

# MODELO PARA EL PRONÓSTICO DE ARRIBO DE TURISTAS ANUALAES AL AEROPUERTO JUAN GUALBERTO GÓMEZ

Dr. C. Alberto Medinas León<sup>1</sup>, Ing. Manuel de Jesús Vazquez Garriga <sup>2</sup>, Ing lianne Dolón Diéguez<sup>3</sup>

1. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba.  
[alberto.medina@umcc.cu](mailto:alberto.medina@umcc.cu)
2. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba.  
[manuel.vazquez@umcc.cu](mailto:manuel.vazquez@umcc.cu)
3. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba.

## Resumen

Los aeropuertos y en especial el que se presenta como caso de estudio poseen una alta estacionalidad en sus operaciones. La cantidad de arribos de pasajeros y, por tanto, de vuelos resultan las variables de entrada para la proyección de sus sistema logístico y de la organización de sus operaciones en general. El presente estudio propone un procedimiento y su aplicación para la determinación de la previsión de los pasajeros a arribar sobre la base de series históricas en este tipo de instalaciones, a la vez, que brinda la posibilidad la posibilidad a los gestores que sobre la base de las operaciones nuevas confirmadas afecten este pronóstico en busca de un acercamiento a la realidad.

**Palabras claves:** Pronósticos, serie históricas, procedimiento, aereopuertos.

## Desarrollo de métodos de pronóstico por series de tiempo con WINQSB

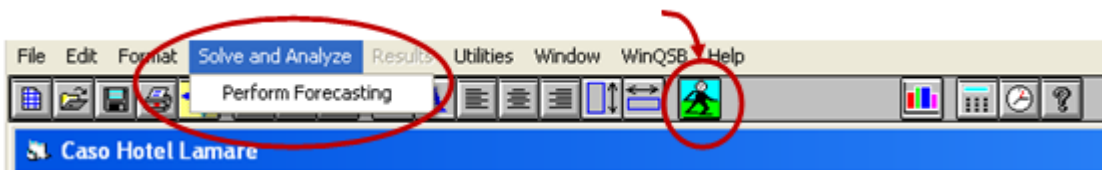
WINQSB es una aplicación de gran potencia y fácil manejo, debido a su gran versatilidad permite la solución de una gran cantidad de problemas: administrativos, de producción, de recursos humanos, dirección de proyectos, etc.; es por ello que es considerado como el software más utilizado por estudiantes 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.

La serie histórica mostrada en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** reflejan la cantidad de operaciones aéreas que arribaron al aeropuerto de Varadero determinada desde el 2006 hasta el 2012.

años	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
operaciones	12380	12180	12153	11418	12119	12914	13123

Tabla 1.: Operaciones aéreas arribadas

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:

### 1.1 Solución y análisis del ejemplo

#### Método series *Simple*

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.



## Tabla # 2 Resultados obtenidos del método de series simple

El pronóstico de ventas para el año 2017 se puede observar en la columna Pronóstico por *SES (Forecast for SES)* en la fila número 8, o sea, 12326,71 operaciones aéreas. El error acumulado del pronóstico (CFE) es de 732,583. La desviación media absoluta (MAD) es de 504,3195, con una señal de rastreo (Trk. Signal) igual a 1,4526. La desviación cuadrática media (M.S.E) tiene un valor de 390826,5. El error porcentual medio absoluto (MAPE) de 4,057842 y el coeficiente de determinación igual a 9,4814.

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

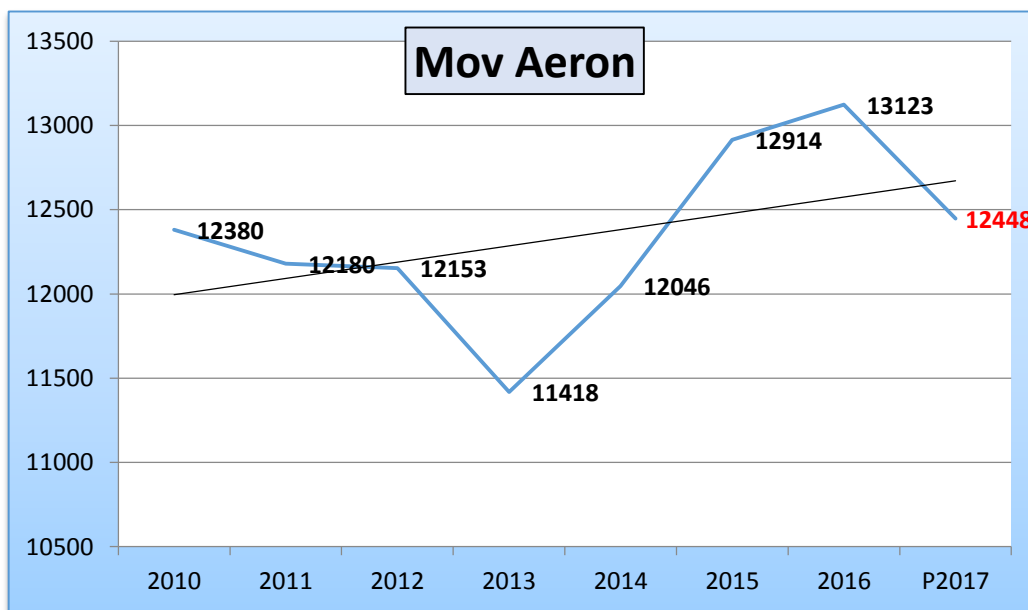
$$BIAS = 732,583/6 = 122,0971$$

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=122,0971 significa que con la aplicación de este modelo de pronóstico el valor estimado posee un retardo promedio con respecto al real de 122,0971 y, una estimación de 12326,71 + 122,0971 = 12448,8071 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:

$$\text{Previsión} = \text{Valor del pronóstico} + \text{BIAS}$$

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.



Grafica 1 Muestra del valor pronóstico para el año 2017

En la tabla 2 se pueden apreciar los valores plan directivos aprobados por la dirección superior de la UEB para este año 2017

<i>INDICADORES</i>	<i>total</i>
<b><i>MOVIMIENTO DE AERONAVES</i></b>	<b><i>12136</i></b>
<b><i>EMPRESAS NACIONALES</i></b>	<b><i>1911</i></b>
<b><i>NACIONALES</i></b>	<b><i>1200</i></b>
<b><i>INTERNACIONALES</i></b>	<b><i>711</i></b>
<b><i>EMP EXTRANJERAS</i></b>	<b><i>10225</i></b>

Tabla # 3 indicadores plan 2017 directivos.

Por ultimo podemos arribar a la conclusión de que el valor obtenido mediante el método estadístico aplicado Método Simple SA 12448 operaciones y el valor plan directivo de 12136 operaciones, la diferencia es de 312 operaciones menos ósea un 3% menos de lo obtenido.

## **2. Variación Estacional.**

Mientras que el análisis de la tendencia tiene implicaciones en la planificación administrativa a largo plazo, el análisis del componente estacional de una serie histórica tiene implicaciones a corto plazo más inmediatas.

Los planes del mercado y de fuerza de trabajo, por ejemplo en el caso que nos ocupa estaremos tomando en consideración los modelos estacionales del mercado relacionado con el movimiento de aeronaves en los últimos cuatro años.

La identificación del componente estacional en una serie histórica difiere del análisis de la tendencia por lo menos en dos formas.

Primero, mientras que la tendencia se determine directamente de los datos disponibles, el componente estacional se determina eliminando los otros componentes de los datos, de manera que sólo quede el estacional.

Segundo, mientras que la tendencia se representa por una línea de mejor ajuste, o ecuación, un valor estacional diferenciado tiene que calcularse para cada mes (o estación, etc.) del año, generalmente en forma de un número índice Kazmier /12/, Rios /22/, Merrill /16/.

Se han desarrollado varios métodos de medición de la variación estacional; entre estos podemos citar: Método del porcentaje promedio, Método de relación con la tendencia, Suavizado exponencial con estacionalidades y Suavizado exponencial por tendencia y estacionalidad.

Sin embargo, debido a que la mayoría de los cálculos del índice estacional actualmente en uso son variaciones de métodos de la razón al promedio móvil se describirá este método primeramente.

### **El método del porcentaje del promedio móvil.**

El componente estacional de una serie histórica se mide en forma de un número índice para cada segmento o fracción del año que se estudia. En comparación con esto, el componente de tendencia de una serie se describe determinando la ecuación para localizar la línea de mejor ajuste para todos los datos de la serie. La interpretación del número índice que representa la magnitud de la influencia estacional para un segmento particular del año,

implica una comparación de los valores observados, o esperados, para un segmento (cuatro meses, etc.) con el promedio total para todos los segmentos del año. Así un índice estacional de 100 para un mes particular indica que el valor esperado de la serie histórica para ese mes es exactamente un doceavo del total para el periodo anual centrado en ese mes.

De manera igual el índice estacional de 110 para otro mes indicaría que el valor esperado para ese mes es el 10 % mayor que el deseado el total. De manera que el número índice indica las fluctuaciones esperada en los niveles de actividades mensuales (o trimestrales), etc., con efectos debidos a los componentes de la serie histórica de la tendencia, cíclico o irregular esperado.

¿ Por que es necesario este análisis?. En ocasiones es frecuente encontrar series históricas (por ejemplo relacionadas a las ventas de productos determinados) con una marcada tendencia al incremento; pero a la vez con comportamiento particular asociados a distintas estaciones del año en las cuales sistemáticamente se observan altas o bajas notables (por ejemplo en Cuba puede verse en los niveles de utilización de las capacidades hotelera). Entonces pronosticar utilizando como criterio exclusivo la tendencia, puede resultar un error significativo.

En el análisis del número de operaciones aéreas ejemplo que estamos analizando, se usarán los datos mensuales para los años 2013 a 2016 (Tabla No.4) como base para el análisis del componente estacional, en lugar de usar los datos mensuales para el período completo de 2010 a 2016.

Una razón para esta reducción es la de simplificar los cálculos en esta ilustración. Otra razón más importante es que si hubiera habido algún cambio significativo en el modelo estacional en los años recientes, el uso del periodo completo de 2010 a 2016 para el análisis estacional daría por resultado peores proyectos de modelos estacionales esperados para 2017 que el uso de los datos para 2013 a 2016 solamente. **Schroeder/24/** recomienda trabajar con 4 años, cifra que se justifica por sí sola y casi resulta una necesidad, en el propio desarrollo del método como se podrá comprobar en lo adelante.

El primer paso en el método de la razón del promedio móvil, cuando se emplean datos mensuales es usar un promedio móvil de cada mes, es decir, la descomposición requiere del mismo número de periodo en el promedio móvil, como la estacionalidad de los datos. Esto se hace para promediar los promedios de alta y baja dentro del ciclo estacional.

Debido a que todos los meses del año se incluyen en este promedio móvil los efectos diferenciales debido al componente estacional se eliminan, dejando solo los efectos causados por los componentes de tendencias en los promedios móviles.

Año	2013	2014	2015	2016
Enero	1290	1310	1365	1387

Febrero	1254	1320	1377	1387
Marzo	1356	1423	1470	1447
Abril	1092	1100	1183	1054
Mayo	800	900	999	846
Junio	792	800	854	848
Julio	710	796	856	935
Agosto	748	810	772	820
Septiembre	750	760	725	808
Octubre	708	751	856	987
Noviembre	958	976	957	1108
Diciembre	960	1100	1500	1496

Tabla # 4 Hoja de trabajo para calcular índice estacional por el método de la razón de promedio móvil.

El cálculo del índice estacional para cada mes consiste en obtener una medida de tendencia central para estos índices o razones porcentuales calculadas. **Kazmier/12/** la mediana, **Schoeder /24/** la media de acuerdo con el mes del año y hacer ciertos ajustes que se describen a continuación.

Al calcular la razón porcentual promedio de cada mes, puede usarse uno de los tres métodos, en dependencia del juicio del analista. Un método es de usar la mediana de las razones porcentuales reportadas, otro consiste en usar la media, y el tercer método frecuentemente empleado, particularmente cuando se dispone de un número relativamente grande de razones, consiste en calcular una media modificada. Esta última es la media aritmética de los datos centrales ordenados (por ejemplo, las cinco razones centrales), eliminando así el efecto de observaciones extremas de la media. En la **Tabla No.5** la medida de tendencia central que se utilizó es la media.

Año	2013	2014	2015	2016	Promedio
Enero	1290	1310	1365	1387	1338
Febrero	1254	1320	1377	1387	1335
Marzo	1356	1423	1470	1447	1424
Abril	1092	1100	1183	1054	1107
Mayo	800	900	999	846	886
Junio	792	800	854	848	824
Julio	710	796	856	935	824
Agosto	748	810	772	820	788



Septiembre	750	760	725	808	761	
Octubre	708	751	856	987	826	
Noviembre	958	976	957	1108	1000	
Diciembre	960	1100	1500	1496	1264	
<b>Total</b>	<b>11418</b>	<b>12046</b>	<b>12914</b>	<b>13123</b>	<b>12375</b>	<b>1511455</b>

Tabla # 5 Calculo del promedio mensual.

Si el índice estacional promedio para los doce meses combinados debe ser igual a 100, por definición, el total de los índices estacionales para los doce meses del año deben ser igual a 1200.

Sin embargo, la suma de los valores obtenidos es de 1031 producto del excesivo trabajo con cifras decimales y por la influencia de la medida de tendencia central seleccionada. Ajustando el índice estacional, se obtiene la columna (2), como resultado de dividir 1200 entre el valor real obtenido (en este caso 1031) y multiplicando nuevamente por el índice promedio mensual obtenido.

$$\frac{1200}{1031} = 1,16391$$

El pronóstico esperado para el año 2017 es de 12448 (por el método simple average luego el pronóstico mensual, es igual a  $12448/1200$  .(Índice ajustado). Por ejemplo, para el mes de enero sería  $12448/1200 \cdot (130,18) = 136$ .

Como se aprecia, los resultados aquí obtenidos pudieran haber sido calculados también por diversas combinaciones de métodos en este trabajo expuesto, sobre todo para el cálculo de las tendencias.

La columna (2) de la Tabla No.2.24 relaciona el valor calculado del índice estacional de cada mes, lo que se determina por medio del ajuste. Al examinar estos valores es obvio que el pico estacional ocurre en mes de Enero y la depresión estacional ocurre en el mes de Agosto.

La columna (3) da el valor del pronóstico de la producción mensual esperada para el año 1999.

X	952	1004	1076	1094	1031
Xe	136	130	127	127	130
Xf	132	131	128	127	130
Xm	143	142	137	132	138
Xa	115	110	110	96	108

Xm	84	90	93	77	86
Xj	83	80	79	78	80
Xj	75	79	80	85	80
Xa	79	81	72	75	77
Xs	79	76	67	74	74
Xo	74	75	80	90	80
Xn	101	97	89	101	97
Xd	101	110	139	137	122

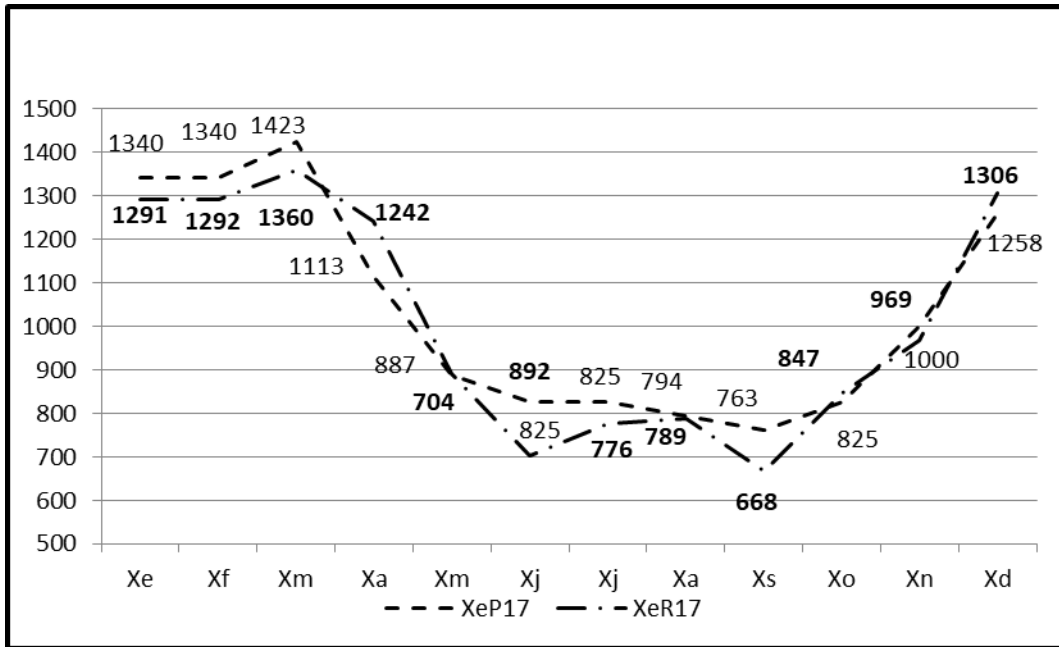
Tabla # 6 cálculo del índice ajustado

Como se aprecia, los resultados aquí obtenidos pudieran haber sido calculados también por diversas combinaciones de métodos en este trabajo expuesto, sobre todo para el cálculo de las tendencias.

En la Tabla No.6 se relaciona el valor calculado del índice estacional de cada mes, lo que se determina por medio del ajuste. Al examinar estos valores es obvio que el pico estacional ocurre en mes de septiembre y la depresión estacional ocurre en el mes de Agosto.

2017		XeP17	XeR17	%
Xe	1031	1340	1291	96
Xf	1031	1340	1292	96
Xm	1031	1423	1360	96
Xa	1031	1113	1242	112
Xm	1031	887	892	101
Xj	1031	825	704	85
Xj	1031	825	776	94
Xa	1031	794	789	99
Xs	1031	763	668	88
Xo	1031	825	847	103
Xn	1031	1000	969	97
Xd	1031	1258	1306	104
Total		12393	12136	98

Tabla # 7 resultado del pronóstico 2017



Gráfica # 2 Comparación del valor obtenido del pronóstico de operaciones aéreas con el plan directivo.

En la tabla No 5 se puede apreciar que el valor del pronóstico de las operaciones mensual esperada para el año 2017 es de 12393 y comparadas con el valor real planificado en el plan directivo de la Empresa de 12136 tiene una diferencia del 2% ósea 257 operaciones menos.

### Conclusiones

El uso del pronóstico es útil para el cálculo de demanda en instalaciones aeroportuarias, y constituye una herramienta en la planificación efectiva y la tomar decisiones.

Para determinar el pronóstico de demanda se propone el procedimiento propuesto por (Medina et al., 2008), para la realización de un pronósticos. Analizados los valores reales del primer cuatrimestre del 2017 se observa un incremento de 18 % respecto al valor calculado y esto viene dado por el aumento en un 4 % del de arribos de turistas procedentes de nuevos mercados emisores

## Bibliografía

- COMPANYS, R. (1990). Previsión tecnológica de la demanda. Barcelona.
- DÍAZ, A. (1993). Producción Gestión y Control. Barcelona.
- HEIZER, J., & RENDER, B. (2005). Dirección de la producción. Decisiones Estratégicas (6ta Edición ed.). Madrid: Pearson Prentice Hall.
- HILLER, F. S., & LIEBERMAN, G. J. (2001). Investigación de operaciones. México: McGraw-Hill.
- HILLIER, F. S., HILLIER, M. S., & LIEBERMAN, G. J. (2002). Métodos cuantitativos para administración. México: McGraw Hill.
- KAZMIER, L. J. (2007). Estadística aplicada a administración y economía (4a ed.). México: McGraw-Hill.
- KRAJEWSKY, L., RITZMAN, L., & MALHOTRA, M. (2008). Administración de operaciones (Octava Edición ed.). México: Pearson Educación de México S.A. de C.V.
- MEDINA, A., MADEN, R. H., & RIVERA, D. N. (2008). Fundamentos Generales de la logística. Capítulo 5. La Habana.
- MEDINA LEÓN, A., NOGUEIRA RIVERA, D., & GONZALEZ SANTOYO, F. (2002). Técnicas de análisis empresariales en la certeza e incertidumbre. Morelia, Michoacán: Editorial FeGoSa Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- MONTGOMERY, D. C., JENNINGS, C. L., & KULAHCI, M. (2009). Introduction to time series analysis and forecasting. New York: Wiley.
- PÉREZ, L. (2015). Sistema de predicción financiera para hoteles mediante Redes Neuronales Artificiales. Revista Retos Turísticos, 10(2).