,08	-10,18%
2002	2.751.455,22	-1,94%
Promedio	3.224.338,79	-8,50%

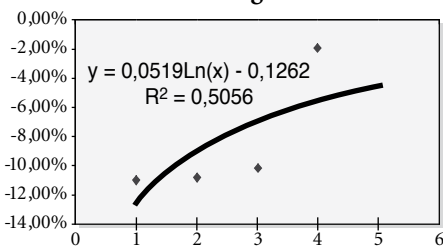
A continuación puede verse el análisis completo de las series de crecimientos extrapoladas con las diferentes líneas de tendencia:

Gráficas 9.

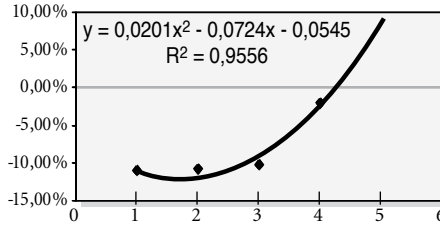
Tendencia Lineal



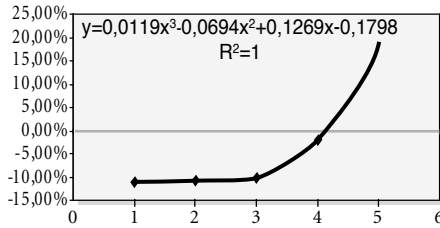
Tendencia Logarítmica



Polinomial 2



Polinomial 3



A continuación se resumen los resultados del análisis de tendencia de las variaciones de cada uno de los períodos y los valores esperados:

Tabla 23.

Tendencias	R²	Variación
Lineal	0,6760	-2,0%
Exponencial	NA	0,0%
Logarítmica	0,5056	-3,6%
Potencial	NA	0,0%
Polinomial 2	0,9556	8,0%
Polinomial 3	1,0000	20,0%

Usando el Método de Torres para pronosticar las demandas de los siguientes 12 períodos, se tomaron como base histórica los últimos 12 meses, es decir el año más reciente, con diferentes factores de crecimiento %P, los resultados son:

Tabla 24.

Período	Demanda real	Sin variación	Última variación	Variaciones promedio	Mayor R ²
		Torres con 0% Crecimiento	Torres con -1,94% Crecimiento	Torres con -8,49% Crecimiento	Torres con 20% Crecimiento
E	2.926.129,76	2838652,00	2783583,00	2597651,00	3406383,00
F	2.631.979,81	2452023,91	2404455,19	2243847,68	2942429,24
M	2.751.182,50	2892366,90	2836255,73	2646805,25	3470840,91
A	2.505.301,24	2491402,79	2443070,35	2279883,25	2989683,35
M	2.704.137,07	2914986,65	2858436,50	2667505,29	3497984,63
J	2.633.124,90	2569408,19	2519562,47	2351266,22	3083290,41
J	2.616.546,33	2600738,59	2550284,27	2379936,60	3120886,90
A	2.679.816,57	2732878,02	2679860,27	2500857,02	3279453,62
S	2.549.385,57	2496049,75	2447627,14	2284135,65	2995260,27
O	2.680.441,45	2822310,33	2767558,32	2582696,81	3386772,82
N	2.601.652,02	2536239,55	2487036,63	2320913,56	3043487,84
D	3.063.700,93	3134661,80	3073849,45	2868529,30	3761595,10

Tabla 25. Errores elevados al cuadrado

Período	Sin variación	Última variación	Variaciones promedio	Mayor R ²
	Torres con 0% Crecimiento	Torres con -1,94% Crecimiento	Torres con -8,49% Crecimiento	Torres con 20% Crecimiento
E	7.652.358.494,62	20.319.578.786,50	107.898.295.771,14	230.643.174.530,50
F	224.776.353.917,44	272.144.355.376,26	465.508.836.564,50	265.672.904,55
M	1.139.930.736,80	8.077.342.011,43	78.022.180.016,67	296.710.233.441,06
A	188.987.534.576,67	233.346.391.223,51	417.634.550.572,96	4.039.059.226,36
M	124.168.928,44	4.582.376.995,41	66.886.618.344,48	327.017.987.897,83
J	127.250.277.094,60	165.296.961.014,97	330.468.095.056,53	24.699.471.358,39
J	105.879.414.392,91	141.259.832.527,80	298.326.966.699,10	37.930.344.594,34
A	37.346.236.479,29	60.648.660.820,43	180.856.903.098,09	124.837.749.654,94
S	184.968.812.284,76	228.964.758.921,06	412.156.440.614,25	4.779.028.047,10
O	10.778.473.816,08	25.144.901.766,43	117.946.189.122,34	212.192.026.781,13
N	152.014.378.586,23	192.802.779.766,17	366.286.647.033,23	13.772.919.888,94
D	43.485.612.073,73	21.821.106.334,79	3.317.812.853,76	698.002.339.579,77
Totales	1.084.403.551.381,56	1.374.409.045.544,75	2.845.309.535.747,04	1.974.890.007.904,91

En este caso, a diferencia de las series de datos anteriores, el método de Torres **no se ve mejorado** por la técnica de escogencia del mayor R², para este caso en particular, la mejor alternativa es usar las 0% como %P.

6.3. PRUEBA CUATRO

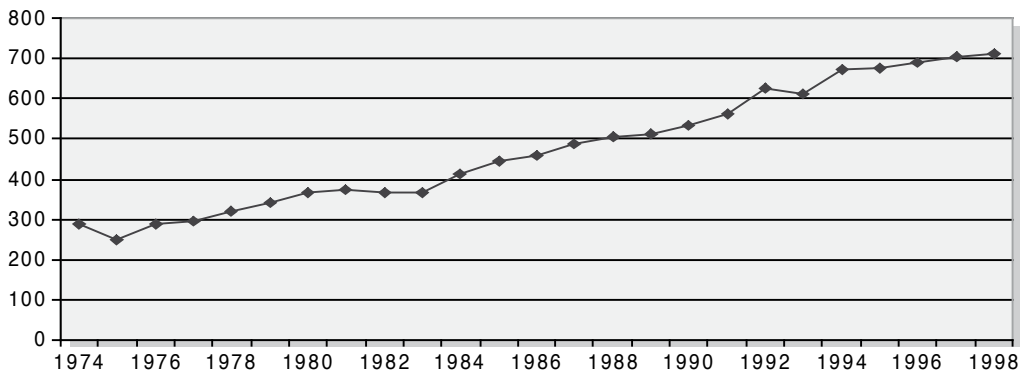
Para realizar una cuarta prueba se eligió una nueva serie de datos, que representan el consumo promedio de papel²⁶ en Colombia, dado en miles de toneladas de papel para el consumo interno, desde el año 1974 hasta el año 2003, es decir una serie de 30 datos. A continuación pueden verse los datos originales:

Tabla 26.

Año	Producción	Año	Producción
1974	289	1989	511
1975	248	1990	534
1976	287	1991	563
1977	295	1992	627
1978	321	1993	610
1979	342	1994	673
1980	367	1995	677
1981	372	1996	691
1982	366	1997	705
1983	365	1998	711
1984	412	1999	734
1985	446	2000	771
1986	457	2001	772
1987	488	2002	848
1988	504	2003	865

En la siguiente gráfica (Producción de papel), se puede observar el comportamiento del consumo nacional de papel (medido en miles de toneladas al año), desde el año 1974 hasta el año 2003, se tomarán las demandas de los años 1994 hasta el año 1998 para pronosticar las demandas de los años 1999 hasta el año 2003, la información real de estos años se reservará para medir la eficiencia del método de Torres.

Gráfica 10.
Producción de papel



26. Consumo anual de papel en Colombia, desde el año 1974 hasta el año 2003, Fuente: Cámara de Pulpa, Papel y Cartón de la ANDI. Tomado de: Departamento Nacional de Planeación (DNP), puede accederse a esta serie de datos desde la página web: <http://www.dnp.gov.co>, en el apartado de Estadísticas

En este caso en particular, no se tienen períodos de meses por año, sino que, se tienen los datos consolidados de cada año. Para calcular el factor de crecimiento o disminución esperado de la serie de datos en este caso se agrupó por grupos de cinco años y hacer la verificación de crecimientos o disminuciones entre períodos de cinco años. De este modo, las variaciones entre períodos quedan de la siguiente manera:

Tabla 27.

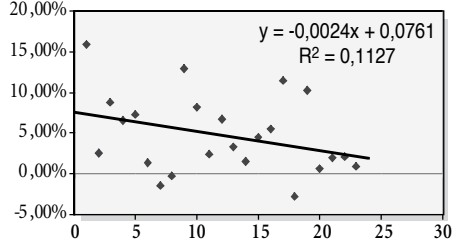
Año	Papel consumo anual en miles de toneladas	Variación
1974	289	0
1975	248	-14,28%
1976	287	15,89%
1977	295	2,61%
1978	321	8,82%
1979	342	6,48%
1980	367	7,29%
1981	372	1,39%
1982	366	-1,48%
1983	365	-0,33%
1984	412	12,96%
1985	446	8,20%
1986	457	2,44%
1987	488	6,74%
1988	504	3,22%
1989	511	1,45%
1990	534	4,48%
1991	563	5,53%
1992	627	11,36%
1993	610	-2,77%
1994	673	10,30%
1995	677	0,64%
1996	691	2,01%
1997	705	2,09%
1998	711	0,87%
Promedios	474	3,84%

A continuación puede verse el análisis completo de las series de crecimientos

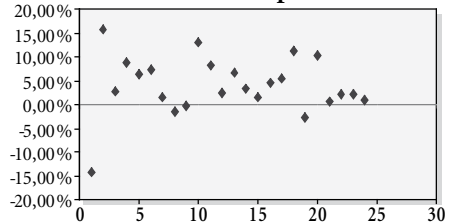
extrapoladas con las diferentes líneas de tendencia:

Gráficas 11.

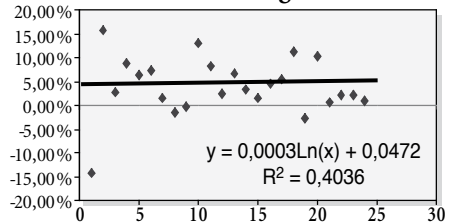
Tendencia Lineal



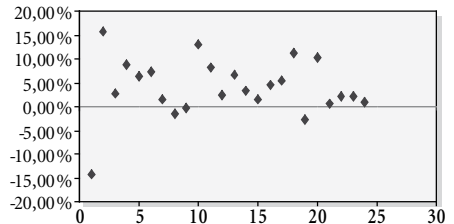
Tendencia Exponencial



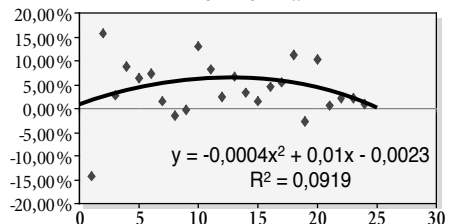
Tendencia Logarítmica

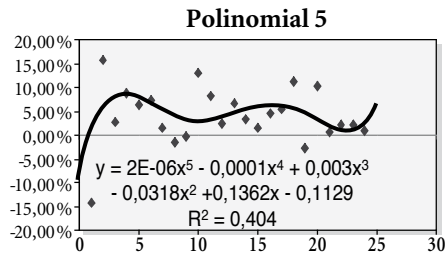
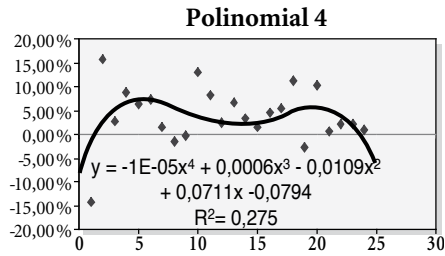
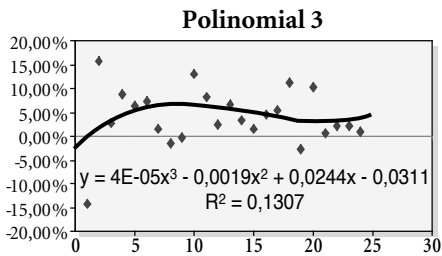


Potencial



Polinomial 2





A continuación se resumen los resultados del análisis de tendencia de las variaciones de cada uno de los períodos y los valores esperados:

Usando el Método de Torres y usando los diferentes factores de crecimiento %P, los resultados son:

Tabla 28.

Tendencias	R ²	Variación
Lineal	0,1050	2,0%
Exponencial	NA	0,0%
Logarítmica	0,0186	4,0%
Potencial	NA	0,0%
Polinomial 2	0,6061	0,0%
Polinomial 3	0,0719	2,0%
Polinomial 4	0,0154	-6,0%
Polinomial 5	0,2601	7,0%

Tabla 29.

Período	Demanda real	Sin variación	Última Variación	Variaciones promedio	Mayor R ²
		Torres con 0% crecimiento	Torres con 0.87% crecimiento	Torres con 4% crecimiento	Torres con 0% crecimiento
1999	734	678	684	706	678
2000	771	684	690	712	684
2001	772	692	698	721	692
2002	848	710	717	739	710
2003	865	715	722	744	715

En la siguiente tabla se pueden ver los resultados de los errores elevados al cuadrado con respecto a los datos reales

Tabla 30.

Período	Demanda real	Sin variación	Última variación	Variaciones promedio	Mayor R ²
		Torres con 0% crecimiento	Torres con 0.87% crecimiento	Torres con 4% crecimiento	Torres con 0% crecimiento
1999	734	29,16	129,96	1.115,56	29,16
2000	771	129,96	302,76	1.552,36	129,96
2001	772	376,36	645,16	2.342,56	376,36
2002	848	1.398,76	1.971,36	4.408,96	1.398,76
2003	865	1.797,76	2.440,36	5.097,96	1.797,76
Sumas	3.990	3.732,00	5.489,60	14.517,40	3.732,00

Para esta serie en particular, el método de Torres **sí se ve mejorado** gracias a la técnica de escogencia de la serie extrapolada usando el mayor R². Para este caso, la mejor alternativa es usar el ajuste de la tendencia polinomial grado 2. En este caso, el método de Torres por sí solo es igual de bueno al resultado del mayor R².

7. CONCLUSIONES

7.1. El documento aporta una explicación más detallada del método de Torres y sirve para ampliar el modo adecuado de usar esta herramienta de pronóstico. Trata de mostrar las bondades y debilidades del método de Torres de acuerdo con su uso. Las bondades encontradas se pueden resumir en:

- En las pruebas, el método siempre ofrece mejores resultados con los datos más recientes, por lo cual, se sugiere al usar este método, trabajar con los datos más recientes del período que englobe la estacionalidad de la variable. Por ende, se puede concluir que basados en estas pruebas, no se requie-

ren grandes colecciones de datos para pronosticar; esa es una fortaleza frente a otros métodos de pronóstico.

- El método de Torres involucra el %P, el factor de crecimiento o decrecimiento de la serie para períodos futuros, ampliamente analizado a lo largo del documento. A pesar de ser un factor subjetivo, es el único método de pronóstico que contempla este factor.
- Las fortalezas encontradas en el apartado de análisis del método, muestran el buen desempeño que tiene el método frente a los comportamientos de ciclo y estacionalidad.

7.1. Las debilidades encontradas en el método de Torres son:

- El método siempre trata de replicar el comportamiento de los datos tomados como históricos, y en una serie con tendencia marcada en donde los primeros datos difieren mucho de los datos finales; el método en su pronóstico se parecerá mucho a los datos iniciales y no tiene en cuenta que la serie sigue creciendo o disminuyendo.

- Otra debilidad encontrada se refiere al mismo factor %P, porque es una bondad cuando se puede predecir, de alguna manera, ese factor, pero cuando no se es un experto para predecir este factor, el método difiere mucho de los datos reales, y es muy complicado inferir el porcentaje exacto de aumento o disminución. Este trabajo pretende aportar un mecanismo que permitiera obtener, de una manera más objetiva, este factor de crecimiento de la serie.

7.3. De acuerdo con las pruebas realizadas al método con cuatro diferentes series, se puede ver que:

- En dos de las cuatro series, es decir, en el 50% de los casos, el método de Torres fue mejorado usando el %P aportado por la extrapolación de las series de crecimiento o disminución usando la tendencia con mayor R^2 . No se puede generalizar este aspecto por el reducido número de pruebas, en cambio se propone hacer un número mayor de pruebas para comprobar si este porcentaje se mantiene o mejora.
- En los otros dos casos, es decir, en el 50% restante de las pruebas, el mejor resultado de precisión del método, se logró sin hacer variaciones y usando el resultado de Torres con 0% como valor de %P. La recomendación es que se deban realizar más pruebas para comprobar que este comportamiento se mantenga..
- En ninguno de los casos, es decir el 0%, se logró mejorar la precisión del

método usando las últimas variaciones o las variaciones promedio.

- Se puede concluir que, el método de Torres por sí solo es mejor en el 50% de los casos, frente al dato del %P aportado por el análisis de los crecimientos de las series, por lo cual, a través de este documento se recomienda analizar la serie de datos y realizar la prueba frente a datos históricos reales, como se mostró en cada una de las cuatro pruebas. De este modo se puede mejorar el desempeño del método de Torres.

7.4. A través del estudio del método de Torres se aporta este documento que pretende un mejor entendimiento del método y ayudar en la forma de uso, tareas que no se presentan con claridad en el texto del cual se extrajo este método.

7.5. Se formula en hoja de cálculo el método de Torres para usarlo como herramienta de pronóstico, para cualquier número de observaciones históricas, que se desee (número de períodos), cosa que no se había hecho y que es de mucha utilidad para usarlo adecuadamente.

7.6. La medición pendiente es frente a otros métodos de pronóstico, para ello en un documento posterior se enfrentará el método de Torres con otros métodos de pronóstico para saber qué tan confiable es, y en dónde queda ubicado en el escalafón, con respecto a la confiabilidad de sus resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- FOGARTY, Donald (1999). Administración de la producción e inventarios. México: Editorial CECSA.
- HILLIER, Frederick (2001). Investigación de operaciones. Séptima edición. México: Editorial Mc Graw Hill.
- MAKRIDAKIS, Spyros (1997). Métodos de Pronóstico. México: Editorial Limusa.
- TORRES ACOSTA, Jairo Humberto (s.f.). Elementos de Producción. Bogotá: Editorial Universidad Católica de Colombia.
- PAREDES, Jorge (1994). Planificación de la Producción. México: Editorial Mc Graw Hill.
- PAREDES, Jorge. Planificación de la Producción. Universidad de Cuenca, Ecuador. En: <http://rai.ucuenca.edu.ec/publicaciones/docentes/jorgeparedes.htm>. Visitado en septiembre 3 de 2005.
- PAREDES, Jorge. Planificación de la Producción. El libro completo se puede bajar de: <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/ecuador/idiuc/teoria.doc>
- PRAWDA, Juan (1999). Métodos y modelos de investigación de operaciones, métodos estocásticos. Vol. 2. Undécima edición. México: Editorial Limusa.
- TUROFF, Murray y LINSTONE, Harold (2002). The Delphi Method, Techniques and Applications. Massachussets: Addison Wesley Longman Publishing Co.
El libro completo en versión digital se puede consultar en: <http://www.is.njit.edu/pubs/delphibook/index.html>. Visitado en Octubre 11 de 2005.
- VÉLEZ, Pareja Ignacio (2004). Decisiones empresariales bajo incertidumbre. Bogotá: Editorial Norma.
- Página Web del Departamento Nacional de Planeación, apartado de Estadísticas. Visitado en julio 12 de 2005. En: www.dnp.gov.co