

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS
LICENCIATURA EN ESTADÍSTICA



ANALISIS DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN LA UNIVERSIDAD DE EL
SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

MATERIA:

SEMINARIO II

ALUMNO:

FERNANDO ERNESTO MANZANARES MORÁN

SANTA ANA, DICIEMBRE 2015, EL SALVADOR
CENTRO AMÉRICA

Índice general

Abstract	1
Introducción	2
1. El Problema	3
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Justificación	5
1.3. Objetivos de la investigación	6
1.3.1. Objetivo general	6
1.3.2. Objetivos específicos	6
1.4. Hipótesis	7
2. Fundamentación teórica	8
2.1. Antecedentes	8
2.1.1. Eficiencia Energetica en España	8
2.2. Teorías acerca de la eficiencia energética	8
2.3. Teorías estadísticas	8
2.3.1. Estacionariedad, Estacionalidad y transformaciones	8
2.3.2. Función de autocorrelacion simple (FAS o ACF)	11
2.3.3. Función de autocorrelacion parcial (FAP o PACF)	12
2.3.4. Metodología Box-Jenkins	14
2.3.5. Modelo autoregresivos integrados de media movil ARIMA(p,d,q) . .	15
2.3.6. Proceso estacional autoregresivos integrados de media movil SARIS- MA(P,D,Q)	16

2.3.7. Seleccin, validaci3n del modelo y elaboracion de pron3sticos	17
---	----

Abstract

Erase una vez...

Introducción

En la actualidad el medio ambiente es uno de los factores más tomados en cuenta con respecto a la eficiente utilización de los recursos que éste entrega, además de la utilización de técnicas estadísticas que aporten información para la correcta interpretación de la eficiencia con la que dichos recursos son utilizados, estas son unas de las razones por la que investigaciones como esta son necesarios para alcanzar la contribución efectiva en la protección del ambiente, en términos generales, esta investigación tiene como objetivo la provisión de un diseño favorable en cuanto análisis estadístico, sustentabilidad ambiental, para alcanzar la eficiencia energética, normalmente, los aspectos energéticos en cuanto a eficiencia están asociados a la especificación de las potencias o capacidades de los equipos utilizados en la localización física y geográfica donde se encuentran ubicados, y su objetivo principal es alcanzar la utilización máxima de la capacidad de los aparatos eléctricos con el menor consumo de energía posible, es decir a través de actividades y tareas como el mantenimiento de sistemas y aparatos eléctricos, por esa razón se busca la creación de una propuesta para alcanzar dicha eficiencia con el fin de crear conciencia ambiental en las personas en general, en la UES FMOcc y lograr la contribución al ambiente a través del ahorro de energía, además de sentar un precedente para el análisis de datos, que se realizara a través de una serie de tiempo con el objetivo de alcanzar el preciso análisis de los datos y así tomar las decisiones que generen mayor impacto ambiental.

Capítulo 1.

El Problema

1.1. Planteamiento del problema

Desde hace ya varios años, la protección al medio ambiente se ha ido convirtiendo en un tema de mucha importancia, tanto así, que varios países del mundo han comenzado a adoptar políticas para la conservación de este, dichas políticas van desde, el tratamiento de desechos sólidos hasta el ahorro de energía y cada día que pasa se adoptan muchas más; entonces la falta de protección del ambiente está generando dichas reacciones en las poblaciones de todos los países alrededor del mundo, ya que en la actualidad se viven problemas como la contaminación y escasez de agua, contaminación del aire, degradación de los suelos y descenso de la productividad agrícola, deforestación, residuos sólidos y peligrosos, pérdida de la diversidad biológica, desgaste de la capa de ozono y cambios climáticos, todos estos problemas afectan a los países, de manera desigual, según el grado de su desarrollo, de su estructura económica y de las políticas ambientales que aplican, es decir para combatir el deterioro ambiental se llevan a cabo dos tipos de políticas; las que procuran relacionar el desarrollo con el medio ambiente a nivel general de población, recursos, legislación y tecnologías, y las que se orientan a problemas específicos, uno de los factores más importantes al interior de estas problemáticas es el ahorro de energía, este factor entra en el segundo tipo de política anteriormente mencionada, es por eso que países desarrollados están comenzando a implementar medidas que buscan dicho ahorro y además buscan consumir energía pero de manera eficiente.

En El Salvador, el problema de la eficiencia energética no ha sido abordado desde el punto de vista estadístico, es decir, la aplicación de técnicas estadísticas para investigar dicho problema, normalmente, los aspectos energéticos en cuanto a eficiencia están asociados a la especificación de las potencias o capacidades de los equipos utilizados en la localización física y geográfica donde se encuentran ubicados, y su objetivo principal es alcanzar la utilización máxima de la capacidad de los aparatos eléctricos con el menor consumo de energía posible, por esa razón esta investigación busca la implementación de una serie temporal para el análisis de los datos del consumo eléctrico mensual en la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente (UES FMOcc), además, desarrollar proyecciones a partir de dicho modelo para analizar e interpretar el comportamiento del consumo eléctrico y sentar un precedente a nivel académico y teórico sobre el abordaje que se le pueden dar a este tipo de problemas, a esto se agrega, contribuir en la protección del ambiente y generar conciencia para cambiar los hábitos del consumo eléctrico, en la misma línea también pretende responder a las siguientes preguntas ¿Será eficiente el consumo eléctrico en la UES FMOcc? ¿Es posible alcanzar la eficiencia energética en los edificios y aulas de la UES FMOcc? ¿Está el consumo energético en la UES FMOcc creciendo a través del tiempo? ¿Cuáles son los periodos de tiempo donde se consume más energía eléctrica? ¿Cuánta energía podría ahorrarse si se lograra la eficiencia energética?

1.2. Justificación

Esta investigación pretende analizar y desarrollar proyecciones sobre los datos del consumo eléctrico en la UES FMOcc, para descubrir si existe o no eficiencia energética además de la aplicación de un modelo estadístico autoregresivo integrado de media móvil para datos estacionales y de esta manera poder interpretar los datos del consumo energético de manera nueva y más precisa, la importancia de realizar esta investigación se basa principalmente en el aporte teórico nuevo que sentará una base para el desarrollo de futuras investigaciones de esta índole, además de la aplicación de técnicas propiamente estadísticas para el monitoreo del comportamiento del consumo energético en la UES FMOcc, esto con el fin de identificar los espacios de tiempo donde se consume la mayor cantidad de energía eléctrica y de esta manera poder abordar de manera efectiva la problemática de eficiencia energética, a esto se agrega que esta investigación trascenderá en el tiempo y será útil durante los próximos 18 meses a partir de agosto de 2015 debido al tipo de técnica utilizada para desarrollar las proyecciones y por último la contribución a la protección del ambiente una vez alcanzada la eficiencia en los sistemas eléctricos de la UES FMOcc, en el aspecto económico la realización de esta investigación resultaría favorable ya que la eficiencia energética además de contribuir al ambiente sugiere una reducción en los costos del consumo energético.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Analizar los datos del consumo eléctrico a través de la utilización de una serie temporal, para la interpretación de el comportamiento del consumo energético a través del tiempo y si existe eficiencia energética en la UES FMOcc en los próximos 18 meses.

1.3.2. Objetivos específicos

- Desarrollar y analizar las proyecciones de los datos del consumo eléctrico de la FMOcc a través de modelos estadísticos de series temporales para los próximos 18 meses.
- Identificar el periodo de tiempo donde el consumo energetico es mas bajo y análogamente donde es mas alto.
- Conocer la cantidad de energia y costos que podrían reducirse para contribuir al ambiente si se lograra la eficiencia energetica.

1.4. Hipótesis

Hipotesis 1.

H_0 No existe eficiencia energetica en los edificios de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente.

H_1 Existe eficiencia energetica en los edificios de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente.

Hipotesis 2.

H_0 El consumo energetico en la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente es creciente a través del tiempo.

H_1 El consumo energetico en la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente no es creciente a través del tiempo.

Hipotesis 3.

H_0 Los periodos donde más energia electrica se consume son durante los ciclos academicos desarrollados en la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente.

H_1 Los periodos donde más energia electrica se consume no son durante los ciclos academicos desarrollados en la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente.

Capítulo 2.

Fundamentación teórica

2.1. Antecedentes

2.1.1. Eficiencia Energetica en España

La eficiencia energética

2.2. Teorías acerca de la eficiencia energética

2.3. Teorías estadísticas

2.3.1. Estacionariedad, Estacionalidad y transformaciones

Los datos en los negocios, ingeniería, medicina y en otras áreas de investigación científica generalmente se recolectan en forma de series temporales, es decir, son recolectados de manera secuencial en un lapso determinado de tiempo que generalmente describen el comportamiento de una o varias variables que son observadas, de manera específica el objetivo principal que persigue una serie temporal es: entender e interpretar la dinámica de estructuras dependientes que forman las observaciones en el tiempo consigo mismas (de una variable, que se retroalimenta) o el efecto que pueden tener las relaciones de este

tipo de estructuras temporales con otras (varias variables); los beneficios que puede lograr el claro entendimiento de este tipo de estructuras temporales son principalmente las predicciones precisas de las observaciones en el futuro en una variedad de esquemas de información en este caso el del consumo energético.

”Formalmente una serie de tiempo se define como un conjunto de observaciones repetidas de la misma variable tal como: Y_1, Y_2, \dots, Y_T . A partir de esta caracterización se desprenden dos conceptos fundamentales en el análisis de series de tiempo. Los mismos se definen mediante la imposición de algunos supuestos sobre el comportamiento de Y_t ”. [Peña, 2014]

Uno de estos supuestos es la estacionariedad de una variable observada en el tiempo (Y_t); de manera teórica, esto equivale a decir que las observaciones están fluctuando en torno a un mismo valor, es decir dichas observaciones poseen media constante, además para complementar este concepto es necesario tomar en cuenta que los datos observados deben estar fluctuando de manera similar en un lapso de tiempo, en otras palabras deben poseer varianza constante, a esto se agrega que la covarianza entre dos observaciones dependa únicamente de su separación y no del instante en el tiempo en el que se toman, en la misma línea cabe destacar que en la práctica, la mayoría de las series que se analizan poseen ausencia de estacionariedad, es decir, no poseen media ni varianza constante y que la covarianza depende del instante del tiempo y no de su separación (son no estacionarias), de manera formal es posible definir que para el análisis de una serie temporal, la estacionariedad, es estrictamente necesaria, ya que si una serie cumple esta condición esta será invariante en el tiempo (en teoría), esta es una de las condiciones más fuertes que debe cumplir una serie en el tiempo.

El autor [Tsay, 2010], define de manera formal la estacionariedad (debil) de una serie de tiempo si se cumple:

1. $E(Y_t) = \mu$
2. $Cov(Y_t, Y_{t-\ell}) = Y_\ell$, y solo depende de ℓ .

Otro concepto importante es el de la estacionalidad, esto quiere decir que la serie temporal presenta un comportamiento cíclico, es decir dicho ciclo puede repetirse semanal, mensual, trimestral, semestral e incluso anualmente, todo depende del tipo de variable que se esté observando, cuando esta característica está presente la serie adopta el nombre de serie de tiempo estacional, para el análisis de este tipo de series es necesario aplicar ciertos procedimientos para lograr un ajuste estacional (remover la estacionalidad) y luego conseguir que esta nueva serie cumpla la condición de ser estacionaria; para saber si una serie es estacional, se utiliza el correlograma comúnmente denominado grafico de auto correlaciones simples, donde se observan los retardos con mayor correlación durante un lapso determinado de tiempo esto con el fin de encontrar cierta repetitividad en cada periodo observado, posteriormente una vez detectada la estacionalidad pueden utilizarse técnicas como la diferenciación estacional definida por, $\Delta_s Y_t = y_t - y_{t-s}$; de una serie estacional Y_t con periodicidad "s", cabe mencionar que esta expresión es similar a la diferenciación para una serie no estacional Y_t , definida por $Y_t = y_t - y_{t-1}$; [Tsay, 2010]

Una vez detectada la estacionalidad o la no estacionalidad de la serie, es necesario que la serie sea estacionaria, para lograr esto, se utiliza comúnmente la técnica de diferenciación no estacional y la diferenciación estacional, esta última solo si la serie es estacional, este proceso se lleva a cabo para lograr que la serie sea constante en media; para conseguir varianza constante comúnmente se utilizan transformaciones de escala como la logarítmica o se usa la transformacion de box-cox para tomar la mejor decisión, dicha transformacion esta definida por:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{x^\lambda - 1}{\lambda} & \text{para } \lambda \neq 0 \\ \log(x) & \text{para } \lambda = 0 \end{cases}$$

Esta transformación consiste en calcular un valor de lambda y aplicar la transformación, cabe mencionar que si λ se aproxima a cero la transformacion equivale a el $\log(x)$ si λ es igual a $\frac{1}{2}$ la tranasformación equivale a la raiz cuadrada y si λ es igual a -1 enconces multiplicar por el reciproco de cada dato sería su equivalente, algunos programas

estadísticos facilitan el calculo de λ a partir de los datos en esta investigación se utilizara el programa R. [Cryer and Chan, 2008]

Ahora necesario probar estadisticamente si la serie es estacionaria, para eso se utiliza la prueba de Dickey Fuller (DF) que contrasta la hipótesis nula de que una serie es no estacionaria si el polinomio asociado a esta posee raíz unitaria, la decisión sobre este contraste se toma a partir del valor asintótico (P-valor) arrojado por la prueba, si este es menor a la significancia utilizada entonces se rechaza la hipótesis nula y puede concluirse que la serie es estacionaria, por último es importante mencionar que “el test DF, es poco potente, corremos por tanto el riesgo de admitir la presencia de una raíz unitaria cuando en realidad no existe” [Mahía, 1999]. En la misma línea debe saberse por que tomar la decisión de utilizar una prueba como la de DF para probar estacionariedad, se sabe que una variable simple auto regresiva tiene la forma $x_t = \alpha x_{t-1} + \varepsilon_t$; [Peña et al., 2001], si se sustrae x_{t-1} de ambos lados el resultado es $\Delta x_t = (\alpha - 1)x_{t-1} + \varepsilon_t$; esta ecuación es la base de la prueba DF, “el estadístico de prueba es el estadístico t sobre la variable rezagada. Si $\alpha > 1$ el coeficiente de la variable rezagada será positivo, si α es igual a la unidad ($\alpha - 1$) será igual a cero. En ambos casos x_t será no estacionaria” [Commandeur, 2007].

2.3.2. Función de autocorrelacion simple (FAS o ACF)

Cuando se mide una variable a lo largo del tiempo, las observaciones en diferentes periodos a menudo están relacionadas o correlacionadas. Esta correlación se mide usando el coeficiente de autocorrelación. La autocorrelación es la correlación que existe entre una variable retrasada uno o más períodos consigo misma. Los patrones de datos que incluyen componentes como tendencia y estacionalidad pueden estudiarse usando autocorrelaciones. Los patrones se identifican examinando los coeficientes de autocorrelación de una variable en diferentes retrasos de tiempo.

La ecuación siguiente ecuacion es la fórmula para calcular el coeficiente de autocorrelación r_k entre las observaciones Y_t y Y_{t-k} , que se encuentran a k periodos de distancia.

$$\rho_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}; \text{ Para } k = 1, 2, 3, \dots$$

Donde,

ρ_k : Es el coeficiente de autocorrelación para un retraso de k periodos.

\bar{Y} : Es la media de los valores de la serie de tiempo.

Y_t : Es la observación en el periodo t.

Y_{t-k} : Es la observación k periodos anteriores o durante un periodo t - k.

2.3.3. Función de autocorrelacion parcial (FAP o PACF)

La autocorrelación parcial mide la correlación entre dos variables separadas por k periodos cuando no se considera la dependencia creada por los retardos intermedios existentes entre ambas, Los coeficientes de autocorrelación para diferentes retrasos de tiempo de una variable pueden usarse para contestar las siguientes preguntas acerca de una serie de tiempo:

1. Los datos son ruido blanco.¹
2. Los datos muestran una tendencia (son no estacionarios).
3. Los datos son estacionarios.
4. Los datos son estacionales.

Si una serie es aleatoria, las autocorrelaciones entre Y_t y Y_{t-k} para cualquier retraso de tiempo k son cercanas a cero. Los valores sucesivos de una serie de tiempo no están relacionados entre sí. "Si una serie muestra una tendencia, las observaciones sucesivas están

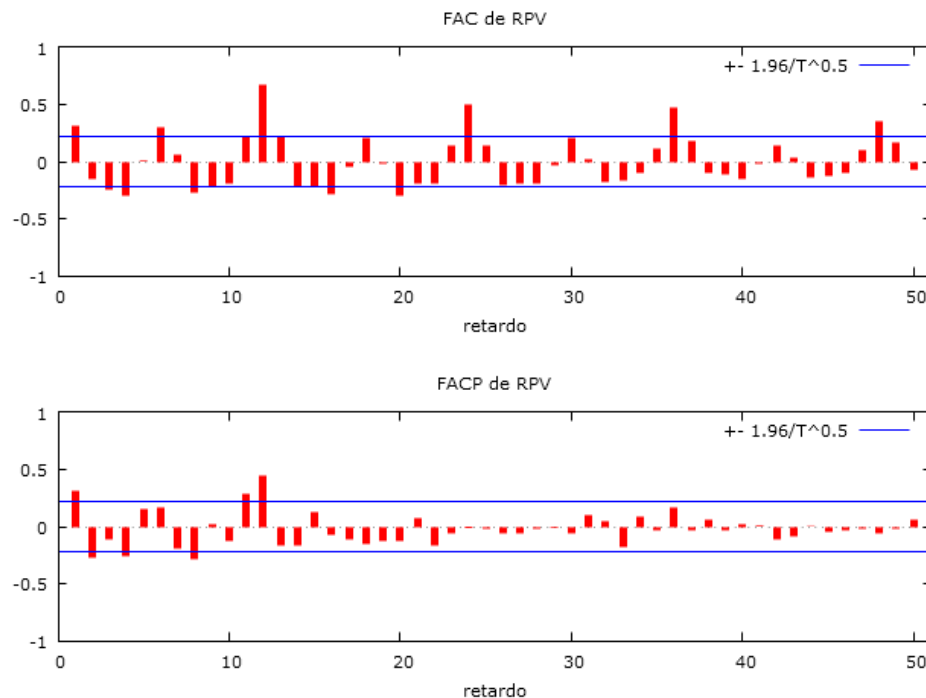
¹El proceso t se define como ruido blanco si cumple con las siguientes condiciones:

1. La esperanza de Y_t o promedio es igual a 0 para todos los periodos t. Esto es $E(Y_t) = 0$ para toda t.
2. La varianza de Y_t es constante y por consiguiente independiente del tiempo. Esto es $var(Y_t) = \sigma^2$.

altamente correlacionadas y es típico que los coeficientes de correlación sean significativamente diferentes de cero, para los primeros retrasos de tiempo, y de forma gradual tienden a cero conforme se incrementa el número de retrasos” [Peña, 2014].

Para identificar si una autocorrelacion es significativamente diferente de cero se utiliza el correlograma, y apartir de este se toma la decisión sobre los retardos, por ejemplo:

Gráfico 2.1: Correlograma



De este correlograma puede observarse que las barritas son la representacion de la correlacion de los retardos y las que no se salen de las lineas horizontales son significativamente iguales a cero y las que no se salen son los retardos con correlacion significativamente diferente de cero.

¿Cómo identificar cuando los datos de una serie muestran tendencia?

Si una serie muestra una tendencia, hay una relación significativa entre los valores sucesivos de la serie de tiempo. Los coeficientes de autocorrelación son usualmente grandes para varios de los primeros retrasos de tiempo y luego, conforme se incrementa el número de retrasos, caen gradualmente hacia cero; Una serie de tiempo estacionaria es aquella cuyas

propiedades estadísticas básicas, como la media y la varianza, permanecen constantes en el tiempo, por lo tanto, se dice que una serie que varía alrededor de un nivel fijo (sin crecimiento ni decrecimiento) con el paso del tiempo es estacionaria, se dice también que una serie que contiene una tendencia es no estacionaria, los coeficientes de autocorrelación de una serie estacionaria decrecen hacia cero bastante rápidamente, por lo común después del segundo o tercer retraso de tiempo, por otro lado, las autocorrelaciones muestrales de serie no estacionaria se permanecen muy grandes durante varios periodos.

¿Cómo identificar estacionalidad en una serie temporal?

Si una serie es estacional, un patrón relacionado con el calendario se repite así mismo durante un intervalo de tiempo específico (generalmente un año). Las observaciones de la misma posición, en diferentes periodos estacionales, tienden a estar relacionadas. Si se analizan datos trimestrales que tienen un patrón estacional, los primeros trimestres tienden a parecerse, los segundos trimestres tienden a parecerse, y así sucesivamente, y habrá un coeficiente de autocorrelación significativo en el retraso de tiempo 4, si se analizan datos mensuales, aparecerá un coeficiente de autocorrelación significativo en el retraso de tiempo 12, es decir, enero se correlacionará con otros eneros, febrero se correlacionará con otros febreros y así sucesivamente, un ejemplo de ello se nota en el gráfico 2.1 para un retraso de tiempo 12.

2.3.4. Metodología Box-Jenkins

La metodología Box-Jenkins para generar pronósticos es diferente de la mayoría de los métodos porque no supone ningún patrón particular en los datos históricos de las series que se van a pronosticar, se basa en un enfoque iterativo para identificar un modelo posible a partir de una clase general de modelos, luego, el modelo seleccionado se coteja con los datos históricos para ver si describe la serie con exactitud, el modelo está bien ajustado si los residuos son generalmente pequeños, están distribuidos aleatoriamente y no contienen información útil, si el modelo especificado no es satisfactorio, el proceso se repite usando un nuevo modelo diseñado para mejorar el original, este procedimiento

iterativo continúa hasta que se encuentra un modelo satisfactorio, en ese momento, el modelo se considera útil para pronosticar. La selección inicial de un modelo ARIMA se basa en examinar una gráfica de la serie de tiempo (para observar su carácter general) y en analizar sus autocorrelaciones para varios retrasos de tiempo, específicamente, el patrón de las autocorrelaciones muestrales calculado a partir de la serie de tiempo se coteja con el patrón conocido de autocorrelación asociado con un modelo ARIMA particular, este acoplamiento se hace tanto para las autocorrelaciones como para las autocorrelaciones parciales [Peña, 2014].

2.3.5. Modelo autoregresivos integrados de media móvil ARIMA(p,d,q)

Este modelo es la composición de un modelo AR(p) y un MA(q) [Cryer and Chan, 2008] y también está basado en el supuesto de estacionariedad, esto es, la media y la varianza para una serie de tiempo son constantes en el tiempo y la covarianza es invariante en el tiempo, pero se sabe que muchas series de tiempo y en especial las series económicas no son estacionarias, porque pueden ir cambiando de nivel en el tiempo o sencillamente la varianza no es constante en el tiempo, a este tipo de proceso se les considera procesos integrados, por consiguiente, se debe diferenciar una serie de tiempo "d" veces para hacerla estacionaria y luego aplicarla a esta serie diferenciada un modelo ARMA(p, q), se dice que la serie original es ARIMA(p, d, q)², es decir, una serie de tiempo autoregresiva integrada de media móvil, donde "p" denota el número de términos autoregresivos, "d" es el número de veces que la serie debe ser diferenciada para hacerla estacionaria y "q" el número de términos de la media móvil.

El modelo teórico es el siguiente:

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)(1 - B)^d Y_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) \varepsilon_t$$

²Observe que cuando $q = 0$, el modelo ARMA(p, 0) se reduce a un modelo autorregresivo puro de orden p, de forma similar, cuando $p = 0$, el modelo ARMA(0, q) es un modelo de promedio móvil puro de orden q

$B^k(Y_t) = Y_{t-k}$ es el operador de retardos o retroactivo.

2.3.6. Proceso estacional autoregresivos integrados de media móvil SARISMA(P,D,Q)

Segun [Cryer and Chan, 2008] cuando una serie de tiempo en estudio tiene intervalos de observación menores a un año, entonces es frecuente que estas tengan variaciones o patrones sistemáticos cada cierto periodo, estas variaciones sistemáticas inferiores a un año por ejemplo semestral, mensual, diario, etc., deben ser captadas en los llamados "Factores Estacionales", dentro de la estructura del modelo a construirse, cada una de estas series puede ser estacionaria o no estacionaria, de esta manera se combinan términos ordinarios del proceso ARMA y términos estacionales, así como diferencias regulares y diferencias estacionales para transformar en series estacionarias; este tipo de procesos tiene las siguientes características:

1. Contiene una componente ARIMA(p, d, q) que modela la dependencia regular, que es la dependencia asociada a observaciones consecutivas.
2. Contiene una componente ARIMA(P, D, Q) que modela la dependencia estacional, que está asociada a observaciones separadas por periodos.

El modelo teórico es el siguiente:

$$Y_t = c + \underbrace{\phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p}}_{AR(p)} + \underbrace{\Phi_1 Y_{t-s} + \Phi_2 Y_{t-2s} + \dots + \Phi_P Y_{t-Ps}}_{SAR(P)} + \underbrace{\varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}}_{MA(q)} - \underbrace{\Theta_1 \varepsilon_{t-s} - \dots - \Theta_Q \varepsilon_{t-Qs}}_{SMA(Q)}$$

2.3.7. Selección, validación del modelo y elaboración de pronósticos

Selección del modelo

Para tener una idea del valor de p, q, P y Q para el modelo $ARIMA(p, d, q) \times (P, D, Q)$ se hacen uso de las herramientas gráficas: Correlogramas, Correlograma extendido, una vez seleccionado los valores de p, q, P y Q , se prueban los modelos y se comparan con los criterios de selección AIC, BIC [Shumway and Stoffer,], cuando ya se ha seleccionado el modelo con el menor valor de AIC y BIC entonces se procede a la validación.

Validación del modelo

Para validar el modelo seleccionado deben de cumplirse los siguientes supuestos:

1. Debe probarse que los residuos del modelo tienen una distribución normal.
2. Los residuos deben tener media 0 y varianza constante (ser ruido blanco).
3. Las autocorrelaciones residuales individuales deben ser pequeñas y generalmente dentro de la banda del correlograma y deben ser muy próximas a cero.
4. Las autocorrelaciones residuales como un grupo deben ser congruentes con aquellas producidas por los errores aleatorios, una verificación general de la idoneidad del modelo se realiza mediante una prueba de distribución chi cuadrada (X^2) con base en el estadístico Q de LjungBox³

Elaboración de pronósticos

Una vez que se ha encontrado un modelo adecuado, es factible elaborar los pronósticos de uno o varios periodos futuros, con base en los pronósticos también se pueden construir intervalos de predicción, en general, para un nivel de confianza dado, cuanto

³Si el valor p asociado con el estadístico Q es pequeño (digamos, el valor $p < 0,05$), el modelo se considera inadecuado.

más largo sea el tiempo guía del pronóstico, mayor será el intervalo de predicción, esto es razonable, puesto que se espera que la incertidumbre sea mayor para el pronóstico de un valor distante que para el pronóstico de, digamos, la siguiente observación. El cálculo de los pronósticos e intervalos de predicción es una labor tediosa y es preferible dejarla a la computadora, los programas de computadora que ajustan modelos ARIMA generan pronósticos e intervalos de predicción a requerimiento del analista [Peña, 2014].

Bibliografía

Christensen, R. (2000). *Advanced Linear Modeling*.

Commandeur, Jacques J.F.; Koopman, S. J. (2007). *State Space Time Series Analysis*.

Cryer, J. D. and Chan, K.-S. (2008). *Time series Analysis with applications in R*. Springer.

de Economía de la República de El Salvador, M. *Metodología de Eficiencia Energética en el Comercio*.

de Economía de la República de El Salvador, M. *Metodología de Eficiencia Energética en la Industria*.

GONZÁLEZ GUEVARA, L. M. M., MARTÍNEZ CORDOVA, J. L., MARTÍNEZ MOLINA, N. M., and PIMENTEL HERNÁNDEZ, L. A. (2015). *PROPUESTA DE PLAN DE AHORRO DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR*. PhD thesis, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

Hanke, J. E. (2010). *Pronosticos en los negocios*.

Johnson, T. M., Alatorre, C., Romo, Z., and Liu, F. (2009). México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono. *Banco Mundial*.

Mahía, R. (1999). Revisión de los procedimientos de análisis de la estacionariedad de las series temporales.

Nguyen, H. T. (1996). *A Course in Stochastic Processes Stochastic Models and Statistical Inference*.

Peña, D., Tiao, G. C., and Tsay, R. S. (2001). *A Course in Time Series Analysis*.

- Peña, I. (2014). *Análisis de Series Temporales utilizando Modelos Arima y su Aplicación en la Predicción de Indicadores del Ministerio de Salud en el Departamento de Santa Ana*. PhD thesis, Universidad de El Salvador.
- (PTE-EE), P. T. E. D. E. E. (2009). Documento de visión de la eficiencia energética en españa.
- RUIZ, C. N. (2002). La prevención del cambio climático: ¿límites tecnológicos o políticos?
- S.A., A. S. and ECONOLER (2010). Estudio de mercado de eficiencia energética en chile. Technical report.
- Schuschny, A. R. (2007). El método dea y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de co2 en américa latina y el caribe. CEPAL.
- Shumway, R. H. and Stoffer, D. S. *Time Series Analysis and Its Applications With R Examples*.
- Tsay, R. S. (2010). *Analysis of Financial Time Series*.