

MODELO DE PRONOSTICO DE INVENTARIO MEDIANTE EL EMPLEO DE
SERIES DE TIEMPO

MAURICIO ALEJANDRO MORILLO LEON

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE ESTADISTICA
SAN JUAN DE PASTO
2008

MODELO DE PRONOSTICO DE INVENTARIO MEDIANTE EL EMPLEO DE
SERIES DE TIEMPO

MAURICIO ALEJANDRO MORILLO LEON

Trabajo final de la especialización en estadística

Director
Martha Patricia Bohórquez Castañeda
Profesor Asistente Departamento de Estadística

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE ESTADISTICA
SAN JUAN DE PASTO
2008

CONTENIDO

INTRODUCCION

1. OBJETIVO GENERAL

1.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

2. METODOLOGIA

3. MARCO TEORICO

3.1 CONCEPTOS BASICOS DE TEORIA DE INVENTARIOS

3.1.1 Definición de Inventario

3.1.2 Propósitos de los Inventarios

3.2 CONCEPTOS BASICOS DE LAS SERIES DE TIEMPO

3.2.1 Componentes de una Serie de Tiempo

3.2.2 Modelos ARMA

3.2.3 Funciones de Autocorrelación y Autocorrelación Parcial

4. RESULTADOS

4.1 ANALISIS EXPLORATORIO DE LA SERIE

4.2 COMPONENTES DE LA SERIE

4.3 IDENTIFICACION DEL MODELO UNIVARIANTE

4.4 PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE

4.5 ADECUACIÓN DEL MODELO Y PRONOSTICOS

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

En muchos campos del conocimiento, es de especial interés conocer el comportamiento de una variable con respecto al tiempo, con el propósito de observar sus cambios y poder predecir sus valores futuros.

Una serie temporal considerada como observaciones sucesivas de una misma variable a intervalos de tiempo periódicos, es una herramienta que permite realizar análisis de datos correlacionados temporalmente.

Ejemplos de aplicación existen en múltiples campos del conocimiento como: Economía, Demografía, Meteorología, entre muchos otros, con objetivos y fines diversos.

Es así como dentro del campo económico y empresarial, una de las principales aplicaciones que tienen las series de tiempo es que permiten pronosticar valores futuros de una variable de interés, permitiendo de esta manera optimizar los recursos y minimizar costos. “Los estadísticos han desarrollado muchas herramientas para su aplicación en problemas prácticos. Estas herramientas están disponibles para ser utilizadas en el mejoramiento de los negocios en general y para solucionar problemas industriales”¹

Las empresas en el ejercicio de sus actividades, se preocupan por aprovechar al máximo los limitados recursos con los que cuentan para cumplir sus metas; por tal razón continuamente encaminan sus esfuerzos por no desperdiciar recursos.

Los inventarios son una pieza fundamental en el desarrollo de las actividades de una empresa, ya que permiten satisfacer las necesidades de sus clientes; sin embargo contar con niveles excesivos de inventarios conlleva a acumular capital de trabajo ya que la empresa pierda liquidez en el corto plazo; por otro lado contar con pocas existencias podría conducir a no satisfacer las necesidades de sus clientes.

En este caso se analizarán datos obtenidos de una empresa productora de bebidas no alcohólicas, siendo la variable observada la colocación total de cajas en el mercado, con una periodicidad mensual iniciando en enero de 2003 y finalizando en diciembre de 2007, además se requiere programar la

¹ BOVAS, Abraham. Implementación de la estadística en los negocios y la industria. En: Revista colombiana de estadística. Vol 30, N° 1 junio 2007.

producción del artículo con el fin de pronosticar las futuras ventas y las necesidades de insumos.

“Cada vez más empresas están redefiniendo y formalizando el proceso de elaboración de pronósticos para llevar a cabo una mejor planeación de ventas y operación y, por lo tanto, un mejor desempeño financiero”², la anterior afirmación describe como las empresas hoy en día deben maximizar los beneficios que se puedan obtener empleando los mismos recursos.

Por lo tanto, los pronósticos en la actualidad forman una pieza fundamental en la tarea de planificación; pronosticar a corto plazo permite a la empresa tener una idea de cómo responder a los cambios de la demanda, ajustando los programas de trabajo y modificando los materiales y/o la fuerza de trabajo. A largo plazo, se requieren pronósticos como la base de cambios estratégicos buscando nuevos mercados y desarrollo de nuevos productos y servicios.

Entonces, se puede afirmar que los pronósticos son estimaciones de la ocurrencia, la cronología o la magnitud de futuros eventos inciertos; se pueden clasificar en *cualitativos* (Las técnicas cualitativas son de carácter subjetivo y se basan en opiniones por lo general de personas expertas en un tema de interés), *análisis de series de tiempo*, *relaciones causales y simulación*.

Los modelos que emplean las series de tiempo tratan de pronosticar el futuro con base en datos pasados, y de los cuales se realizara una breve descripción en el presente documento.

El proceso de elaboración de pronósticos es clave para la planeación y operación de la empresa. La toma de decisiones y las utilidades de la empresa pueden ser mejores si las empresas cuentan con buenos pronósticos. “Hoy en día es ineludible un proceso mas formal de elaborar los pronósticos sin importar en que tipo de negocio y/o industria se localice la empresa o la función que realiza. Siempre hay una necesidad de predecir el futuro para construir un plan”³

En conclusión, el pronosticar no es un ejercicio fácil pero técnicas como las series de tiempo, son una herramienta potente que nos proporcione predicciones que nos permita aproximarnos a un valor futuro verdadero.

² GONZALEZ, Armando, gerente general Forecast Pro Latinoamérica, combinar estadísticas experiencias e intuición.

³ Tomado de Why Forecastig? en www.ibf.org

2. OBJETIVO GENERAL

Construir un modelo univariado para la serie temporal de la colocación total de cajas en el mercado, que permita pronosticar el nivel requerido de inventario disponible.

2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Realizar análisis descriptivo de la serie de tiempo e identificar sus componentes como estacionalidad, ciclos, tendencia, entre otros.

Identificar el modelo que permita pronosticar el comportamiento de la variable de interés.

Estimar los parámetros y seleccionar el modelo.

Evaluar los pronósticos obtenidos con el modelo y realizar los ajustes necesarios.

2. METODOLOGIA

La metodología que se plantea a fin de lograr los objetivos, se puede dividir en las siguientes etapas:

Etapas 1. Descripción de la información.

Se obtendrán los datos existentes de la base de información, esperando obtener una serie de tiempo lo más amplia posible. Se analizará la serie existente de la variable desde enero de 2003 hasta diciembre de 2007; contando con un total de 60 observaciones. La variable de interés que se analizará será la colocación total de cajas físicas en el mercado, sin discriminar aquellas que se entregan debido a descuentos, promociones, patrocinios, entre otros.

Etapas 2. Identificar las componentes del modelo.

Se analizarán las componentes de la serie temporal como, estacionalidad, ciclos, tendencia e irregularidad de la misma; transformaciones de ser necesario. Con el propósito de caracterizar el comportamiento de los datos objeto de estudio y satisfacer las condiciones de normalidad del error y homogeneidad de la varianza

Se graficarán las funciones de Autocorrelación simple y parcial; para poder determinar el modelo de comportamiento al cual se ajusta la serie, que podría ser modelo AR, ARMA o ARIMA

Etapas 3. Selección y estimación del modelo

Con la información obtenida en la etapa anterior y aplicando criterios de selección como son AIC, para obtener el mejor modelo que ajuste la serie de tiempo. La tabla 1. Muestra las características de los procesos ARMA, con la cual después de analizar los correlogramas, de las funciones de Autocorrelación simple y parcial, servirá para seleccionar el modelo de la serie.

Etapas 4. Validación de supuestos

Calculando el contraste Q^4 , para determinar si el modelo es adecuado o no, si el modelo es óptimo para los datos, el siguiente paso es validar los

⁴ Contraste Q de Ljung-Box sobre las autocorrelaciones

supuestos⁵ del modelo de normalidad de media cero, varianza constante e independientes.

Realizando análisis de residuos, con pruebas de normalidad como son: Shapiro-wilk, Kolmogorov-Smirnov, además de pruebas graficas basadas en los P-P plots y Q-Q plots. Para la varianza, se realizaron pruebas Bartlett, Hartley y Cochran.

Etapa 5. Validación de los pronósticos

Identificado el proceso que genera la serie temporal de interés, estimados los parámetros correspondientes del modelo, y haber pasado la etapa de verificación de supuestos, se realizaron pronósticos, que es el fin último del presente trabajo.

Tabla 1. Resumen de las fas y fap de procesos ARMA⁶

	Fas	fap
AR(p)	Muchos coeficientes no nulos	Primeros p no nulos, resto 0
MA(q)	Primeros q no nulos, resto 0	Muchos coeficientes no nulos
ARMA(p,q)	Muchos coeficientes no nulos	Muchos coeficientes no nulos

⁵ Denominados procesos de ruido blanco.

⁶ PEÑA, Daniel. Análisis de series temporales. Alianza, 2005. p. 158.

3. MARCO TEORICO.

3.1 CONCEPTOS BASICOS DE TEORIA DE INVENTARIOS

3.1.1 Definición de Inventario

El termino inventario se refiere a las existencias de un articulo o recurso que se usa en la organización, para llevar a cabo sus actividades comerciales.

“Un sistema de inventario es el conjunto de políticas y controles que supervisa los niveles de inventario y determina cuales son los niveles que deben mantenerse, cuando hay que reabastecer el inventario y de que tamaño deben ser los pedidos.”⁷

El propósito básico del análisis de inventarios en la manufactura y en los servicios que manejan existencias es especificar cuando hay que pedir los artículos y de que tamaño debe ser el pedido.

3.1.2 Propósitos de los inventarios

Las existencias en inventario se usan para satisfacer las siguientes necesidades:

- Mantener la independencia de las operaciones; la existencia de insumos, materiales, y producto terminado facilita la operación de las diferentes áreas que integran la empresa.
- Satisfacer las variaciones en la demanda de productos; si se conoce con precisión la demanda del producto se puede fabricar el producto para satisfacer la demanda.
- Permitir flexibilidad en los programas de producción; las existencias en inventario reducen la presión que existe en el sistema para generar los bienes.
- Proporcionar un margen de seguridad para variaciones en la entrega de materias primas.

⁷ AQUILANO, Chase. Dirección y administración de la producción y de las operaciones. Mc Graw Hill. 1994. p.642.

- Aprovechar el tamaño económico del pedido; como es lógico elaborar un pedido implica en incurrir en costos; y para reducir estos costos es mejor aumentar la cantidad pedida.

3.2 CONCEPTOS BASICOS DE LAS SERIES DE TIEMPO

Se puede denotar una serie de tiempo como:

$$\{z_1, z_2, z_3, \dots, z_T\} \text{ O } \{z_t\} \text{ con } t = 1, 2, 3, \dots, T$$

“Una serie temporal es el resultado de observar los valores de una variable a lo largo del tiempo en intervalos regulares (cada día, cada mes, cada año, etc.)”⁸. El principal objetivo que persigue un análisis de series de tiempo es describir y predecir el comportamiento de un fenómeno que cambia en el tiempo. Las variaciones que experimenta una serie temporal pueden ser evolutivas, cuando el valor medio de las observaciones cambia a través del tiempo, y estacionarias cuando su valor promedio permanece constante.

3.2.1 Componentes de una Serie de Tiempo

Una serie de tiempo, se puede descomponer en cuatro componentes que son:

- Tendencia (T) el comportamiento que presenta una variable en el largo plazo.
- Ciclo (C) se caracteriza por oscilaciones alrededor de la tendencia, que se repiten de forma casi periódica.
- Estacionalidad (S) son movimientos de la serie que se repiten de forma periódica.
- Aleatoriedad (I) esta componente no responde a ningún patrón de comportamiento.

3.2.2 Modelos ARMA

Son un grupo importante dentro de los modelos de series estacionarias, son modelos mixtos, constituido por p términos autorregresivos AR y q términos de medias móviles MA, la parte AR modela la influencia de los

⁸ PEÑA, Daniel; Análisis de series temporales. Alianza. p18.

valores anteriores a la serie (y_{t-1} hacia atrás); y la parte MA modela la influencia del ruido en valores anteriores a la serie.

La expresión para este tipo de modelo sería

$$y_t = \rho_1 y_{t-1} + \rho_2 y_{t-2} + \dots + \rho_p y_{t-p} + \varepsilon_t + \alpha_1 \varepsilon_{t-1} + \alpha_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \alpha_q \varepsilon_{t-q}$$

3.2.3 Funciones de Autocorrelación y Autocorrelación Parcial

La función de autocorrelación temporal con rezago j viene definida como:

$$\rho_j = \frac{\text{cov}(z_t, z_{t-j})}{\sqrt{\text{var}(z_t)} \sqrt{\text{var}(z_{t-j})}}$$

Además se puede definir la función de Autocorrelación parcial como:

$$\Pi_j = \text{corr}(z_t, z_{t-1} \mid z_t, z_{t-1}, \dots, z_{t-j+1})$$

Esta función permite identificar patrones repetitivos dentro de la serie, e identificar sus diferentes componentes.

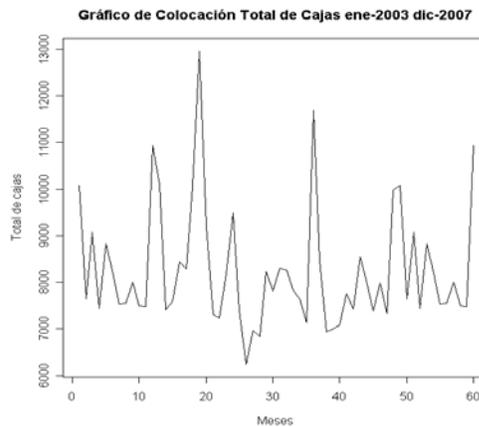
4. RESULTADOS

4.1 ANALISIS EXPLORATORIO DE LA SERIE

Antes de iniciar con la modelación de la serie, es importante primero realizar una descripción de los datos que la componen.

La secuencia de la variable cajas puestas en el mercado se representa en la **figura 1**. Se puede apreciar el comportamiento cronológico que ha tenido la variable iniciando en enero de 2003 hasta diciembre de 2007, se puede apreciar que se comporta como una serie estacionaria en media, puesto que no se aprecian tendencias.

Figura 1. Total de cajas puestas en el mercado entre enero de 2003 y diciembre de 2007.

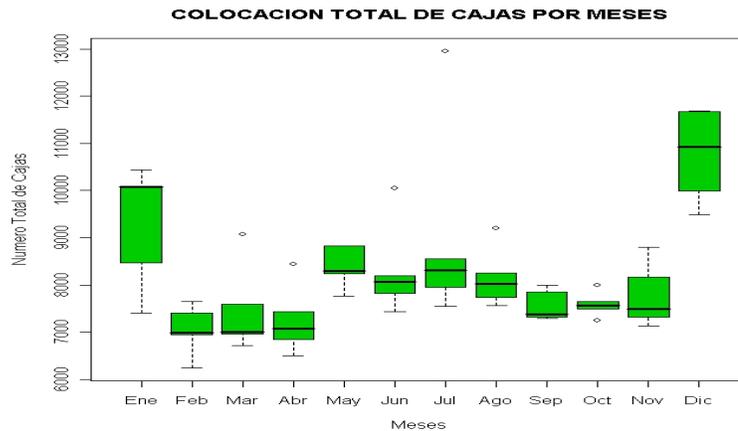


Fuente. Gaseosas Nariño S.A.

La serie no presenta datos faltantes; se aprecia que presenta un comportamiento estacional de enero a diciembre, es decir presenta una periodicidad anual, observando que los mayores valores corresponden a los meses de diciembre y en enero comienza un decrecimiento. **La figura 2**

presenta la evolución de la serie por meses, donde se puede apreciar este comportamiento.

Figura 2. Evolución por meses de la variable.



Fuente. Gaseosas Nariño S.A.

La **tabla 1** muestra las principales medidas estadísticas descriptivas, con el propósito de profundizar más en el conocimiento de los datos.

Tabla 2. Medidas de resumen de la variable Total de Cajas.

<i>Cajas en el Mercado</i>	
Media	8224,08333
Mediana	7833
Desviación estándar	1350,02661
Varianza de la muestra	1822571,84
Curtosis	2,29600285
Coficiente de asimetría	1,49245926

Fuente. Gaseosas Nariño S.A.

La tabla 2 permite observar que entre el año de 2003 y 2007 se colocaron en promedio 8224 cajas, con una variabilidad de 1350, con una alta variabilidad, presentando un coeficiente de variación de 16%, el valor máximo de cajas fue de 12953 y el mínimo de cajas de 6241. La mayor concentración de las observaciones se encuentran principalmente en los intervalos de 7000 a 9000 cajas como se observa en La **figura 3**.

Al realizar pruebas de normalidad (Kolmogorov – Smirnov y Shapiro – Wilk) con una confiabilidad de 90%, de los datos que componen la serie se encontró lo siguiente:

Shapiro-Wilk normality test

data: Total de cajas

W = 0.8577, p-value = 6.042e-06

Kolmogorov-Smirnov normality test

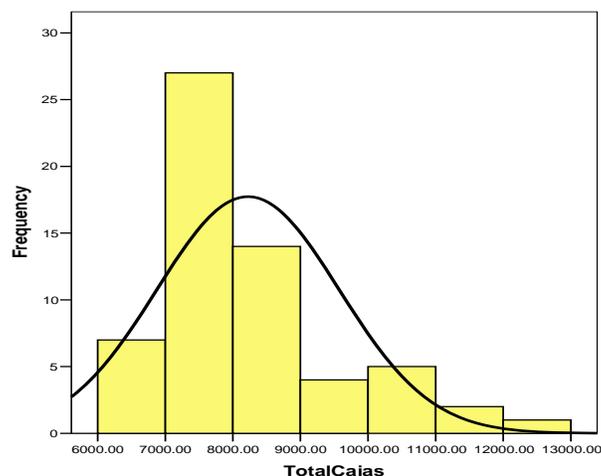
data: Total de cajas

D = 0.1764, p-value < 2.2e-16

Las pruebas realizadas dan como resultado que la serie no tienen una distribución normal. Se corrige la no normalidad presente en los datos originales transformando la serie con logaritmo natural.

Al transformar la serie con la función logaritmo, se mejora la heterocedasticidad, y se corrige la no normalidad de las observaciones.

Figura 3. Histograma de la variable total de cajas.



Fuente. Gaseosas Nariño S.A.

4.2 COMPONENTES DE LA SERIE

Se realizó la descomposición de los elementos que componen la serie, encontrando los siguientes resultados.

Tendencia, se agrupó la serie en años y al compararlos a partir de 2003 hasta 2007 se obtuvo la tabla 3.

Tabla 3. ANOVA de comparación entre años

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,112141	4	0,0280353	1,25	0,3007
Intra grupos	1,23329	55	0,0224235		
Total (Corr.)	1,34543	59			

Fuente. Gaseosas Nariño S.A.

Se puede concluir que no existe diferencia significativa entre las medias de los grupos, para este caso se trata de años, y se concluye que la serie no presenta tendencia por lo que es estacional en su media.

Para analizar si las observaciones presentan ciclos, se agrupó ahora por meses del año, obteniendo 12 grupos, el resultado de la comparación se presenta en la tabla 4.

Tabla 4. ANOVA de comparación entre meses

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,783165	11	0,0711968	6,08	0,0000
Intra grupos	0,562268	48	0,0117139		
Total (Corr.)	1,34543	59			

Fuente. Gaseosas Nariño S.A.

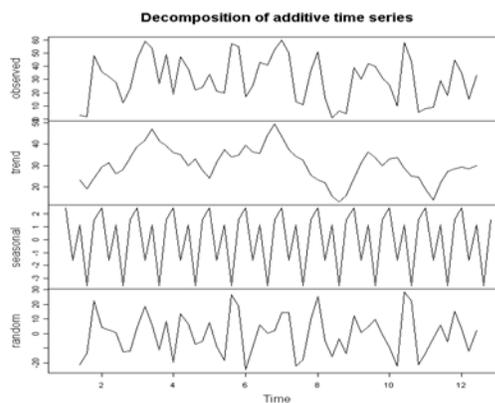
Se puede concluir que hay diferencia entre los promedios mensuales, existiendo ciclos en la evolución de la serie; la figura 2 muestra como el ciclo se presenta en los meses de diciembre, principalmente debido a que este mes es la época del año de mayores cajas puestas en el mercado

debido a la temporada de fin de año. Época que es especialmente sensible en el comercio en general.

Como se puede observar en la figura 4, donde se presenta la descomposición estacional de la serie de tiempo confirma de manera grafica las afirmaciones de que la serie de tiempo no presenta tendencia y cuenta con una marcada estacionalidad.

Utilizando modelo aditivo se realizo la descomposición de la serie y se obtuvieron de esta manera los residuos, para su posterior análisis.⁹

Figura 4. Descomposición de la serie de tiempo



4.3 IDENTIFICACION DEL MODELO UNIVARIANTE

En la figura 1 se muestra la representación gráfica de la evolución de la serie correspondiente a la variable de interés transformada; es apreciable que no presenta tendencia creciente ni decreciente. Presenta picos estacionales en los meses de diciembre, que son a su vez los meses de mayor valor de la variable en observación, esto debido a que corresponde a la temporada de fin de año.

Para mejorar la variabilidad de los datos, y eliminar el efecto estacional de los meses de diciembre se transforma la serie empleando la función logaritmo, la representación se presenta en la **figura 4**. Se observa que desaparece los picos estacionales correspondientes a los meses de diciembre que presentaban los datos originales, se aprecia la estacionalidad de la serie y ya no se aprecian ciclos.

⁹ MOLINERO, Luis M. Análisis de series temporales en www.seh-lelha.org/stat1.htm

Figura 4. Representación de la serie logaritmo de cajas puestas en el mercado.

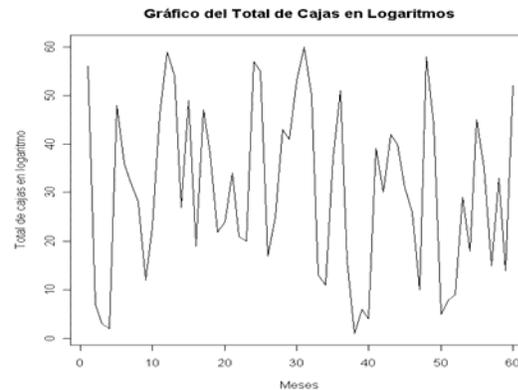
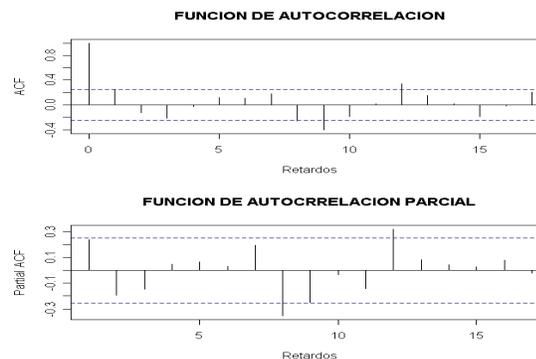


Figura 5. Graficas de las Funciones de Autocorrelación y Autocorrelación Parcial.



En la figura 5 se representan las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial, con las que se puede intuir el modelo que mejor ajusta la serie.

Según la función de autocorrelación, se aprecia como las dos primeros coeficientes son no nulos y que van decreciendo, sugiriendo un modelo autorregresivo de orden 3, pero también se puede ver que la estructura global decrece luego de los dos primeros coeficientes con lo que un modelo de medias móviles de orden dos se podría implementar.

Combinando los resultados simultáneamente de las dos funciones tanto de Autocorrelación simple como de autocorrelación parcial se descarta los modelos autorregresivos y de medias móviles, debido a que la

autocorrelación parcial presenta muchos coeficientes no nulos;¹⁰ por lo que se considera un modelo ARMA o ARIMA de orden bajo. La serie de tiempo se podrían modelar implementando modelo ARMA (1,1), ARMA (2,2) y ARMA (2,1).

Después de realizar las estimaciones de los diferentes modelos se llega a la conclusión que un modelo ARMA (2,2), es el que mejor ajusta la serie temporal objeto de estudio.

El modelo se presenta a continuación.

Call:
arma(x = serie, order = c(2, 2), include.intercept = FALSE)
Model:
ARMA(2,2)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-36.363	-11.513	-1.291	12.263	29.947

Coefficient(s):

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
ar1	0.340282	0.023934	14.22	<2e-16 ***
ar2	0.660381	0.021866	30.20	<2e-16 ***
ma1	-0.171364	0.007801	-21.97	<2e-16 ***
ma2	-1.118678	0.017103	-65.41	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Fit:
sigma^2 estimated as 216.6, Conditional Sum-of-Squares = 12349.9, AIC = 500.94

Como se puede observar, los coeficientes tanto de la parte autorregresiva como de medias móviles son estadísticamente significativos, y la medida de calidad AIC del modelo es de 500,94, siendo esta la menor dentro de todos los modelos puestos a consideración. Con esta información se puede rechazar la hipótesis nula de que los parámetros del modelo son nulos.

4.4 PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE

Los resultados de las pruebas de normalidad dan los siguientes resultados:

Shapiro-Wilk normality test

data: residmod2
W = 0.983, p-value = 0.5879

¹⁰ Ver tabla 1 en la metodología.

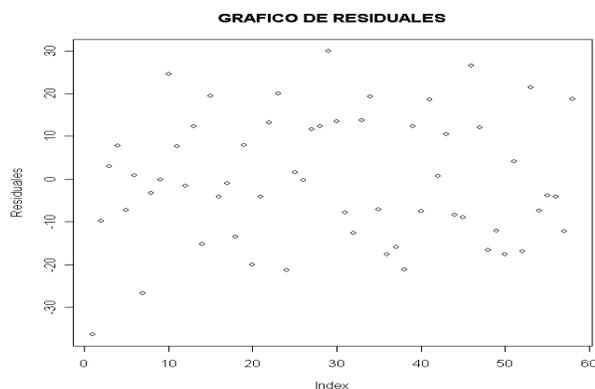
Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test

data: residmod2

D = 0.0837, p-value = 0.3975

Para mostrar que la varianza es constante se presenta el grafico de residuales, presentado en la figura 6. Con lo que se puede afirmar que los supuestos de normalidad y de varianza se cumplen y que el modelo es apropiado.

Figura 6. Grafico de residuales



4.5 ADECUACIÓN DEL MODELO Y PRONOSTICOS

Los contrastes de Box-Pierce y Box-Ljung, presentan un p-valor que permite concluir que el modelo es adecuado.

Box-Pierce test

data: seriets

X-squared = 4.3767, df = 2, p-value = 0.1121

Box-Ljung test

data: seriets

X-squared = 4.6163, df = 2, p-value = 0.09944

Las predicciones obtenidas con el modelo, se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Predicciones con el modelo

PERIODO	PREDICCION	CONVERTIDO A CAJAS
Ene-08	8,96187	7799
Feb-08	8,66561	5799

Mar-08	8,71604	6099
Abr-08	8,77952	6497
May-08	8,68270	5783
Jun-08	8,73873	6239
Jul-08	8,86078	7049
Ago-08	8,93062	7559
Sep-08	8,90860	7395
Oct-08	8,91345	7431
Nov-08	8,91302	7428
Dic-08	9,17220	9625

La primera columna contiene el periodo a pronosticar, la segunda columna presenta el valor obtenido con el modelo, y la última columna contiene el valor en cajas físicas esperadas a poner en el mercado.

Se puede apreciar que el modelo interpreta la evolución del mercado, especialmente lo que sucede a lo largo del año, es decir la colocación de cajas de producto es mayor depuse del primer semestre, y su mayor valor es en el mes de diciembre.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Mediante la implementación de un modelo ARMA, se logra interpretar la evolución y el comportamiento que tiene a lo largo del tiempo la variable de interés que para este caso se trata de la colocación total de cajas en el mercado.

El modelo logra predecir valores para meses especialmente sensibles como lo son los meses de enero y diciembre, el primero porque históricamente presenta volúmenes bajos de colocación y el segundo porque este mes es por lo general es de mayor volumen de producto necesario para satisfacer la demanda.

La adopción de un modelo que emplee el uso de series de tiempo y metodologías ARIMA, permite a la empresa contar con mejores y estimativos mas cercanos a la realidad, con lo que se hace mas productiva en el manejo de sus recursos, en especial los recursos financieros.

Se debe tener presente que el mercado cuenta con especiales características, que van cambiando conforme pasa el tiempo, aspectos como gustos, clima, la aparición de nuevos productos que satisfagan la necesidad del cliente, hacen que las condiciones con las que se inicio este estudio vayan cambiando por lo que una revisión periódica del modelo se hace necesaria para hacer los ajustes necesarios.

BIBLIOGRAFIA

AQUILANO, Chase. Dirección y administración de la producción y de las operaciones. Edición 6ª. México, 1994.

BOVAS, Abraham; Implementación de la estadística en los negocios y la industria. En: Revista Colombiana de Estadística, (Junio-2007).

CORREA, Juan Carlos; IRAL, Rene; ROJAS, Lucinia; Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianza, Medellín (Colombia). En: Revista Colombiana de Estadística, (Junio-2006).

GONZALES, Armando. Combinar estadísticas experiencia e intuición.

GUERRERO GUZMAN, Victor Manuel; Análisis estadístico de series de tiempo económicas. Edición 2ª. México, 2005.

MOLINERO, Luis M. Análisis de series temporales en www.seh-lelha.org/stat1.htm

MONTGOMERY, Douglas C. et al. Introducción al análisis de regresión lineal. Edición 3ª. México, 2002.

MONKS, Joseph G; Administración de operaciones. Edición 1ª. México, 1998.

PEÑA, Daniel. Análisis de series temporales. 2005.