

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE ESTADÍSTICA



TESIS
MODELO PARA EL PRONÓSTICO DEL CONSUMO
MENSUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA, DE LA PROVINCIA
BAGUA GRANDE, MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE
BOX Y JENKINS, PARA EL AÑO 2016.

Tesis para optar el título de:
LICENCIADO EN ESTADÍSTICA

Investigadoras:

Bach. VÁSQUEZ DÍAZ KELLY YOVANY

Bach. GAMONAL SÁNCHEZ MAGDA ESTEFANY

Asesor:

Dr. Alfonso Tesén Arroyo

Lambayeque, 2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE ESTADÍSTICA**



TESIS

**“MODELO PARA EL PRONÓSTICO DEL CONSUMO
MENSUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA, DE LA PROVINCIA
BAGUA GRANDE, MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE
BOX Y JENKINS, PARA EL AÑO 2016”**

Investigadoras:

Bach. VÁSQUEZ DÍAZ KELLY YOVANY

Bach. GAMONAL SÁNCHEZ MAGDA ESTEFANY

Asesor:

Dr. Alfonso Tesén Arroyo

Lambayeque, 2019

**“MODELO PARA EL PRONÓSTICO DEL CONSUMO
MENSUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA, DE LA PROVINCIA
BAGUA GRANDE, MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE
BOX Y JENKINS, PARA EL AÑO 2016”**

Aprobado por:

**M. Sc. Manuel Francisco Hurtado Sánchez
PRESIDENTE**

**Dr. Wilver Omero Rodríguez López
SECRETARIO**

**M. Sc. Débora Esther Mejía Pacheco
VOCAL**

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, **GAMONAL SÁNCHEZ MAGDA ESTEFANY y VÁSQUEZ DÍAZ KELLY YOVANY**, investigadoras principales y **Dr. Alfonso Tesén Arroyo**, asesor del trabajo de investigación **“MODELO PARA EL PRONÓSTICO DEL CONSUMO MENSUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA, DE LA PROVINCIA BAGUA GRANDE, MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE BOX Y JENKINS, PARA EL AÑO 2016”**, declaramos bajo juramento que este trabajo no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos .en caso se demostrara lo contrario, asumo responsablemente la anulación de este informe y por ende al proceso administrativo a que hubiera lugar. Que puede conducir a la anulación del título o grado emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, 11 de Junio de 2019

VÁSQUEZ DÍAZ KELLY YOVANY
AUTORA

GAMONAL SÁNCHEZ MAGDA ESTEFANY
AUTORA

Dr. ALFONSO TESÉN ARROYO
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DECANATO
Ciudad Universitaria - Lambayeque



ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 034-2019-D/FACFyM

(Sustentación Autorizada por Resolución N° 683-2019-D/FACFyM)

En la ciudad de Lambayeque, siendo las 5:00 pm del día martes 11 de junio del 2019 se reunieron en la videoterca del laboratorio de Física los miembros del Jurado designados mediante Resolución N° 614-2016-D/FACFyM, los docentes:

M.Sc. Manuel Francisco Hurtado Sánchez Presidente

Dr. Wilver Omero Rodríguez López Secretario

M.Sc. Débora Esther Mejía Pacheco Vocal

Para recibir la tesis titulada:

Modelo de Pronóstico del Consumo Mensual de Energía Eléctrica de la Provincia de Bagua Grande Mediante la Metodología de Box y Jenkins, para el año 2016

desarrollada por los Bachilleres en Estadística, Vásquez Díaz Kelly Yovany y Gamonal Sánchez Magda Estefany.

Después de escuchar la exposición y las respuestas a las preguntas formuladas por los miembros del Jurado, se acordó APROBAR el trabajo por UNANIMIDAD con el calificativo de BUENO.

En consecuencia, las Bachilleres en referencia quedan aptas para recibir el Título Profesional de **Licenciada en Estadística**, de acuerdo a la Ley Universitaria, el Estatuto y Reglamento de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque.

Observaciones:

Para constancia del hecho firman.

M.Sc. Manuel Francisco Hurtado Sánchez
Presidente

Dr. Wilver Omero Rodríguez López
Secretario

M.Sc. Débora Esther Mejía Pacheco
Vocal

DEDICATORIA

A Dios, quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas suscitados, sin perder nunca la dignidad y desfallecer en el intento.

Kelly Yovany

A mis padres, hermanos, por su apoyo, consejo, comprensión, amor y ayuda en los momentos difíciles, porque ellos me han dado lo que soy como persona: Valores, carácter, empeño y coraje para conseguir mis objetivos.

A todas las personas que de alguna manera me apoyaron en el desarrollo de esta investigación.

Magda Estefany

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su amor y su bondad infinita que me permite sonreír ante todos mis logros concretados como resultado de su ayuda.

Agradezco al Dr. Alfonso Tesén Arroyo, por el asesoramiento brindado durante la elaboración de esta tesis.

Y por último, agradezco a mis padres y familiares, por ser el motor que impulsa mi desarrollo personal y profesional.

Kelly Yovany

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino, por darme fuerza para superar dificultades a lo largo de toda mi vida.

Agradezco al Dr. Alfonso Tesén Arroyo, por el asesoramiento brindado durante la elaboración de esta tesis.

Agradezco a mi madre por demostrarme con su ejemplo a luchar y a no desfallecer en momentos difíciles.

Magda Estefany

ÍNDICE

ACTA DE SUSTENTACIÓN -----	¡Error! Marcador no definido.
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD -----	iv
DEDICATORIA -----	vi
AGRADECIMIENTO -----	vii
RESUMEN -----	xiii
ABSTRACT -----	xiv
INTRODUCCIÓN-----	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO -----	3
1.1. Antecedentes-----	3
1.2. Base teórica -----	4
1.2.1. Series de tiempo. -----	4
1.2.2. Componentes de una serie temporal. -----	4
1.2.3. Procesos estocásticos.-----	6
1.2.4. Camino aleatorio.-----	6
1.2.5. Estacionariedad. -----	7
1.2.6. Autocovarianza. -----	8
1.2.7. Ruido blanco. -----	8
1.2.8. Función de autocovarianza. -----	8
1.2.9. Función de autocorrelación y autocorrelación parcial. -----	9
1.2.10. Elaboración de los modelos AR, MA, ARIMA para series de tiempo: -----	10
1.2.11. Metodología de Box y Jenkins. -----	14
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS-----	20
2.1. Material de estudio.-----	20
2.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. -----	20
2.3. Procesamiento estadístico.-----	20
CAPÍTULO III: RESULTADOS-----	23
3.1. Análisis de las componentes de la serie de consumo del consumo de energía eléctrica de la Provincia Bagua Grande.-----	23
3.2. Estimación del modelo del pronóstico del consumo de energía eléctrica de la Provincia de Bagua Grande.-----	45
3.3. Validación del Modelo del consumo de energía eléctrica de la Provincia de Bagua Grande. -----	50
3.4. Pronostico del consumo de energía eléctrica de la Provincia de Bagua Grande. -----	54
CONCLUSIONES -----	56
SUGERENCIAS -----	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.-----	58
APENDICE-----	60
ANEXO -----	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estadísticos descriptivos del Consumo mensual de Energía Eléctrica de la provincia de Bagua Grande, periodo Enero 2009 a Diciembre del 2015-----	23
Tabla 2 Autocorrelacion del Consumo mensual de Energía Eléctrica de la provincia de Bagua Grande, periodo Enero 2009 a Diciembre del 2015 -----	26
Tabla 3: Autocorrelacion Parcial del Consumo mensual de Energía Eléctrica de la provincia de Bagua Grande, periodo Enero 2009 a Diciembre del 2015-----	28
Tabla 4: Prueba de homogeneidad de varianzas para la serie consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo Enero 2009 a Diciembre 2015. -----	30
Tabla 5: ANOVA para la serie consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo Enero 2009 a Diciembre 2015. -----	30
Tabla 6: Autocorrelación simple diferenciada en un periodo del Consumo mensual de Energía Eléctrica de la provincia de Bagua Grande, periodo Enero 2009 a Diciembre del 2015 ----	33
Tabla 7: Autocorrelación parcial diferenciada en un periodo del Consumo mensual de Energía Eléctrica de la provincia de Bagua Grande, periodo Enero 2009 a Diciembre del 2015 ----	35
Tabla 8: Prueba de homogeneidad de varianzas para la serie diferenciada en un periodo consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015. -----	37
Tabla 9: ANOVA para la serie diferenciada en un periodo para el consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.--	37
Tabla 10: Autocorrelación simple de la serie diferenciada en dos periodos del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015. -----	40
Tabla 11: autocorrelación simple de la serie diferenciada en dos periodos del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015. -----	42
Tabla 12: Prueba de homogeneidad de varianzas para la serie diferenciada en dos periodos consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.-----	44
Tabla 13: ANOVA para la serie diferenciada en dos periodos consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015. -----	44
Tabla 14: Parámetros de los posibles modelos ARIMA diferenciada en dos periodos del consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, enero 2009 a diciembre 2015. -----	45
Tabla 15: Significancia de los parámetros de los modelos ARIMA de la serie diferenciada en dos periodos del consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, Enero 2009 a Diciembre 2015. -----	46
Tabla 16: Parámetros del modelo ARIMA (4,2,0), para el consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo Enero 2009 - Diciembre 2015.-----	50
Tabla 17: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para los residuos del modelo Arima (4, 2,0) del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande. -----	51
Tabla 18: Prueba de homogeneidad de varianzas para los residuos del modelo ARIMA (4, 2, 0) del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande. -----	51
Tabla 19: ANOVA para los residuos del modelo ARIMA (4, 2, 0) del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande. -----	52
Tabla 20: Pronostico del consumo de energía eléctrica en kw de la provincia de Bagua Grande, para el periodo enero 2016 a Diciembre 2016-----	54
Tabla 21: Pronostico del consumo de energía eléctrica de la provincia de Bagua Grande, para el periodo enero 2016 a Diciembre 2016-----	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Comportamiento del consumo mensual de energía eléctrica en Kw, de la provincia de Bagua Grande registrados por la Empresa EMSEU. SAC, periodo Enero 2009 a Diciembre del 2015.....	24
Figura 2: Función de autocorrelación simple del consumo mensual de energía eléctrica en Kw, registrado por la empresa EMSEU. SAC, periodo enero 2009 a diciembre 2015.	25
Figura 3: Función de autocorrelación parcial del consumo mensual de energía eléctrica en Kw, registrado por la empresa EMSEU. SAC, periodo enero 2009 a diciembre 2015.	27
Figura 4: Diagrama de cajas del consumo de energía eléctrica en Kw, registrados por la empresa EMSEU. SAC, periodo enero 2009 a diciembre 2015.	29
Figura 5: Comportamiento de la serie de la diferencia en un periodo del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, registrados por la empresa EMSEU. SAC, periodo enero 2009 a diciembre del 2015.	31
Figura 6: Función de autocorrelación simple diferenciada en un periodo del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, registrados por la EMSEU. SAC, periodo enero 2009 a diciembre del 2015	32
Figura 7: Función de autocorrelación parcial diferenciada en un periodo del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre del 2015.....	34
Figura 8: Diagrama de cajas diferenciada en un periodo del consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, registrados por la empresa EMSEU. SAC, periodo enero 2009 a diciembre 2015	36
Figura 9: Distribución de la serie diferenciada en dos periodos para el consumo mensual de energía eléctrica en Kw, periodo enero 2009 a diciembre 2015.	38
Figura 10: Función de autocorrelación simple de la serie diferenciada en dos periodos del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.	39
Figura 11: Función de autocorrelación parcial simple de la serie diferenciada en dos periodos del consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.	41
Figura 12: Diagrama de cajas de la serie diferenciada en dos periodos del consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015..	43
Figura 13: Función de autocorrelación Simple y Parcial de los residuos del modelo ARIMA (1,2,0) del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.....	47

Figura 14: Función de autocorrelación Simple y Parcial de los residuos del modelo ARIMA (2,2,0) del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015	48
Figura 15: Función de autocorrelación Simple y Parcial de los residuos del modelo ARIMA (4,2,0) del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.....	49
Figura 16: Función de Autocorrelación Simple y Parcial residual del modelo ARIMA (4,2,0) de la serie diferenciada en dos periodos del consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, Enero 2009 a Diciembre 2015.	53
Figura 17: Serie del pronóstico del consumo de energía eléctrica en kw de la provincia de Bagua Grande, para el periodo enero 2016 a Diciembre 2016. Con el modelo ARIMA (4, 2,0). ..	55

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Area de influencia del consumo de la energia electrica de la provincia de Bagua Grande.	66
Anexo 2: Local administrativo de la empresa EMSEU S.A.C.....	67
Anexo 3: Electrificación urbana en baja tensión realizada por EMSEU S.A.C	67
Anexo 4: Linea de transición trifásica	68
Anexo 5: Central electrica de distribucion de Bagua Grande – EMSEU SAC.	68

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo estimar un modelo para pronosticar el consumo mensual de energía eléctrica de la Provincia Bagua Grande, la serie histórica del consumo de energía eléctrica es registrada en el área comercial de la Empresa Municipal de Servicios Eléctricos Utcubamba SAC, durante el periodo enero 2009 a diciembre 2015.

Con la ayuda del software estadístico SPSS, se realizó el análisis exploratorio de los datos del consumo mensual de energía eléctrica de la provincia Bagua grande del periodo de enero 2009 a diciembre 2015.

Posteriormente se aplicó la metodología Box y Jenkins para identificar el modelo autorregresivo de media móvil que mejor se adecue a los retornos del consumo de energía eléctrica.

Finalmente las técnicas econométricas proporcionaron posibles modelos de los cuales se determinaron en la investigación, para determinar la normalidad de los errores se usó la prueba de Kolmogorov – Smirnov, la prueba de Ljung-Box para la aleatoriedad de los residuales, y se determinó que el modelo que mejor describe es el Modelo Autorregresivo de Media Móvil ARIMA (4, 2,0), denotado de la siguiente manera:

ARIMA (4, 2, 0) con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.996$ indicando una buena bondad de ajuste del modelo.

$$Y_t = 4.24 + 1.257Y_{t-1} - 0.804Y_{t-2} + 0.181Y_{t-3} + 0.123Y_{t-4} + 0.243Y_{t-5} + e_t$$

PALABRAS CLAVES: Pronósticos, ARIMA, consumo Energía Eléctrica.

ABSTRACT

The objective of this research was to estimate a model to predict the monthly consumption of electric power in the Province of Bagua Grande, the historical series of electric power consumption is recorded in the commercial area of the Municipal Company “Servicios Eléctricos Utcubamba SAC”, during the period from January 2009 to December 2015.

With the help of the statistical software SPSS, the exploratory analysis of the data of the monthly electric power consumption of the Province of Bagua Grande was carried out, in the period from January 2009 to December 2015.

Subsequently, was applied the Box and Jenkins methodology to identify the autoregressive model of mobile media what better fits in the returns of electric power consumption.

Finally, the econometric techniques provided possible models of which were determined in the research, to determine the normality of the errors, was applied the Kolmogorov – Smirnov test, the Ljung-Box test to the randomness of residuals, and it was determined that the model that best describes is the Modelo Autorregresivo de Media Móvil ARIMA(4,2,0), denoted as follows:

ARIMA (4, 2, 0) with a coefficient of determination $R^2 = 0.996$ indicating a good kindness of fit of the model.

$$Y_t = 4.24 + 1.257Y_{t-1} - 0.804Y_{t-2} + 0.181Y_{t-3} + 0.123Y_{t-4} + 0.243Y_{t-5} + e_t$$

KEY WORDS: predict, ARIMA, Electric Power consumption.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Bagua Grande, con el transcurso de los años ha experimentado un importante crecimiento poblacional, de 47,336 personas en el año 2007 a 53,537 al año 2017, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]; debido al crecimiento acelerado de la población surge la necesidad de contar con servicios que mejore la calidad de vida de las personas, siendo el servicio de electricidad un factor importante para su desarrollo, además tratándose de la ciudad con mayor población del departamento de Amazonas, Emseu S.A.C ,empresa encargada de la distribución y comercialización de la energía , deberá contar con la infraestructura adecuada, con el fin de atender la necesidad de demanda futura de energía dentro de su concesión, ya que en la actualidad el área comercial de EMSEU SAC, registra 30 solicitudes mensuales de instalación de nuevos servicios monofásicos y 10 solicitudes mensuales de instalación de servicio trifásico , lo que evidencia que con el paso de los años el consumo de energía eléctrica aumentara.

Actualmente la potencia contratada de La Empresa Municipal de Servicios Eléctricos Utcubamba SAC. (EMSEU SAC.) Es de 2000 kW, la cual es comprada del transmisor de energía electro oriente S.A, cuenta con una infraestructura para distribuir 4000 kW de potencia, a la fecha, el consumo de energía en su máxima demanda en sus horas punta llega a los 3500 kw, por lo que se paga por el exceso consumido un promedio de 15000 soles mensuales al transmisor-distribuidor Electro Oriente S.A.

Debido a que en los tres últimos años la demanda aumentado gradualmente, este incremento se genera por las ampliaciones y diferentes obras eléctricas ejecutadas. Lo que ocasiona la necesidad de previsión, para abastecer adecuadamente de energía a toda la provincia de Bagua Grande.

De esta manera se planteó el problema ¿Cuál es el modelo que permite pronosticar el consumo mensual de energía eléctrica de la provincia de Bagua Grande, mediante la metodología de Box y Jenkins, para el año 2016?

Para responder a dicha problemática, se planteó el objetivo general de determinar el modelo para pronosticar el consumo mensual de energía eléctrica de la Provincia Bagua Grande, mediante la metodología de Box y Jenkins, para el año 2016, asimismo, los objetivos específicos fueron analizar las componentes de series de tiempo del consumo mensual de energía eléctrica de la Provincia Bagua Grande, estimar el modelo de pronóstico del consumo mensual de energía eléctrica de la Provincia de Bagua Grande, evaluar el modelo de pronóstico del consumo mensual de energía eléctrica la Provincia de Bagua Grande y pronosticar el consumo mensual de energía eléctrica de la Provincia de Bagua Grande, para el año 2016.

De este modo, se construyó el modelo de pronóstico para el consumo mensual de energía eléctrica de la Provincia Bagua Grande, que de una manera contribuyera a la toma de decisiones internas de la empresa Emseu. Sac.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Ariza (2013), realizó la investigación: Métodos Para el Pronóstico de Demanda de Energía Eléctrica en Sistemas de Distribución, en la Facultad de Ingenierías Eléctrica, Electrónica, Física y Ciencias de la Computación de la Universidad Tecnológica de Pereira. En su análisis muestra que los modelos generados a través del método Holt y Brown no se ajustan al comportamiento de la serie de datos mientras que el modelo de suavizamiento exponencial simple (estacional) genera un comportamiento similar a la serie de datos, no obstante el Modelo Winter Aditivo es quien posee el mayor coeficiente de correlación entre los modelos ajustados con, $R^2=0.877$, con este resultado afirma que el comportamiento de la serie de demanda de energía eléctrica obedece al Modelo Winter Aditivo pues el coeficiente de correlación es mayor a 0,8 pero no el más cercano a 1 y el modelo ARIMA (1, 0,0) (0, 1,1), se estimó teniendo en cuenta el test t de nulidad, $R^2=0.5331$, no se puede afirmar que el comportamiento de la serie obedece a este modelo puesto que el coeficiente de correlación no es igual ni mayor a 0,8.

Orellana (2012), en su investigación: Modelación y Pronóstico de la Demanda de Energía Eléctrica de Mediano Plazo de El Salvador, en la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de el Salvador. En la investigación se concluyó que la metodología de Box y Jenkins es la más adecuada para predicción de la demanda de energía; dado que el modelo determinado es ARIMA (0, 1,2) x (0, 1,1)⁵².

Orbezo (2011), realizó la investigación: “Análisis Estocástico Arima para el Modelamiento y Predicción de la Demanda Eléctrica en el Sector Residencial de Lima Sur”, en la Escuela de Pos Grado de la Universidad Nacional de Ingeniería. En la investigación concluyeron que la serie del consumo de energía corresponde a un modelo ARIMA (3, 0,0) X (0, 1,1), donde se demuestra la eficacia superior en el modelamiento y predicción

alcanzada con la metodología ARIMA, la cual prevee mejores resultados predictivos que el método alisado Winter.

1.2. Base teórica

1.2.1. Series de tiempo.

Anderson, Williams y Sweeney (2008) define una serie de tiempo o serie temporal como: “Una secuencia ordenada de valores de una variable en intervalos de tiempos periódicos y consecutivos”.

Además es una recolección de datos de alguna variable o conjunto de variables durante varios periodos, los cuales pueden ser anuales, bimestrales, trimestrales, semanales e incluso diarios, se pueden aplicar en diversos campos como en: La economía, física, demografía, procesos de control, etc. (p.767)

1.2.2. Componentes de una serie temporal.

Hanke y Reitsh (1996) define como: El comportamiento que siguen los datos de una serie de tiempo se deben a diversos componentes. Por lo general se supone que son cuatro los componentes que se combinan para dar los valores de una serie de tiempo. A continuación se verá cada uno de estos cuatro componentes. (p.98)

a) Componente tendencia.

Hanke y Reitsh (1996) define como: “Un cambio a largo plazo que se produce en la relación al nivel medio, o el cambio a largo plazo de la media. La tendencia se identifica con un movimiento suave de la serie a largo plazo.”

En el caso de la demanda de energía eléctrica la tendencia se puede tomar en periodos semanales, mensuales o anuales y son movimientos lineales o exponenciales relacionado con el constante crecimiento de los usuarios. (p. 99)

b) Componente estacional.

Levin y Rubin (2004) define: “Son movimientos ascendentes y descendentes de la serie que se repiten periódicamente. Al tiempo entre dos picos consecutivos se le denomina periodo estacional, y puede ser diario, semanal, mensual, anual”.

Asimismo estos efectos son fáciles de entender y se pueden medir explícitamente o incluso se pueden eliminar de la serie de datos, a este proceso se le llama desestacionalización de la serie. (p.676)

c) Componente aleatoria.

Hanke y Wichern (2010) precisa: “Que una componente no responde a ningún patrón de comportamiento, sino que es el resultado de factores fortuitos o aleatorios que inciden de forma aislada en una serie de tiempo”.

De estos tres componentes los dos primeros son componentes determinísticos, mientras que la última es aleatoria. Así se puede denotar la serie de tiempo como: (p.166)

$$X_t = T_t + E_t + I_t$$

Donde:

T_t = Tendencia

E_t = Componente estacional

I_t = Componente aleatoria.

d) Componente cíclica.

Levin y Rubin (2004) determina que: “Muchas variables presentan una tendencia a la variación por encima y por debajo a la tendencia a largo plazo, durante un periodo prolongado de tiempo. Tales fluctuaciones se denominan variaciones cíclicas o ciclos comerciales.” (p.676)

1.2.3. Procesos estocásticos.

Peña, D (2010), un proceso estocástico es un conjunto de variables aleatorias $\{y_t\}$ donde el índice t toma valores en un cierto conjunto T . En nuestro caso, este conjunto es ordenado y corresponde a los instantes temporales (días, meses, años, etc). Para cada valor t del conjunto T (para cada instante temporal) está definida una variable aleatoria, y_t , y los valores observados de las variables aleatorias en distintos instantes forman una serie temporal. Es decir, una serie de T datos, (y_1, y_2, \dots, y_T) , es una muestra de tamaño uno del vector de T variables aleatorias ordenadas en el tiempo correspondientes a los momentos $t=1, \dots, T$, y la serie observada se considera una realización o trayectoria del proceso estocástico.

Con estas convenciones, el proceso estocástico puede ser descrito por una distribución de probabilidad T -dimensional, de manera que la relación entre una realización y un proceso estocástico es análoga a la que existe entre la muestra y la población en la estadística clásica. La especificación de la forma completa de la distribución de probabilidad será generalmente una tarea demasiado ambiciosa, y por lo general nos contentamos con concentrar la atención en el primer y segundo momento:

(p. 84)

- Los T promedios $E(y_1), E(y_2), \dots, E(y_T)$.
- Las T varianzas $V(y_1), V(y_2), \dots, V(y_T)$.
- $T(T - 1)/2$ covarianzas $Cov(y_i, y_j), i < j$.

1.2.4. Camino aleatorio.

Villavicencio, J (2007) El camino aleatorio o camino al azar es un proceso estocástico y_t , donde la primera diferencia de este proceso estocástico es un ruido blanco, esto es $\nabla y_t = e_t$.

$$y_t = y_{t-1} + e_t$$

1.2.5. Estacionariedad.

Novales (1993) define “Un proceso estocástico y_t es estacionario en sentido estricto si para toda m dupla (t_1, t_2, \dots, t_m) y todo entero k el vector de variables $(y_t, y_{t_1}, y_{t_2}, \dots, y_{t_m})$ tiene la misma distribución de probabilidad conjunta que el vector $(y_{t_1+k}, y_{t_2+k}, \dots, y_{t_m+k})$ ” (p.415).

Gonzales (2009) especifica que existen dos formas de estacionariedad, estricta y de covarianza (también como conocido como débil). La estacionaridad en covarianza es importante cuando se modela la media de un proceso, aunque la estacionariedad estricta es útil en entornos más complicados, como los modelos no lineales.

a. Estacionariedad estricta.

Un proceso estocástico $\{y_t\}$ es estrictamente estacionario si la distribución conjunta de $\{y_t, y_{t+1}, \dots, y_{t+h}\}$ sólo depende de h y no de t .

Estacionariedad estricta requiere que la distribución conjunta de un proceso estocástico no depende del tiempo y por lo tanto el único factor que afecta a la relación entre dos observaciones es la brecha entre ellos.

b. Estacionariedad débil.

Una serie de tiempo es llamada estacionaria débil si sus propiedades estadísticas permanecen constantes en el tiempo. Esto significa que, si tenemos en cuenta dos diferentes intervalos de tiempo, la media muestral y covarianzas muestrales de la serie durante los dos intervalos de tiempo será más o menos el mismo.

Más precisamente, una serie de tiempo y_t es llamada estacionaria en el sentido débil (segundo orden) si se cumplen las siguientes condiciones. (p.13-14).

- a. $E(Y_t) = \mu$ para $t = 1, 2, \dots$
- b. $V(y_t) = \sigma^2 < \infty$ para $t = 1, 2, \dots$
- c. $E[(y_t - \mu)(y_{t-s} - \mu)] = \gamma_s$ para $t = 1, 2, \dots$

1.2.6. Autocovarianza.

Novales (1993) manifiesta que la autocovarianza de un proceso escalar estacionario en covarianza $\{y_t\}$ es definida como: (p. 413).

$$\gamma_s = E[(y_t - \mu)(y_{t-s} - \mu)]$$

Donde $\mu = E[y_t]$.

Note que $\gamma_0 = E[(y_t - \mu)(y_t - \mu)] = V(y_t)$.

1.2.7. Ruido blanco.

Gómez, A. (2000), Un proceso $\{y_t\}$ es conocido como ruido blanco si:

- a. $E(Y_t) = 0$ para $t = 1, 2, \dots$
- b. $V(y_t) = \sigma^2 < \infty$ para $t = 1, 2, \dots$
- c. $E[e_t e_{t-j}] = \text{Cov}[e_t e_{t-j}] = 0$ para $t = 1, 2, \dots, j \neq 0$

Es decir, un proceso de ruido blanco si $\{y_t\}$ es una secuencia de variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas con media y varianza finita.

En particular, si y_t se distribuye normalmente con media cero y varianza σ^2 , la serie se llama un ruido blanco gaussiano. Para una serie de ruido blanco, todos los ACFs son cero. En la práctica, si todos ACFs muestrales están cerca cero, entonces la serie es una serie de ruido blanco.

1.2.8. Función de autocovarianza.

Díaz, W. (2003) sostiene que la función de autocovarianza de un proceso estocástico estacionario es una función de k (número de periodos de separación entre las variables) que recoge el conjunto de las autocovarianza del proceso y se denota por:

$$\gamma_k, \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

La función de autocovarianza que al igual que la covarianza representa el grado de asociación lineal de una variable consigo misma en un rezago determinado, vendrá definida por los distintos valores que tomaría dicha covarianza cuando cambiamos el lapso temporal entre las observaciones de la serie que manejamos. Analíticamente, se podría expresar como:

$$\gamma_j = \text{Cov}(y_t, y_{t-j}) = E[y_t - \mu][y_{t-j} - \mu]$$

Si j toma el valor de cero, la autocovarianza en este caso sería igual a la varianza:

$$\gamma_0 = \text{Cov}(y_t, y_{t-0}) = E[y_t - \mu]^2 = \sigma^2$$

Características de la función de autocovarianzas:

- Incluye la varianza del proceso
- Es una función simétrica

La función de autocovarianzas de un proceso estocástico recoge toda la información sobre la estructura dinámica lineal del mismo. Pero depende de las unidades de medida de la variable, por lo que, en general, se suele utilizar la función de autocorrelación. (p.87)

1.2.9. Función de autocorrelación y autocorrelación parcial.

a. Función de autocorrelación: Novales (1993) sostiene que la función de autocorrelación simple de un proceso estocástico y_t , a la que lo sucesivo nos referimos

por FAS, es una función que para cada instante t y cada entero k toma un valor $P_K(t)$ igual a la correlación entre y_t e y_{t-k}

$$\rho_k = \frac{\text{Cov}(y_t, y_{t-k})}{\sqrt{\text{var}(y_t)}\sqrt{\text{var}(y_{t-k})}}$$

La función de autocorrelación se suele representar gráficamente por medio de un gráfico de barras denominado correlograma. (p. 416).

b. Función de autocorrelación parcial:

Guzmán, D. (2007), La función de autocorrelación parcial mide la “aportación” que a las variaciones de una variable como y_t tiene otra variable, digamos y_{t-2} , aislados los efectos de las posibles restantes variables, por ejemplo y_{t-1} . Por el contrario, la función de autocorrelación ignora el hecho de que parte de la correlación que pueda existir entre, por ejemplo y_t y y_{t-2} , se debe a que ambas están correlacionadas con y_{t-1} .

$$\alpha(s, t) = \frac{\text{Cov}(X_s - \hat{X}_s^{(s,t)}, X_t - \hat{X}_t^{(s,t)})}{\sqrt{\text{var}(X_s - \hat{X}_s^{(s,t)})} \sqrt{\text{var}(X_t - \hat{X}_t^{(s,t)})}}$$

1.2.10. Elaboración de los modelos AR, MA, ARIMA para series de tiempo:

- **Modelos Autorregresivos (AR).**

Damador y Dawn (2010), define “un proceso autorregresivo de orden p en la observación actual Y_t es generada por una media ponderada de observaciones anteriores que se reportan p periodos en el pasado, junto con una perturbación aleatoria correspondiente al periodo actual”.

Un modelo autorregresivo de orden “ p ”, o abreviadamente AR (p), se define por:
(p.775)

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t$$

δ es un término constante que se relaciona con la media del proceso estocástico.

Si el proceso es estacionario, su media (μ) debe ser invariante con respecto al tiempo, es decir:

$$E(Y_t) = E(Y_{t-1}) = E(Y_{t-2}) = \dots = \mu$$

Por lo tanto, la media viene dado por:

$$E(Y_t) = E(\delta) + \phi_1 E(Y_{t-1}) + \phi_2 E(Y_{t-2}) + \dots + \phi_p E(Y_{t-p}) + E(e_t)$$

$$\mu = \delta + \phi_1 \mu + \phi_2 \mu + \dots + \phi_p \mu$$

$$(1 - \phi_1 - \phi_2 - \dots - \phi_p) \mu = \delta$$

$$\mu = \frac{\delta}{1 - \phi_1 - \phi_2 - \dots - \phi_p}$$

Esta fórmula nos indica también una condición de estacionariedad. Si el proceso es estacionario, la media μ tiene que ser finita y para que esto ocurra:

$$\phi_1 + \phi_2 + \dots + \phi_p < 1$$

- **Modelos de Media Móvil (MA).**

Hanke, J. y Reith, A. (1996) definen que “el proceso AR recién expuesto no es el único mecanismo que pudo generar a Y ”.

Suponga que hacemos un modelo de Y de la siguiente manera:

$$Y_t = e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q}$$

Conviene señalar que los coeficientes van precedidos por el signo negativo, por cuestión meramente de conveniencia en la notación.

Expresando el modelo en términos del operador polinomial tenemos:

Conociendo que $Y_{t-j} = B^j Y_t$, aplicando en el modelo tenemos:

$$Y_t = e_t - \theta_1 B e_t - \theta_2 B^2 e_t - \dots - \theta_q B^q e_t$$

$$Y_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) e_t$$

Entonces el modelo de media móvil puede expresarse en forma compacta como:

(p.438).

$$Y_t = \theta(B) e_t$$

En el modelo II la media es cero, cualesquiera que sean los valores de θ . En efecto:

$$E(Y_t) = \theta(B)E(e_t) = 0$$

Si en el modelo MA se incluye un término constante:

$$Y_t = e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q} + \delta$$

Tomando esperanza matemática a la expresión anterior resulta:

$$E(Y_t) = \delta$$

En los modelos de media móvil, la media del proceso coincide con el término independiente, que aparece en el segundo miembro. Sin pérdida de generalidad se supondrá en lo sucesivo que $\delta = 0$.

A continuación se examinarán las propiedades de un MA (1) para generalizarlas posteriormente a un MA (q).

- **Modelo ARMA (p, q).**

Damador y Dawn (2010) definen que “un proceso estacionario e invertible puede ser representado por un modelo de media móvil o un modelo autorregresivo, un problema con su representación es que puede contener muchos parámetros. En general, un gran número de parámetros reduce la eficiencia de la estimación”.

Un modelo mixto con componente autorregresiva y con componente de medias móviles se denomina ARMA (p,q), donde p es el orden de la parte autorregresiva y q el de la parte de medias móviles:

$$y_t = \phi_0 + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2}$$

Las condiciones de estacionariedad del modelo ARMA (p; q) vienen impuestas por la parte autorregresiva, dado que la parte de medias móviles finita siempre es estacionaria.

Para comprobar si el modelo ARMA (p; q) es no anticipante e invertible, se estudia su representación autorregresiva general.

Las condiciones de invertibilidad del modelo ARMA (p; q) vienen impuestas por la parte de medias móviles, dado que la parte autorregresiva finita siempre es invertible porque está directamente escrita en forma autorregresiva

El modelo ARMA (p; q) va a compartir las características de los modelos AR (p) y MA (q) ya que contiene ambas estructuras a la vez. El modelo ARMA (p; q) tiene media cero, varianza constante y finita y una función de autocovarianzas infinita. La función de autocorrelación es infinita decreciendo rápidamente hacia cero pero sin truncarse (p. 776)

- **Modelos ARIMA**

Hanke y Wichern (2010) precisa que “los modelos de series analizados suponen que las series de tiempo consideradas son débilmente estacionarias, es decir, que la media y la varianza de la serie de tiempo son constantes y su covarianza es invariante en el tiempo.”

Pero muchas de las series de tiempo son no estacionarias, es decir, integradas de orden I , es pero si una serie de tiempo es integrada de orden I , es decir, si es $I(1)$, sus primeras diferencias son $I(0)$, es decir, son estacionarias. De forma similar si una serie de tiempo es $I(2)$, su segunda diferencia es $I(0)$. En general si una serie de tiempo es $I(d)$ después de diferenciarla d veces se obtiene una serie $I(0)$. Por consiguiente, si se debe diferenciar una serie de tiempo d veces para hacerla estacionaria y luego aplicar a ésta el modelo ARMA (p, q) , se dice que la serie de tiempo original es ARIMA (p, d, q) , es decir, es una serie de tiempo autorregresivos integrada de media móvil, donde p denota el número de términos autorregresivos, d el número de veces que la serie debe ser diferenciada para hacerse estacionaria y q el número de términos de media móvil. (p. 432)

1.2.11. Metodología de Box y Jenkins.

Jara y Rosel (2002) Sostienen que: “La estrategia de análisis de series temporales desde el planteamiento de Box y Jenkins (1976), supone la consideración de distintas etapas que actúan de modo interactivo, de tal forma que es condición necesaria el hecho de haber cubierto adecuadamente cada una de las fases para proceder a la siguiente”.

Estrategia de implementación de la construcción del modelo:

El método de Box y Jenkins se basa en una estrategia iterativa para la construcción del modelo que consiste en la selección de un modelo inicial, (identificación del modelo), la estimación de los coeficientes del modelo (estimación de los parámetros), el análisis de los residuos (verificación del modelo). Si es necesario, el modelo inicial se modifica y el proceso se repite hasta que los residuos indiquen que ya no es necesario otra modificación. En este punto, estamos en condiciones de utilizar el modelo ajustado para pronosticar. (p.85)

A continuación se detalla los paso a seguir para la construcción del modelo:

a. Análisis Exploratorio de la Serie:

García, L. (2001) El primer paso que se debe realizar es examinar o analizar la gráfica de la serie de tiempo. Esto nos puede dar mucha información acerca del comportamiento de la misma.

- Se grafica la serie a través del tiempo, de manera de observar a priori sus componentes: tendencia, estacionalidad y ciclos Además. podría detectarse la presencia de observaciones atípicas.
- Elaboración de un análisis descriptivo de los datos, el cual nos permite controlar la presencia de posibles errores en los datos o la presencia de valores perdidos, así como un resumen de los principales estadísticos tales como: tamaño de muestra, media, mínimo, máximo, rango, suma, desviación típica, varianza, entre otros. (p. 45-61)

b. Análisis de la Estacionariedad de la Serie:

Mauricio (2007) Este paso consiste en determinar si la serie no es estacionaria, es decir, si el valor de la media varía a través del tiempo. Si la serie

no es estacionaria, se puede convertir a una serie estacionaria mediante el método de diferenciación. (p.103)

- Elaboración del autocorrelograma simple para establecer el número de diferencias que se aplicarán y que convertirán el proceso en estacionario.

c. Identificación del Modelo:

Gujarati y Dawn (2010) En esta etapa se debe sugerir un conjunto reducido de posibles modelos.

- Determinación de las órdenes del componente autorregresivo (p) y promedio móvil (q) del modelo ARMA (p, q), haciendo uso de las distribuciones teóricas para los modelos ARIMA más comunes, así como de los patrones que se observan en los autocorrelogramas simple y parcial (generados por las series diferenciadas d veces).

Modelos según los Autocorrelogramas Simple y Parcial

Autocorrelograma Simple	Autocorrelograma Parcial	Modelo
Decae lentamente	Se corta después del retardo p	AR(p)
Se corta después del retardo q	Decae lentamente	MA(q)
Decae lentamente	Decae lentamente	ARMA (p, q)

- Estudio de la estacionalidad. En caso de presentar estacionalidad con periodo s , se aplica una diferencia estacional $(1-B)^s$ para convertir la serie en estacionaria.

- Especificación del modelo ARIMA identificado y se sugieren otros modelos posibles.

d. Estimación de los Parámetros del Modelo:

- Una vez identificado el modelo, los valores de los parámetros se estiman mediante la minimización de la suma de cuadrado de los errores. Esto se hace utilizando un método basado en mínimos cuadrados.
- Se calcula el error cuadrático medio de los residuales, una estimación de la varianza del error. El error cuadrático medio de los residuales es útil para evaluar el ajuste y comparar modelos diferentes. También es útil para calcular los límites del error de pronóstico. (p.407)

-

e. Verificación del modelo:

Mauricio (2007) sostiene que en esta etapa se busca evaluar si el modelo estimado se ajusta a los datos en forma razonablemente buena, ya que es posible que exista otro modelo ARMA que también lo haga. A esta etapa también se le conoce como validación o comprobación de diagnóstico en la cual se efectúan algunas pruebas antes de hacer uso del modelo para la predicción.

La validación o verificación incluye el análisis de los coeficientes o parámetros del modelo, la evaluación de la bondad de ajuste y análisis de los residuos.

- Muchas de las gráficas residuales que son útiles en el análisis de regresión se pueden desarrollar para los residuales de un modelo ARIMA. Un histograma y una gráfica de probabilidad normal (para verificar la normalidad), así como una gráfica de la secuencia del tiempo (para verificar los valores atípicos) son particularmente útiles.

- Las autocorrelaciones residuales individuales deben ser pequeñas y generalmente dentro de $\pm 2/\sqrt{n}$ de cero. Las autocorrelaciones residuales significativas en retrasos cortos o retrasos estacionales sugieren que el modelo es inadecuado y que debe seleccionarse un nuevo modelo o modificarse.
- 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 (χ^2) con base en el Q de Ljung – Box. El estadístico de prueba Q es: (p.103)

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^m \frac{r_k^2(e)}{n-k}$$

Dónde:

$r_k(e)$ = Autocorrelacion parcial.

N = Numero de residuos.

K = retraso de tiempo.

M = número de retrasos de tiempo que van a ser evaluados.

Si el valor p asociado con el estadístico Q es pequeño (digamos, el valor de $p < 0.05$), el modelo se considera inadecuado. El analista debe considerar un nuevo modelo o uno modificado y continuar con el análisis hasta encontrar un modelo satisfactorio.

f. Pronóstico:

Hanke y Reich (2010) para pronosticar un periodo futuro a partir del modelo seleccionado; es decir aquel que es el mejor resultante de las etapas anteriores, es importante considerar si la variable original fue diferenciada.

- Si el patrón de la serie parece estar cambiando con el tiempo, los datos nuevos se pueden usar para recalcular los parámetros del modelo o, si es necesario, desarrollar un modelo completamente nuevo.
- Conforme más datos están disponibles, se puede usar el mismo modelo ARIMA para generar pronósticos modificados de otro origen de tiempo. (p.411).

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Material de estudio.

a) Población

La población en estudio está conformada por la serie histórica del consumo mensual de energía eléctrica de la provincia Bagua Grande.

b) Muestra.

Está constituida por la serie histórica del consumo mensual de energía eléctrica, de la provincial Bagua Grande en el periodo Enero 2009 - diciembre 2015.

2.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Para la obtención de información del consumo mensual de energía eléctrica de la provincia de Bagua Grande se utilizó la técnica de documentación mediante un instrumento de recolección de datos que lo constituyen los registros del Área Comercial de la Empresa Municipal de Servicios Eléctricos Utcubamba SAC (EMSEU SAC).

2.3. Procesamiento estadístico.

Para realizar comparaciones descriptivas de las series, se calcularon e interpretaron promedios, varianzas, desviaciones estándar y coeficientes de variación.

Para construir los modelos de pronóstico del Consumo de Energía Eléctrica de la provincia de Bagua Grande, se realizó mediante ARIMA de Box y Jenkins, se realizaron los siguientes pasos:

Identificación del modelo

- Se graficaron las series de estudio a fin de observar el comportamiento de sus componentes de estacionariedad, tendencia y estacionalidad.

- Determinar las componentes del modelo ARIMA (p, d, q), donde:

p: Número de componentes autorregresivos AR (p) no estacionales.

d: Número de diferencias no estacionales.

q: Número de componentes de promedio móvil MA (q) no estacionales.

Estimación

La estimación del modelo propuesto se realizó con el apoyo del Software estadísticos SPSS versión 21, para identificar los componentes autorregresivos y de promedio móvil se analizaron los gráficos de las Funciones de autocorrelación total (FAC) y de autocorrelación parcial (FACP).

Adecuación del modelo

Se analizó la adecuación del modelo propuesto teniendo en cuenta los siguientes indicadores:

1. Pruebas de significancia de los coeficientes del modelo.
2. Cuantificación del error de estimación del modelo.
3. Análisis de los residuales, que comprende:
 - 3.1. La estadística de Ljung-Box, realizada sucesivamente para los rezagos 12, 24, 36 y 48, con la finalidad de establecer si los errores son independientes a través del tiempo, cuya fórmula está dada por:

$$Q_{LB} = T(T+2) \frac{\sum_{j=1}^K r_j^2}{T-j}$$

Donde:

T: Longitud de la serie de tiempo.

K: Numero de rezagos que se analizan (k=12, 24, 36, 48)

r_j: Coeficientes de autocorrelación.

3.2. Evaluación de la función de Autocorrelación (FAC) y de la función de autocorrelación parcial (FACP) de los residuales.

3.3. Normalidad de residuales: Prueba de Kolmogorov – Smirnov.

Pronóstico con el modelo

Con el modelo encontrado, es factible elaborar los pronósticos de uno o varios periodos futuros, para el consumo de la energía eléctrica de la provincia de Bagua Grande 2016.

Validez del pronóstico

Los pronósticos que se realizaron con el modelo estimado para los meses de enero a diciembre del 2016, se compararon con los datos reales del Consumo de la Energía Eléctrica para esos meses y que han sido registrados por el Área Comercial de la empresa EMSEU SAC.

Las técnicas con que se evaluaron los errores de pronóstico fueron:

- Error Absoluto Promedio (MAE).
- Raíz del Error Cuadrático promedio (RMSE).
- Error Absoluto Porcentual Promedio (MAPE).

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Análisis de las componentes de la serie de consumo del consumo de energía eléctrica de la Provincia Bagua Grande.

Tabla 1:

Estadísticos descriptivos del Consumo mensual de Energía Eléctrica de la provincia de Bagua Grande, periodo Enero 2009 a Diciembre del 2015

Estadístico	Consumo de Energía Eléctrica en Kw
Media	3168
Desviación típica	1450.96
Coeficiente de variación	45.8%
Máximo	6142
Mínimo	1427
N validos	84

Fuente: *Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia.*

En la tabla 1, se observa que el consumo de energía eléctrica en kw de la provincia de Bagua Grande, en promedio es de 3168 kw el cual varia en ± 1450.96 kw con respecto a su promedio lo que representa un 45.8%, indicando que el consumo de la energía eléctrica es heterogénea.

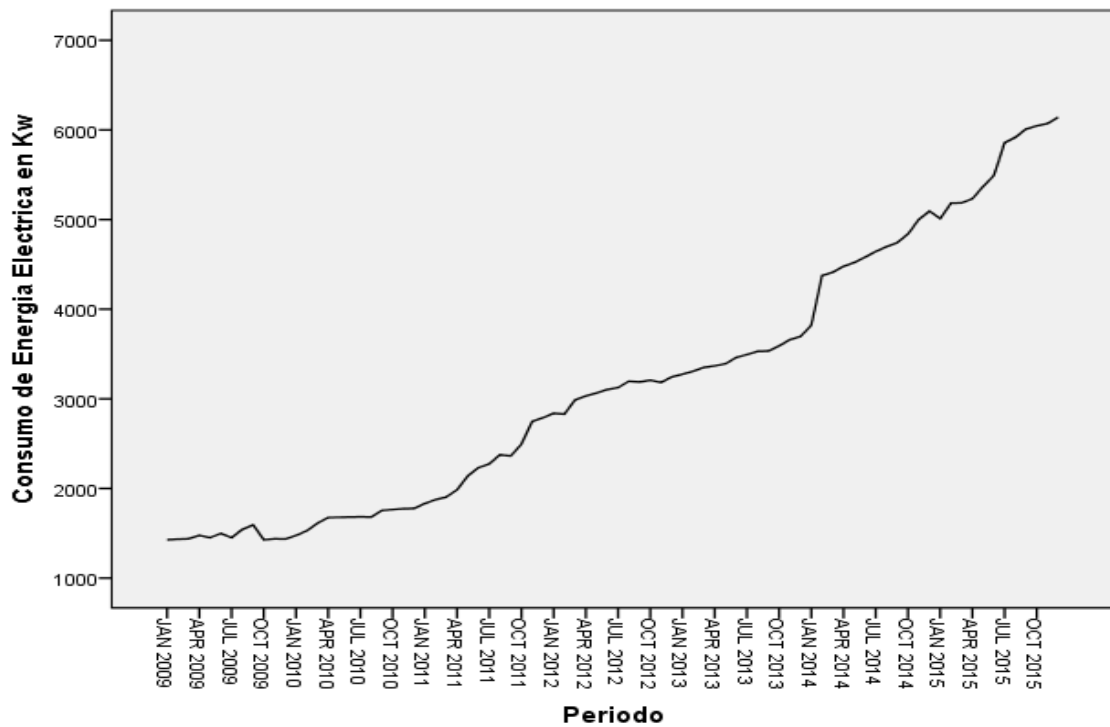


Figura 1: *Comportamiento del consumo mensual de energía eléctrica en Kw, de la provincia de Bagua Grande registrados por la Empresa EMSEU. SAC, periodo Enero 2009 a Diciembre del 2015.*

En la figura 1, se observa el comportamiento de la serie consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande Enero 2009 – Diciembre 2015, no se presencia componente cíclica ni de estacionalidad, solo presenta tendencia creciente, esto es propio de series que no tienen un comportamiento estacionario, por tener varianzas y promedios no constantes a través del tiempo.

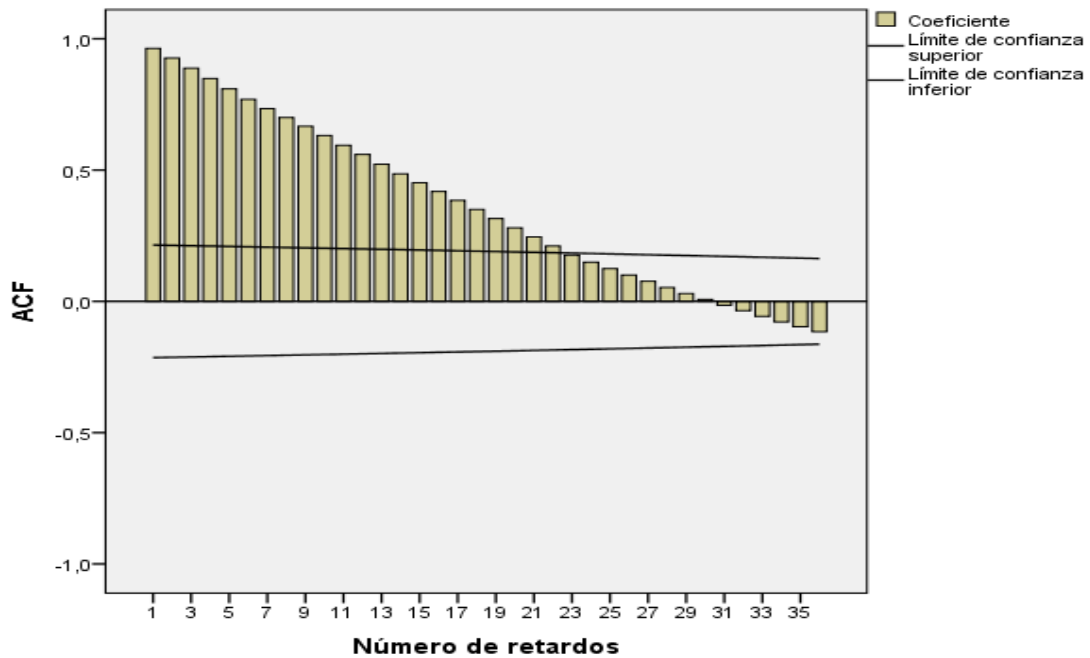


Figura 2: *Función de autocorrelación simple del consumo mensual de energía eléctrica en Kw, registrado por la empresa EMSEU. SAC, periodo enero 2009 a diciembre 2015.*

En la figura 2, se observa el comportamiento de la función de Autocorrelación donde los coeficientes tienen un decrecimiento rápido diagonalizado en el tiempo, a la vez existen coeficientes significativos que sobresalen los límites de confianza, lo cual afirmamos que los datos de la serie consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande no presentan estacionariedad y debemos proceder a diferenciarlos para crear una serie estacionaria.

Tabla 2

Autocorrelacion del Consumo mensual de Energía Eléctrica de la provincia de Bagua Grande, periodo Enero 2009 a Diciembre del 2015

Serie: kw					
Retardo	Autocorrelación	Típ. Error ^a	Estadístico de Box-Ljung		
			Valor	gl	Sig. ^b
1	0,963	0,107	80,798	1	0,000
2	0,926	0,107	156,396	2	0,000
3	0,888	0,106	226,708	3	0,000
4	0,849	0,105	291,745	4	0,000
5	0,809	0,105	351,622	5	0,000
6	0,769	0,104	406,441	6	0,000
7	0,734	0,103	456,985	7	0,000
8	0,700	0,103	503,553	8	0,000
9	0,667	0,102	546,405	9	0,000
10	0,631	0,101	585,329	10	0,000
11	0,594	0,101	620,298	11	0,000
12	0,560	0,100	651,718	12	0,000
13	0,522	0,099	679,466	13	0,000
14	0,486	0,098	703,811	14	0,000
15	0,451	0,098	725,145	15	0,000
16	0,418	0,097	743,727	16	0,000
17	0,385	0,096	759,669	17	0,000
18	0,350	0,096	773,068	18	0,000
19	0,315	0,095	784,099	19	0,000
20	0,280	0,094	792,952	20	0,000
21	0,245	0,093	799,852	21	0,000
22	0,211	0,093	805,028	22	0,000
23	0,176	0,092	808,693	23	0,000
24	0,149	0,091	811,373	24	0,000
25	0,125	0,090	813,272	25	0,000
26	0,100	0,090	814,522	26	0,000
27	0,076	0,089	815,260	27	0,000
28	0,053	0,088	815,618	28	0,000
29	0,030	0,087	815,732	29	0,000
30	0,007	0,086	815,740	30	0,000
31	-0,015	0,086	815,769	31	0,000
32	-0,036	0,085	815,947	32	0,000
33	-0,057	0,084	816,410	33	0,000
34	-0,078	0,083	817,297	34	0,000
35	-0,097	0,082	818,678	35	0,000
36	-0,115	0,082	820,680	36	0,000
a. El proceso subyacente asumido es la independencia (ruido blanco).					
b. Basado en la aproximación chi cuadrado asintótica.					

Fuente: *Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia.*

En la tabla 2, se observa el estadístico Box – Ljung X_r^2 , donde sus coeficientes de autocorrelación simple del consumo mensual de energía eléctrica en kw de la provincia de Bagua Grande son significativos ($\text{sig.} < \alpha$), es decir iguales a 0.

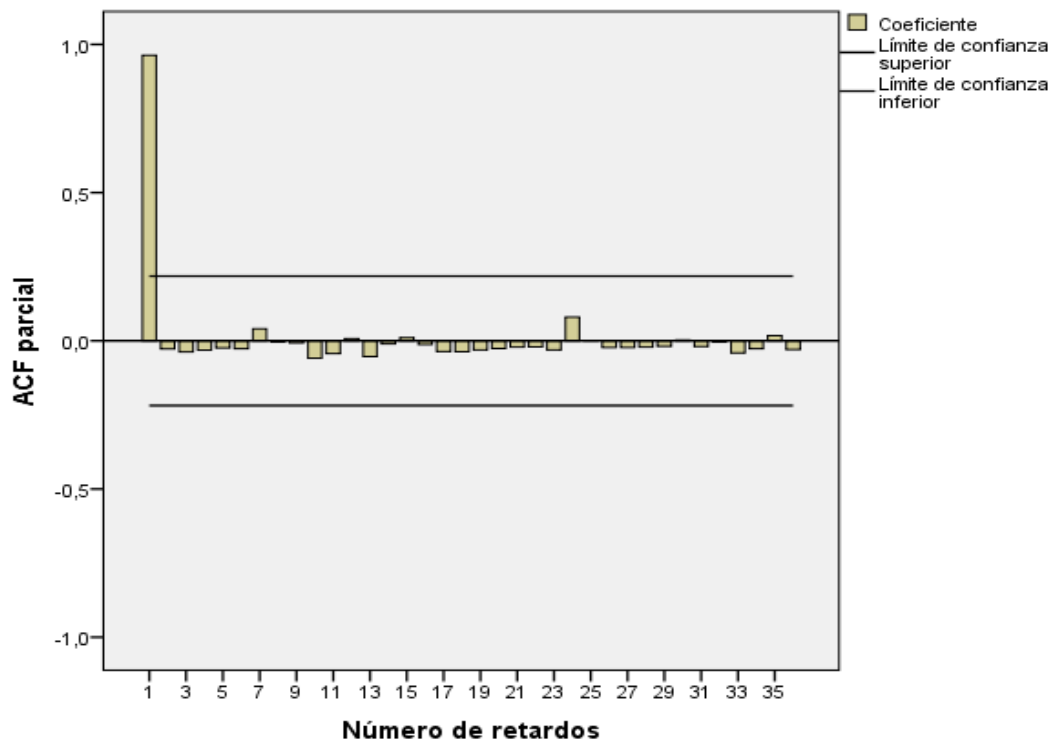


Figura 3: *Función de autocorrelación parcial del consumo mensual de energía eléctrica en Kw, registrado por la empresa EMSEU. SAC, periodo enero 2009 a diciembre 2015.*

En la figura 3 se observa la función de autocorrelaciones parciales descendiendo rápidamente a cero con un coeficiente significativo que sobresale los límites de confianza al 95%, por lo que indica que es posible que exista parte autorregresivo en los modelos de pronósticos buscados para la serie consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande.

Tabla 3:

Autocorrelacion Parcial del Consumo mensual de Energía Eléctrica de la provincia de Bagua Grande, periodo Enero 2009 a Diciembre del 2015

Serie: kw		
Retardo	Autocorrelación parcial	Típ. Error
1	0,963	0,109
2	-0,028	0,109
3	-0,037	0,109
4	-0,031	0,109
5	-0,024	0,109
6	-0,027	0,109
7	0,041	0,109
8	-0,003	0,109
9	-0,007	0,109
10	-0,059	0,109
11	-0,043	0,109
12	0,007	0,109
13	-0,053	0,109
14	-0,010	0,109
15	0,010	0,109
16	-0,012	0,109
17	-0,036	0,109
18	-0,037	0,109
19	-0,031	0,109
20	-0,026	0,109
21	-0,022	0,109
22	-0,021	0,109
23	-0,031	0,109
24	0,080	0,109
25	0,001	0,109
26	-0,022	0,109
27	-0,022	0,109
28	-0,021	0,109
29	-0,019	0,109
30	0,003	0,109
31	-0,019	0,109
32	-0,003	0,109
33	-0,041	0,109
34	-0,027	0,109
35	0,017	0,109
36	-0,030	0,109

Fuente: *Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia.*

En la tabla 3, se identifica un coeficiente significativo, por lo que el modelo tentativo seria autorregresivo AR (1), para la serie de tiempo del consumo mensual de energía eléctrica en kw de la provincia Bagua Grande.

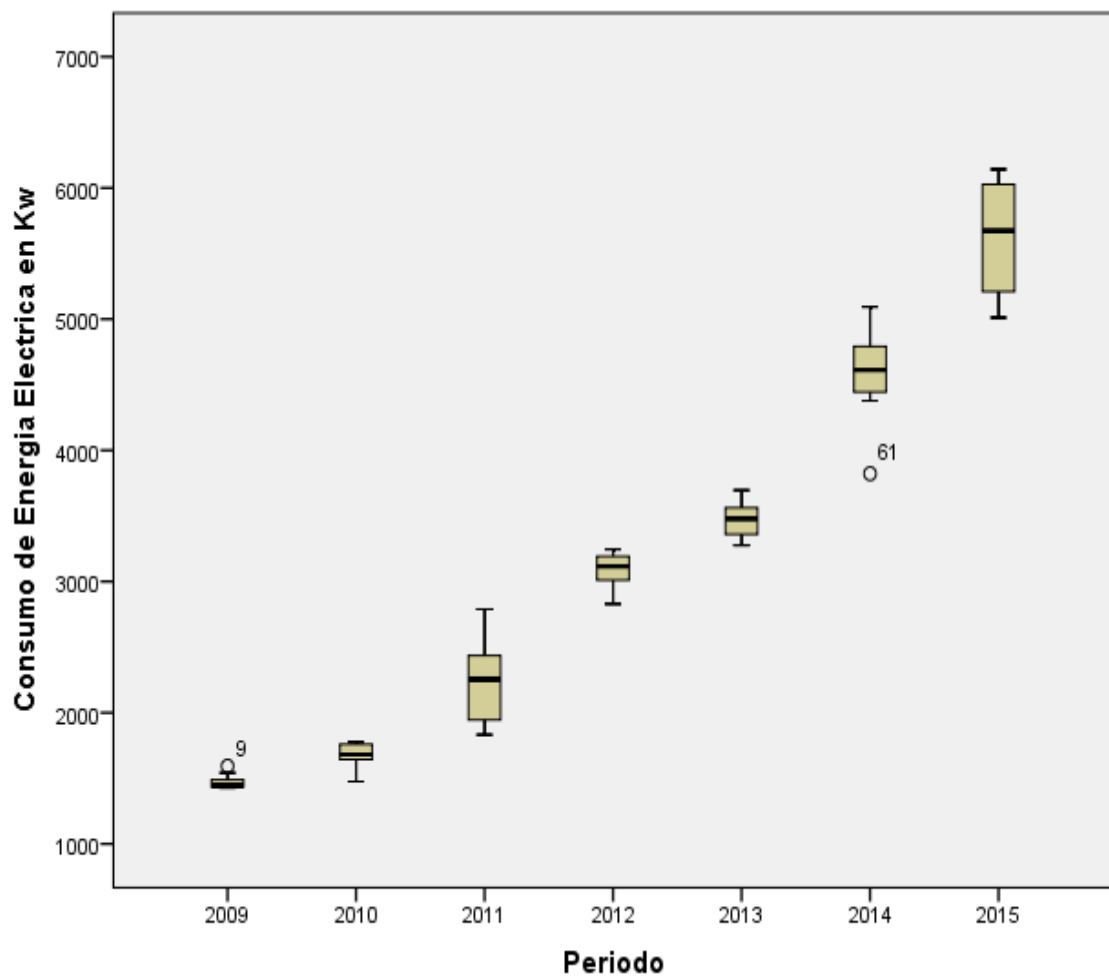


Figura 4: Diagrama de cajas del consumo de energía eléctrica en Kw, registrados por la empresa EMSEU. SAC, periodo enero 2009 a diciembre 2015.

En la figura 4, se observa los diagramas de cajas para cada periodo de la serie consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, donde sus varianzas no son homogéneas; evidenciándose también datos atípicos.

Tabla 4:

Prueba de homogeneidad de varianzas para la serie consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo Enero 2009 a Diciembre 2015.

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Consumo de energía eléctrica en Kw	11.006	6	77	0.000

Fuente: Emseu.Sac 2015 - Elaboración propia.

En la tabla 4, se observa el estadístico de Levene es igual a 11.006 y la significancia es $0.000 < 0.05$, concluyéndose que las varianzas mensuales de la serie consumo de energía eléctrica en Kw no son homogéneas. (Ver apéndice 1)

Tabla 5:

ANOVA para la serie consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo Enero 2009 a Diciembre 2015.

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	169906927.67	6	28317821.28	137.63	0.000
Intra-grupos	4831372.33	77	62745.09		
Total	174738300	83			

Fuente: Emseu.Sac 2015 - Elaboración propia.

En la tabla 5, se aprecia el ANOVA donde la significancia es igual a $0.000 < 0.05$, por lo tanto, se concluye estadísticamente que existe diferencias significativas en por lo menos un par de medias de las muestras de los meses de la serie consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande. En consecuencia, se tiene que realizar la diferencia a la serie original para poder aplicar la metodología de Box y Jenkins. (Ver apéndice 2)

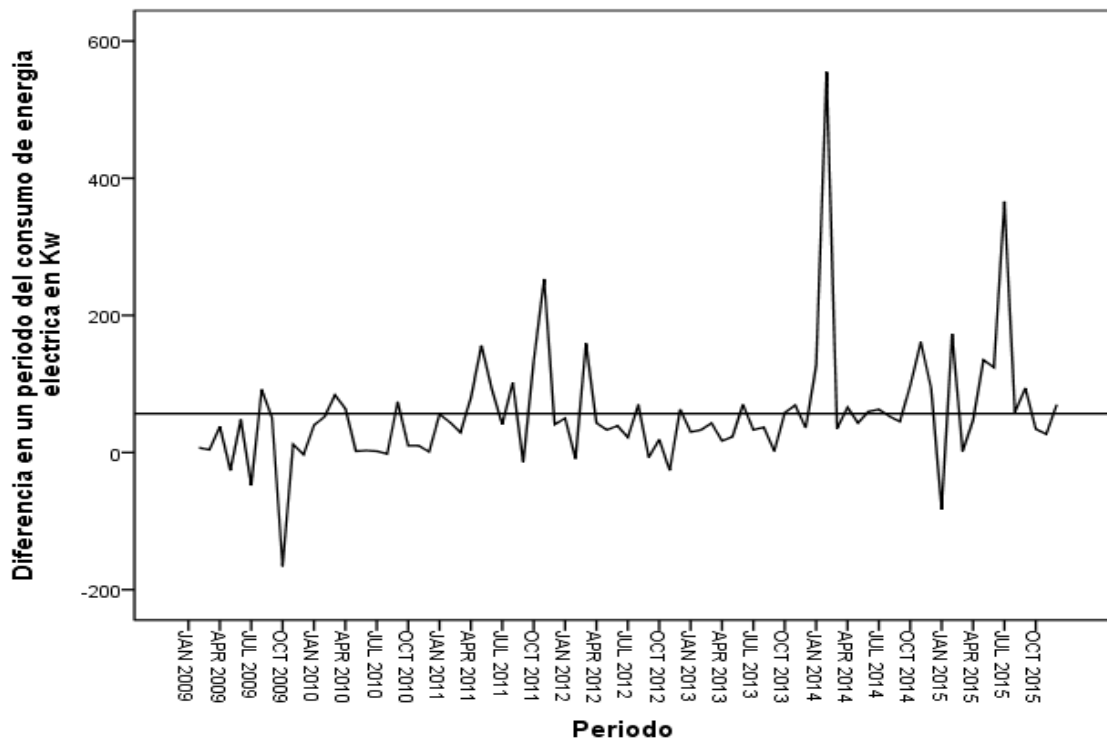


Figura 5: Comportamiento de la serie de la diferencia en un periodo del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, registrados por la empresa EMSEU. SAC, periodo enero 2009 a diciembre del 2015.

En la figura 5, se observa que la serie diferenciada en 1 periodo del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande fluctúa alrededor de su promedio y a la vez se evidencia una varianza constante o estacionariedad. Para confirmar este postulado y lograr cumplir con el requisito de estacionariedad que exige la metodología ARIMA de Box – Jenkins para analizar una serie, se sometió a la serie diferenciada en 1 periodo al test de Levene con la finalidad de determinar si efectivamente es estacionaria.

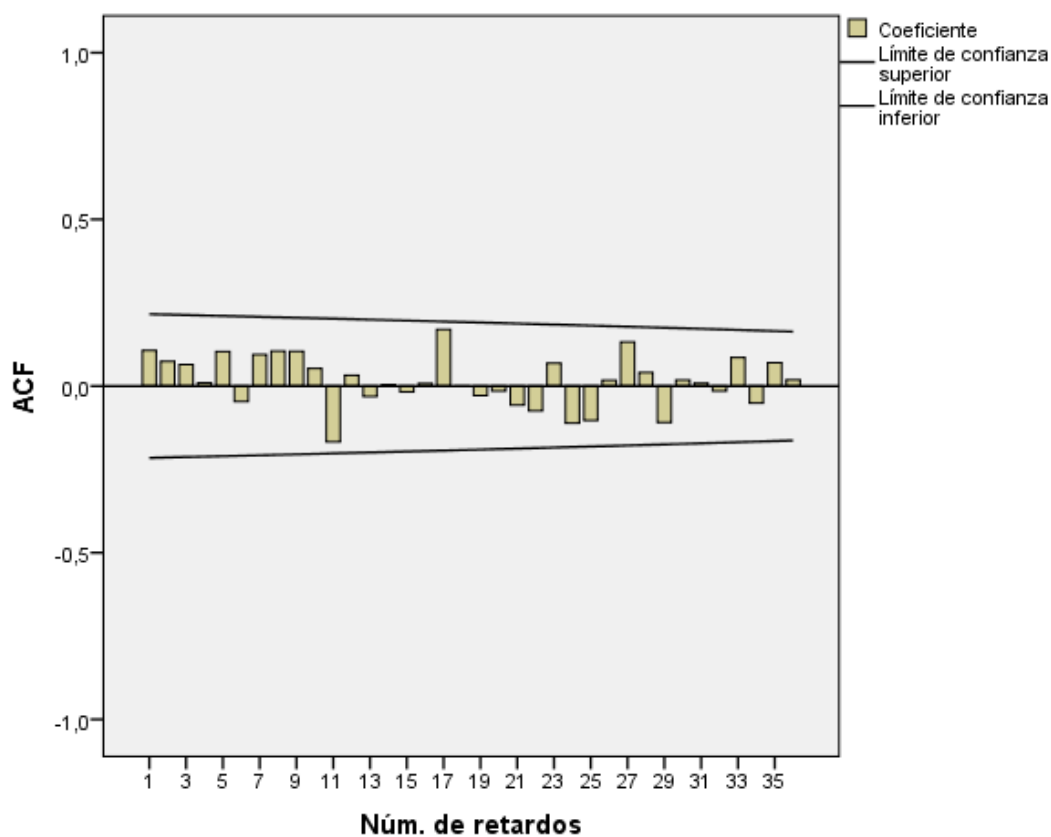


Figura 6: *Función de autocorrelación simple diferenciada en un periodo del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, registrados por la EMSEU. SAC, periodo enero 2009 a diciembre del 2015*

En la figura 6, se observa los coeficientes de Autocorrelación simple de la serie diferenciada en un periodo consumo de energía eléctrica en Kw, la cual no existen coeficientes significativos que sobresalen los límites de confianza al 95%, indicándonos que la serie no es estacionaria.

Tabla 6:

Autocorrelación simple diferenciada en un periodo del Consumo mensual de Energía Eléctrica de la provincia de Bagua Grande, periodo Enero 2009 a Diciembre del 2015

Serie: DIFF(kw,1)					
Retardo	Autocorrelación	Típ. Error ^a	Estadístico de Box-Ljung		
			Valor	gl	Sig. ^b
1	0,107	0,108	0,981	1	0,322
2	0,074	0,107	1,460	2	0,482
3	0,064	0,106	1,825	3	0,609
4	0,009	0,106	1,833	4	0,766
5	0,104	0,105	2,803	5	0,730
6	-0,046	0,104	3,000	6	0,809
7	0,094	0,104	3,828	7	0,799
8	0,105	0,103	4,856	8	0,773
9	0,104	0,102	5,891	9	0,751
10	0,053	0,102	6,158	10	0,802
11	-0,167	0,101	8,892	11	0,632
12	0,033	0,100	8,997	12	0,703
13	-0,031	0,100	9,096	13	0,766
14	0,004	0,099	9,098	14	0,825
15	-0,018	0,098	9,130	15	0,871
16	0,008	0,097	9,137	16	0,908
17	0,170	0,097	12,216	17	0,787
18	-0,001	0,096	12,216	18	0,836
19	-0,028	0,095	12,306	19	0,872
20	-0,015	0,094	12,331	20	0,904
21	-0,058	0,094	12,708	21	0,919
22	-0,074	0,093	13,347	22	0,923
23	0,069	0,092	13,902	23	0,930
24	-0,111	0,091	15,383	24	0,909
25	-0,103	0,091	16,682	25	0,893
26	0,017	0,090	16,719	26	0,917
27	0,132	0,089	18,920	27	0,873
28	0,041	0,088	19,132	28	0,894
29	-0,110	0,087	20,700	29	0,870
30	0,018	0,087	20,741	30	0,896
31	0,008	0,086	20,750	31	0,918
32	-0,015	0,085	20,782	32	0,936
33	0,086	0,084	21,817	33	0,932
34	-0,051	0,083	22,189	34	0,941
35	0,070	0,082	22,912	35	0,942
36	0,019	0,082	22,964	36	0,955
a. El proceso subyacente asumido es la independencia (ruido blanco).					
b. Basado en la aproximación chi cuadrado asintótica.					

Fuente: *Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia.*

En la tabla 6, se observa el estadístico de Box – Ljung donde sus coeficientes de autocorrelación simple de la serie diferenciada en un periodo del consumo mensual de energía eléctrica en kw de la provincia de Bagua Grande, no son significativos ($\text{Sig.} > \alpha$), es decir, son diferentes de 0.05.

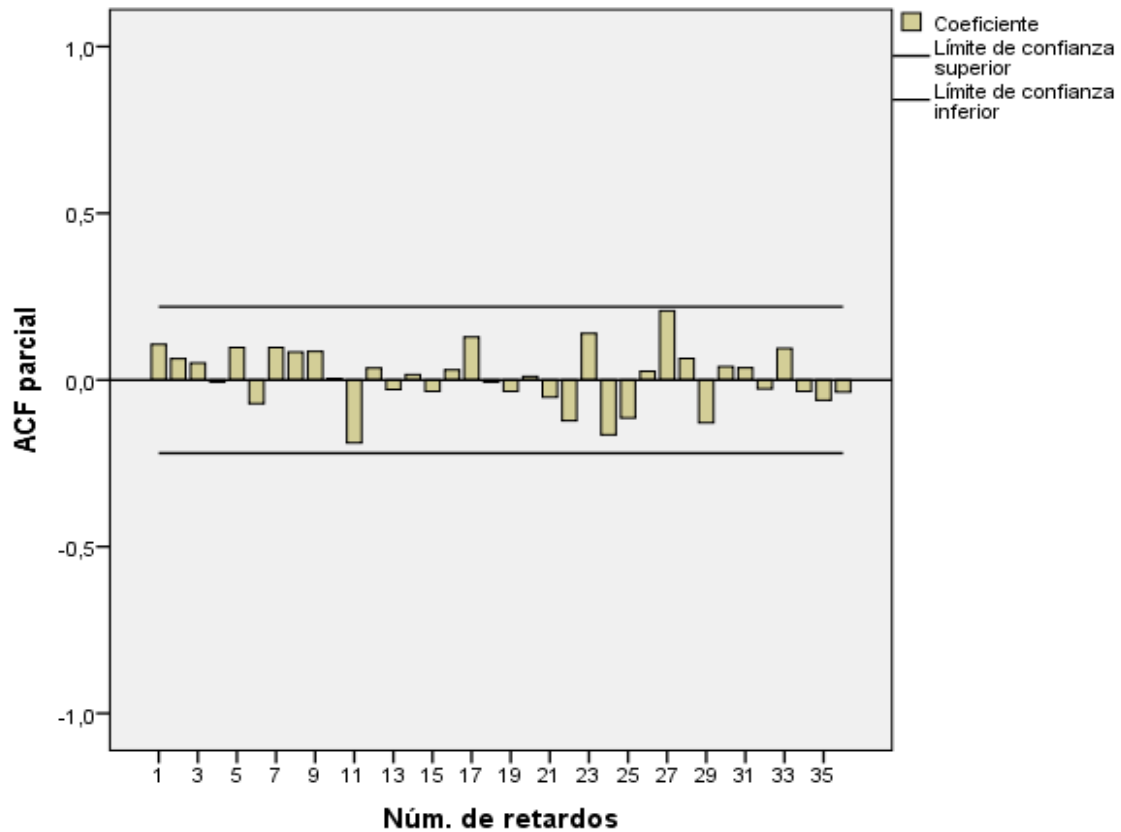


Figura 7: *Función de autocorrelación parcial diferenciada en un periodo del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre del 2015.*

En la figura 7, se observa los coeficientes de autocorrelación parcial encontrándose todos los coeficientes dentro de los límites de confianza, es decir no existe estacionariedad en la series consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.

Tabla 7:

Autocorrelación parcial diferenciada en un periodo del Consumo mensual de Energía Eléctrica de la provincia de Bagua Grande, periodo Enero 2009 a Diciembre del 2015

Serie: DIFF(kw,1)		
Retardo	Autocorrelación parcial	Típ. Error
1	0,107	0,110
2	0,063	0,110
3	0,051	0,110
4	-0,007	0,110
5	0,098	0,110
6	-0,071	0,110
7	0,097	0,110
8	0,084	0,110
9	0,085	0,110
10	0,003	0,110
11	-0,188	0,110
12	0,036	0,110
13	-0,028	0,110
14	0,016	0,110
15	-0,034	0,110
16	0,030	0,110
17	0,129	0,110
18	-0,007	0,110
19	-0,034	0,110
20	0,010	0,110
21	-0,051	0,110
22	-0,122	0,110
23	0,140	0,110
24	-0,164	0,110
25	-0,114	0,110
26	0,026	0,110
27	0,207	0,110
28	0,065	0,110
29	-0,128	0,110
30	0,040	0,110
31	0,036	0,110
32	-0,027	0,110
33	0,094	0,110
34	-0,034	0,110
35	-0,060	0,110
36	-0,036	0,110

Fuente: *Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia.*

En la tabla 7: Se observa que no se tiene ningún coeficiente significativo para la serie diferenciada en un periodo del consumo mensual de energía eléctrica en kw de la provincia de Bagua Grande, por lo que no presencia modelo autorregresivo para la serie.

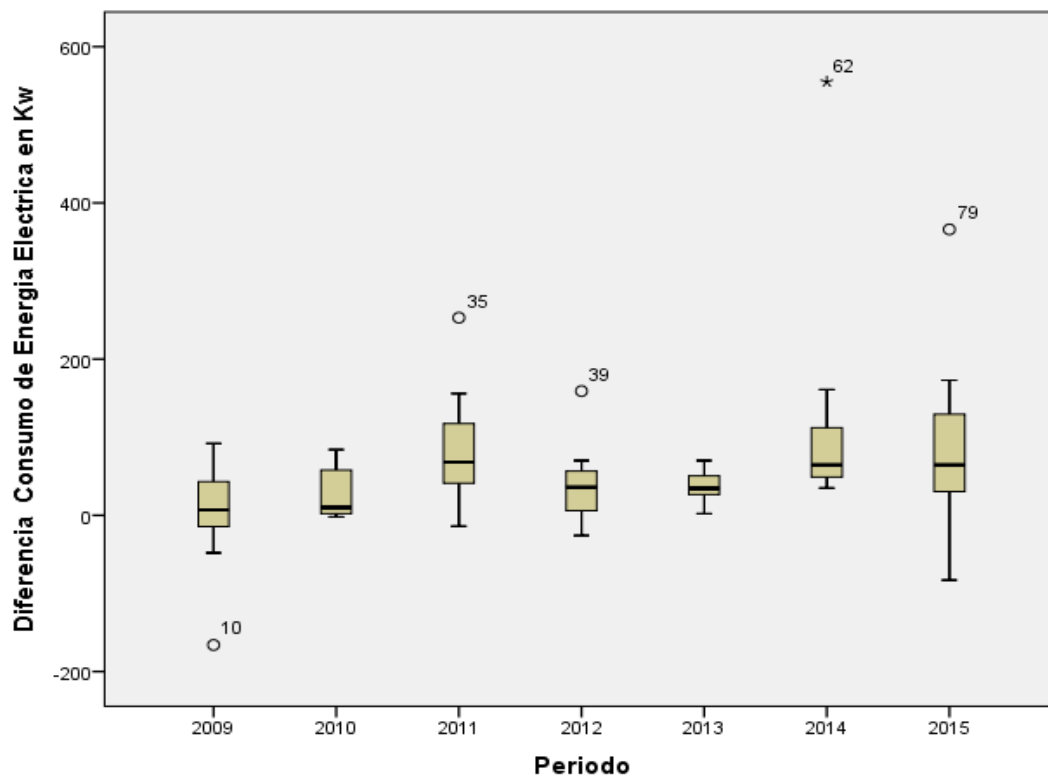


Figura 8: Diagrama de cajas diferenciada en un periodo del consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, registrados por la empresa EMSEU. SAC, periodo enero 2009 a diciembre 2015

En la figura 8, se aprecia los diagramas de cajas de la serie diferenciada en un periodo consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande; donde la varianza no es estacionaria con respecto a cada periodo, a la vez se puede afirmar que los promedios no son iguales ya que se evidencian datos atípicos.

Tabla 8:

Prueba de homogeneidad de varianzas para la serie diferenciada en un periodo consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Consumo energía eléctrica en Kw	de	2.054	6	76	0.069

Fuente: Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia.

En la tabla 8 se presenta la serie diferenciada en un periodo consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015, donde se tiene que el valor del estadístico de Levene igual a 2.054 y la significancia es igual a $0.069 > 0.05$, concluyéndose que las varianzas mensuales son iguales. (Ver apéndice 3)

Tabla 9:

ANOVA para la serie diferenciada en un periodo para el consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	116091,170	6	19348,528	2,993	0.013
Intra-grupos	501366,348	76	6596,926		
Total	617457,518	82			

Fuente: Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia.

En la tabla 9, se observa ANOVA para la serie diferenciada en un periodo consumo mensual de energía eléctrica en Kw, periodo enero 2009 a diciembre 2015, donde estadísticamente se aprecia que la significancia $0.013 < 0.05$, con un 95% se concluye que existen diferencias significativas en por lo menos un par de medias. (Ver apéndice 4).

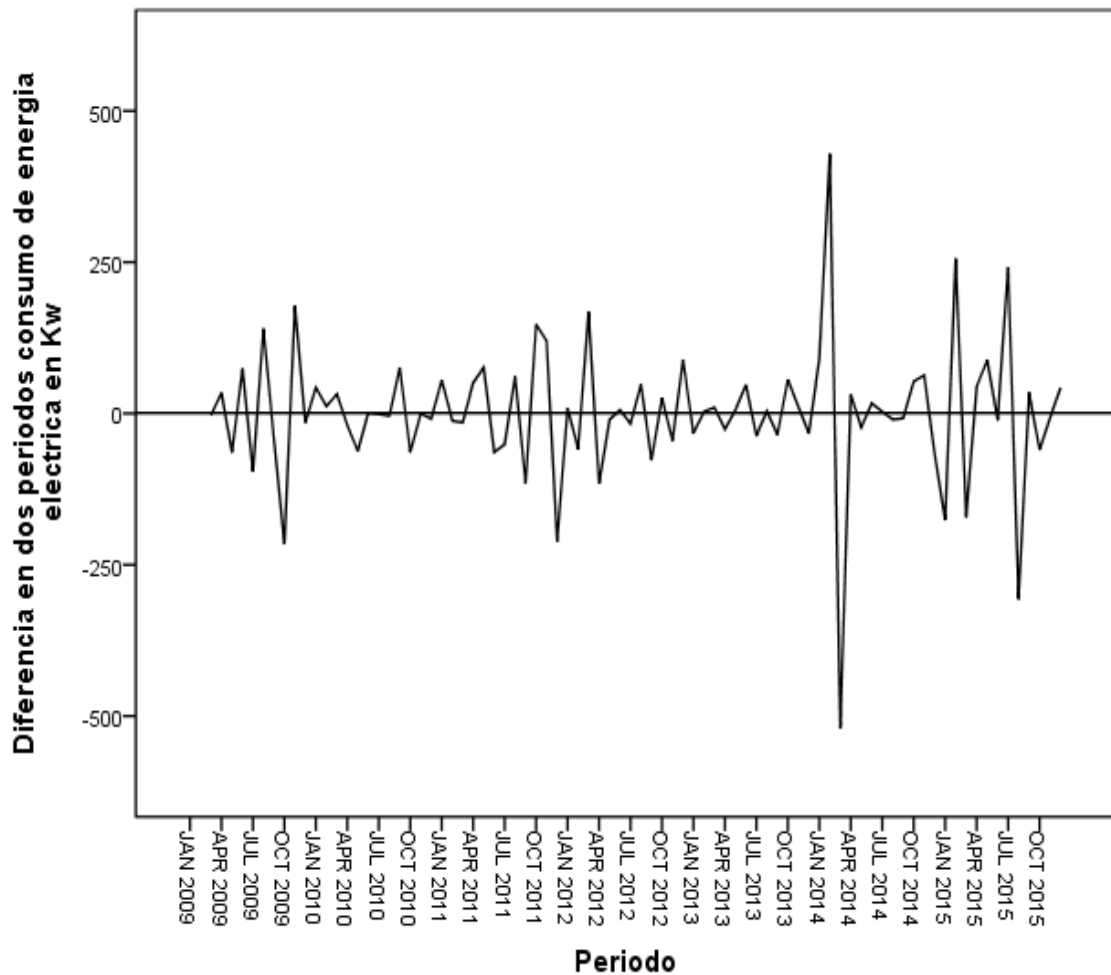


Figura 9: Distribución de la serie diferenciada en dos periodos para el consumo mensual de energía eléctrica en Kw, periodo enero 2009 a diciembre 2015.

En la figura 9, se observa que la serie diferenciada en dos periodos del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, fluctúa alrededor de su promedio tambien se puede evidenciar una varianza constante. Para confirmar este postulado y lograr cumplir con el requisito de estacionariedad que exige la metodología ARIMA de Box – Jenkins para analizar una serie, se sometió a la serie diferenciada en dos periodos al test de Levene con la finalidad de determinar si efectivamente es estacionaria.

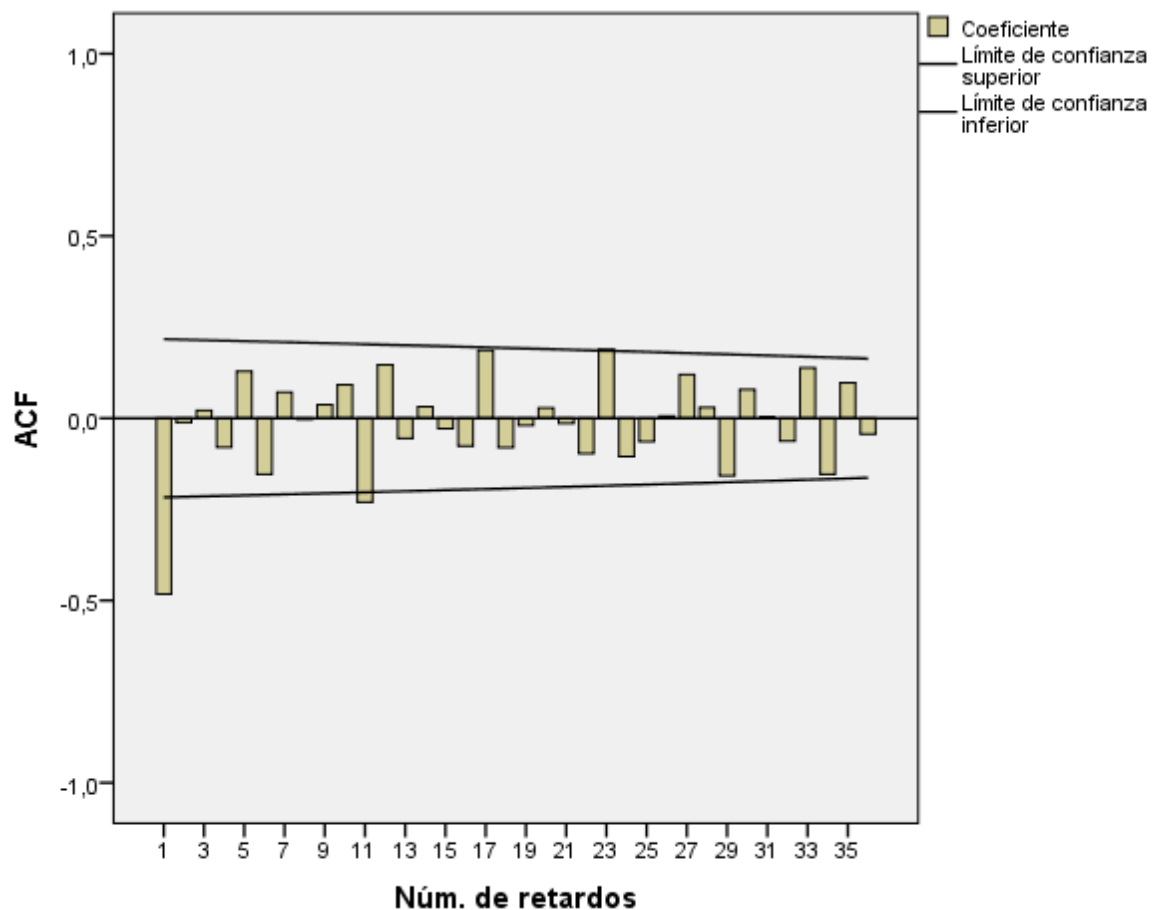


Figura 10: *Función de autocorrelación simple de la serie diferenciada en dos periodos del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.*

En la figura 10, se observa los coeficientes de Autocorrelación simple de la serie diferenciada en dos periodos consumo de energía eléctrica en Kw, evidenciándose el primer coeficiente es significativo ya que sobresale los límites de confiabilidad al 95%, lo que nos indica que es factible que exista parte de promedio móvil en el modelo buscado.

Tabla 10:

Autocorrelación simple de la serie diferenciada en dos periodos del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.

Serie: DIFF(kw,2)					
Retardo	Autocorrelación	Típ. Error ^a	Estadístico de Box-Ljung		
			Valor	gl	Sig. ^b
1	-0,483	0,108	19,801	1	0,000
2	-0,011	0,108	19,812	2	0,000
3	0,022	0,107	19,853	3	0,000
4	-0,080	0,106	20,416	4	0,000
5	0,129	0,106	21,896	5	0,001
6	-0,154	0,105	24,042	6	0,001
7	0,071	0,104	24,509	7	0,001
8	-0,003	0,104	24,509	8	0,002
9	0,037	0,103	24,641	9	0,003
10	0,091	0,102	25,441	10	0,005
11	-0,230	0,102	30,579	11	0,001
12	0,146	0,101	32,684	12	0,001
13	-0,055	0,100	32,986	13	0,002
14	0,032	0,099	33,088	14	0,003
15	-0,029	0,099	33,172	15	0,004
16	-0,076	0,098	33,783	16	0,006
17	0,186	0,097	37,465	17	0,003
18	-0,081	0,096	38,166	18	0,004
19	-0,019	0,096	38,207	19	0,006
20	0,028	0,095	38,297	20	0,008
21	-0,014	0,094	38,320	21	0,012
22	-0,097	0,093	39,393	22	0,013
23	0,189	0,093	43,557	23	0,006
24	-0,105	0,092	44,864	24	0,006
25	-0,064	0,091	45,364	25	0,008
26	0,006	0,090	45,368	26	0,011
27	0,120	0,089	47,174	27	0,009
28	0,030	0,089	47,286	28	0,013
29	-0,158	0,088	50,527	29	0,008
30	0,079	0,087	51,352	30	0,009
31	0,003	0,086	51,353	31	0,012
32	-0,063	0,085	51,899	32	0,015
33	0,138	0,084	54,592	33	0,010
34	-0,154	0,083	57,993	34	0,006
35	0,097	0,083	59,379	35	0,006
36	-0,044	0,082	59,663	36	0,008
a. El proceso subyacente asumido es la independencia (ruido blanco).					
b. Basado en la aproximación chi cuadrado asintótica.					

Fuente: *Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia.*

En la tabla 10, se observa el estadístico de Box – Ljung donde sus coeficientes de autocorrelación simple de la serie diferenciada en dos periodos del consumo mensual de energía eléctrica en kw de la provincia de Bagua Grande, son significativos ($\text{sig} < \alpha$) es decir, son diferentes de 0.

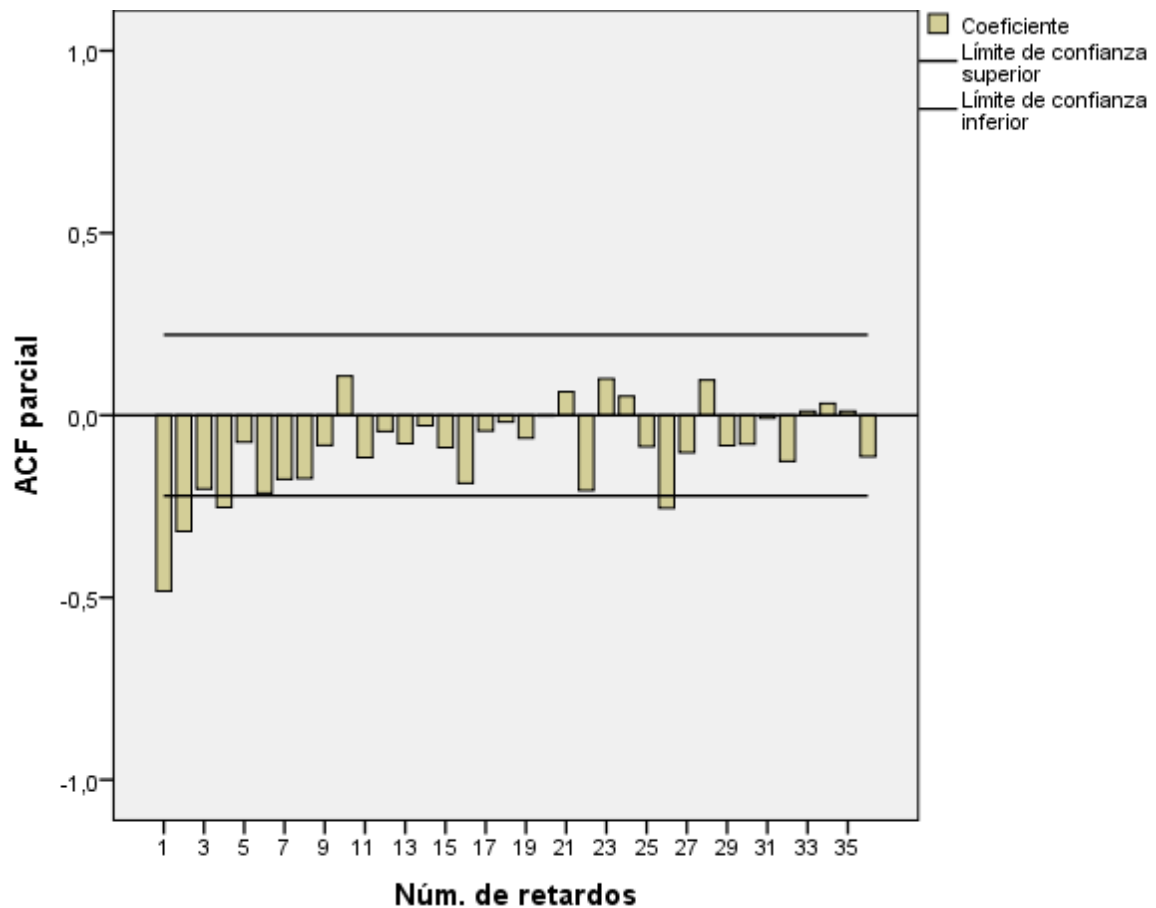


Figura 11: Función de autocorrelación parcial simple de la serie diferenciada en dos periodos del consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.

En la figura 11, se observa los coeficientes de autocorrelación parcial de la serie diferenciada en dos periodos del consumo de energía eléctrica en Kw; evidenciándose que los primeros coeficientes son significativos ya que sobresalen los límites de confianza además se aprecia que el coeficiente 26 sobresale los límites de confianza por lo tanto existe estacionalidad en la parte autorregresiva regular, indicando que es factible que exista parte autorregresiva en el modelo de pronóstico buscado.

Tabla 11:

autocorrelación simple de la serie diferenciada en dos periodos del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.

Serie: DIFF(kw,2)		
Retardo	Autocorrelación parcial	Típ. Error
1	-0,483	0,110
2	-0,318	0,110
3	-0,202	0,110
4	-0,253	0,110
5	-0,074	0,110
6	-0,214	0,110
7	-0,175	0,110
8	-0,174	0,110
9	-0,082	0,110
10	0,107	0,110
11	-0,116	0,110
12	-0,044	0,110
13	-0,078	0,110
14	-0,028	0,110
15	-0,089	0,110
16	-0,186	0,110
17	-0,043	0,110
18	-0,018	0,110
19	-0,063	0,110
20	-0,002	0,110
21	0,065	0,110
22	-0,206	0,110
23	0,100	0,110
24	0,052	0,110
25	-0,086	0,110
26	-0,255	0,110
27	-0,102	0,110
28	0,097	0,110
29	-0,083	0,110
30	-0,079	0,110
31	-0,008	0,110
32	-0,127	0,110
33	0,011	0,110
34	0,032	0,110
35	0,011	0,110
36	-0,113	0,110

Fuente: *Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia.*

En la tabla 11, se observan coeficientes significativos para la serie diferenciada en dos periodos del consumo mensual de energía eléctrica en kw de la provincia de Bagua Grande, lo que se evidencia la presencia de un modelo autorregresivo.

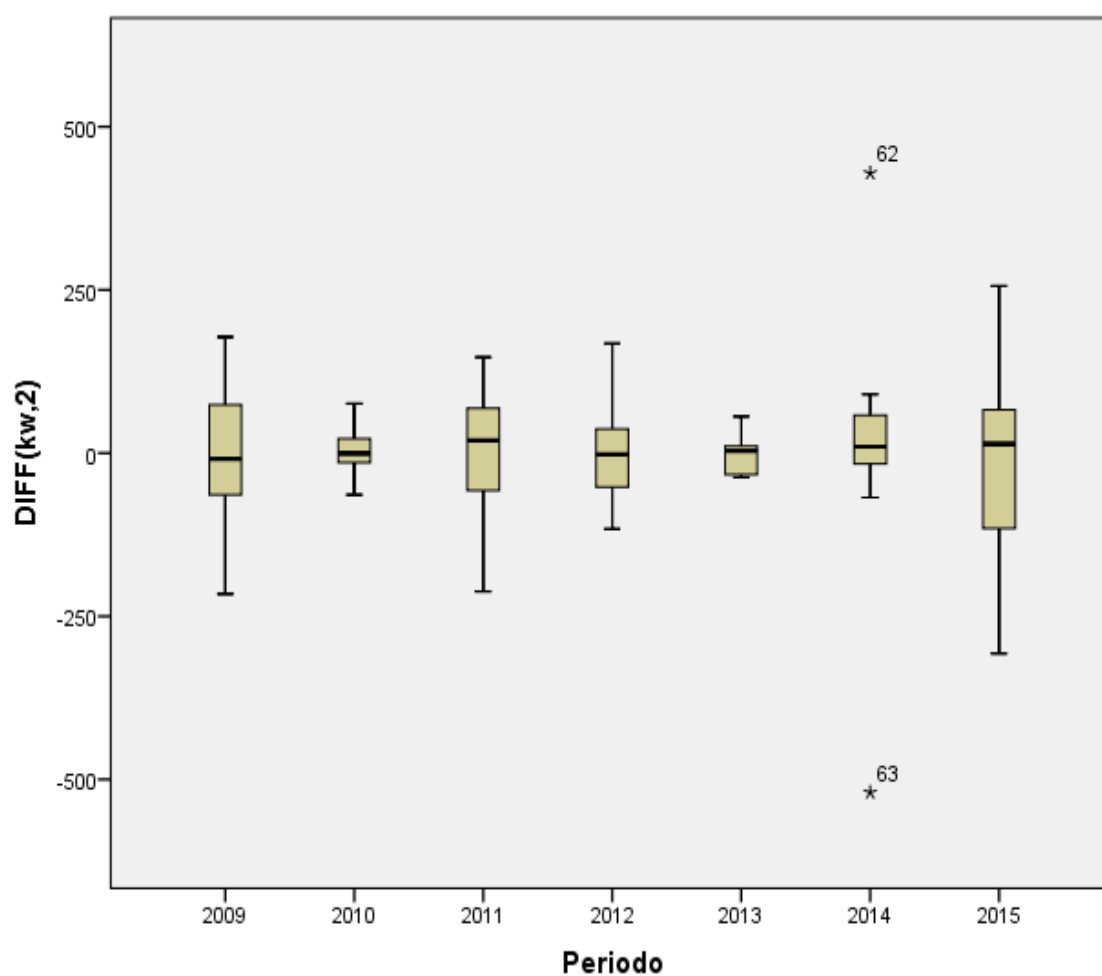


Figura 12: *Diagrama de cajas de la serie diferenciada en dos periodos del consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.*

En la figura 12, se observa el diagrama de cajas de la serie diferenciada en dos periodos consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande.

Tabla 12:

Prueba de homogeneidad de varianzas para la serie diferenciada en dos periodos consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Consumo de energía eléctrica en Kw	2.185	6	75	0.054

Fuente: Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia.

En la tabla 12, se observa el estadístico de Levene para la serie diferenciada en dos periodos consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, donde se tiene que el valor del estadístico de Levene es igual a 2.185 y la significancia de $0.054 > 0.05$, concluyéndose que las varianzas son iguales. (Ver apéndice 5)

Tabla 13:

ANOVA para la serie diferenciada en dos periodos consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	512,181	6	85,363	0.006	1.000
Intra-grupos	1099822,417	75	14664,299		
Total	1100334,598	81			

Fuente: Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia.

En la tabla 13, se analiza otro de los supuestos que debe de cumplir la serie para poder aplicar la metodología de Box Jenkins, como que las medias sean constantes, donde estadísticamente se aprecia que la significancia es de $1.000 > 0.05$, con un 95% se concluye que no existen diferencias significativas en por lo menos un par de medias de la serie diferenciada en 2 periodos consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015. (Ver apéndice 6)

3.2. Estimación del modelo del pronóstico del consumo de energía eléctrica de la Provincia de Bagua Grande.

Tabla 14:

Parámetros de los posibles modelos ARIMA diferenciada en dos periodos del consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, enero 2009 a diciembre 2015.

MODELO	Consumo de Energía Eléctrica en Kw		
	ARIMA (1,2,0)	ARIMA (2,2,0)	ARIMA(4,2,0)
R ²	0.995	0.996	0.996
RMSE	103.192	98.505	94.584
MAPE	2.262	2.154	2.051
MAE	65.662	62.839	60.334

Fuente: Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia.

En la Tabla 14, se observa que los tres modelos son significativos con un R² de 0.99, indicando un buen coeficiente de determinación, la Raíz del error cuadrático medio, para los modelos de 103.192, 98.505 y 94.584 respectivamente; El error absoluto porcentual promedio para los modelos es de 2.262, 2.154 y 2.051 respectivamente; El error absoluto medio para los modelos es de 65.662, 62.839 y 60.334 respectivamente, por lo que se determinó que el modelo más adecuado es ARIMA (4,2,0), ya que su error absoluto medio es menor de 60.334.

Tabla 15:

Significancia de los parámetros de los modelos ARIMA de la serie diferenciada en dos periodos del consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, Enero 2009 a Diciembre 2015.

MODELO	Parámetros	Estimación	ET	T	Sig.
ARIMA (1,2,0)	Constante	8,720	18,458	0,472	0,638
	p	-0,478	0,099	-4,850	0,000
	d	2			
ARIMA (2,2,0)	Constante	4,841	14,531	0,333	0,740
	p	-0,631	0,107	-5,866	0,000
		-0,311	0,108	-2,890	0,005
	d	2			
ARIMA (4,2,0)	Constante	4,240	11,379	0,373	0,710
	p	-0,744	0,111	-6,699	0,000
		-0,546	0,134	-4,071	0,000
		-0,366	0,135	-2,712	0,008
		-0,243	0,112	-2,175	0,033
	d	2			

Fuente: Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia.

Tabla 15, se observa los modelos ARIMA, donde cada modelo tiene constante significativa de 0.638, 0.74 y 0.71; los parámetros para cada modelo son significativos ($\text{Sig.} = 0.00 < 0.05$); donde se determina que el modelo más adecuado es ARIMA (4,2,0).

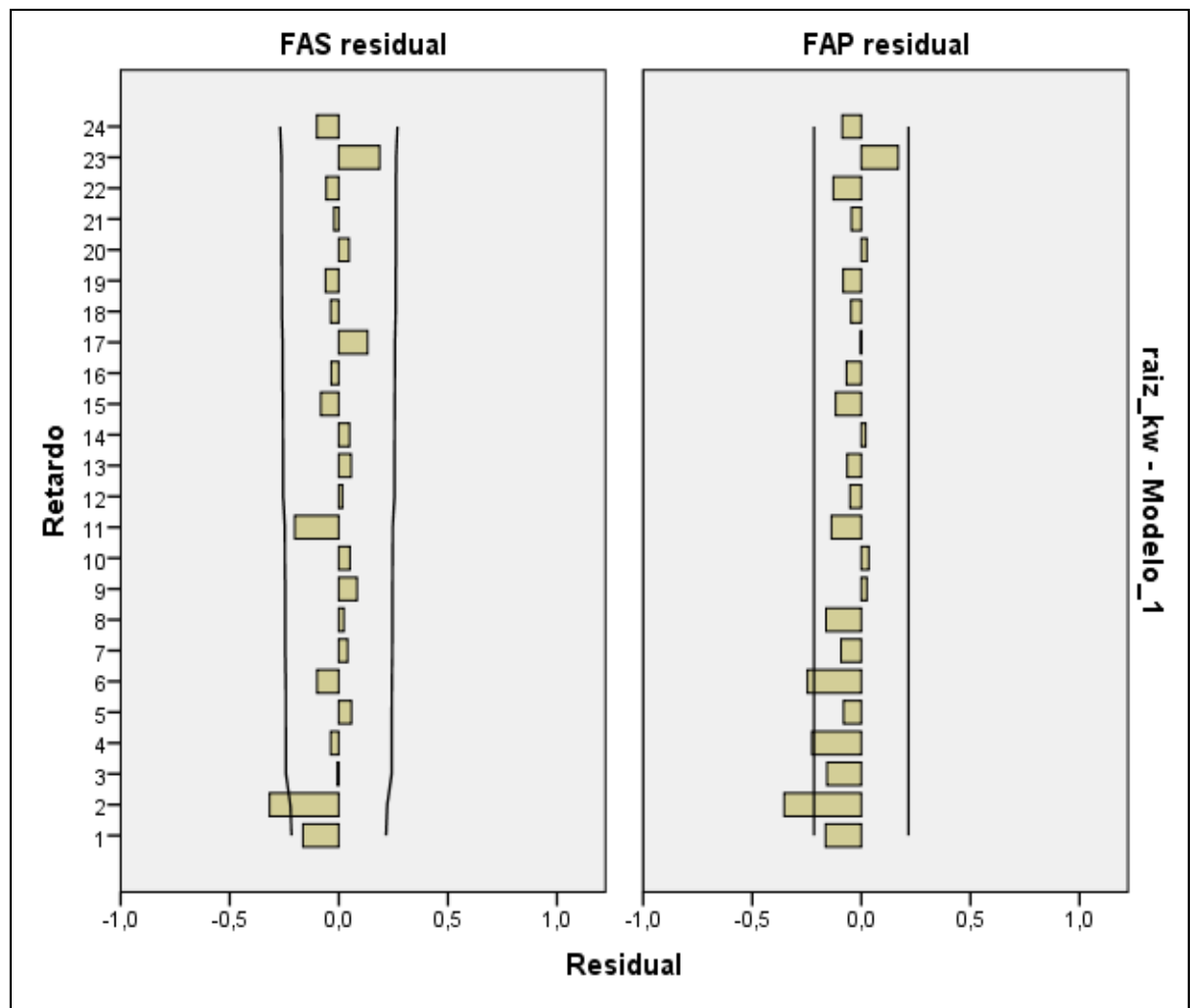


Figura 13: *Función de autocorrelación Simple y Parcial de los residuos del modelo ARIMA (1,2,0) del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.*

En la figura 13, se puede observar las autocorrelaciones simples y parciales de los residuales, donde todas las autocorrelaciones se encuentran dentro de los límites de confianza al 95%, a excepción de algunos que sobresalen los límites de confianza, por lo que se puede evidenciar o afirmar que el modelo puede ser el adecuado.

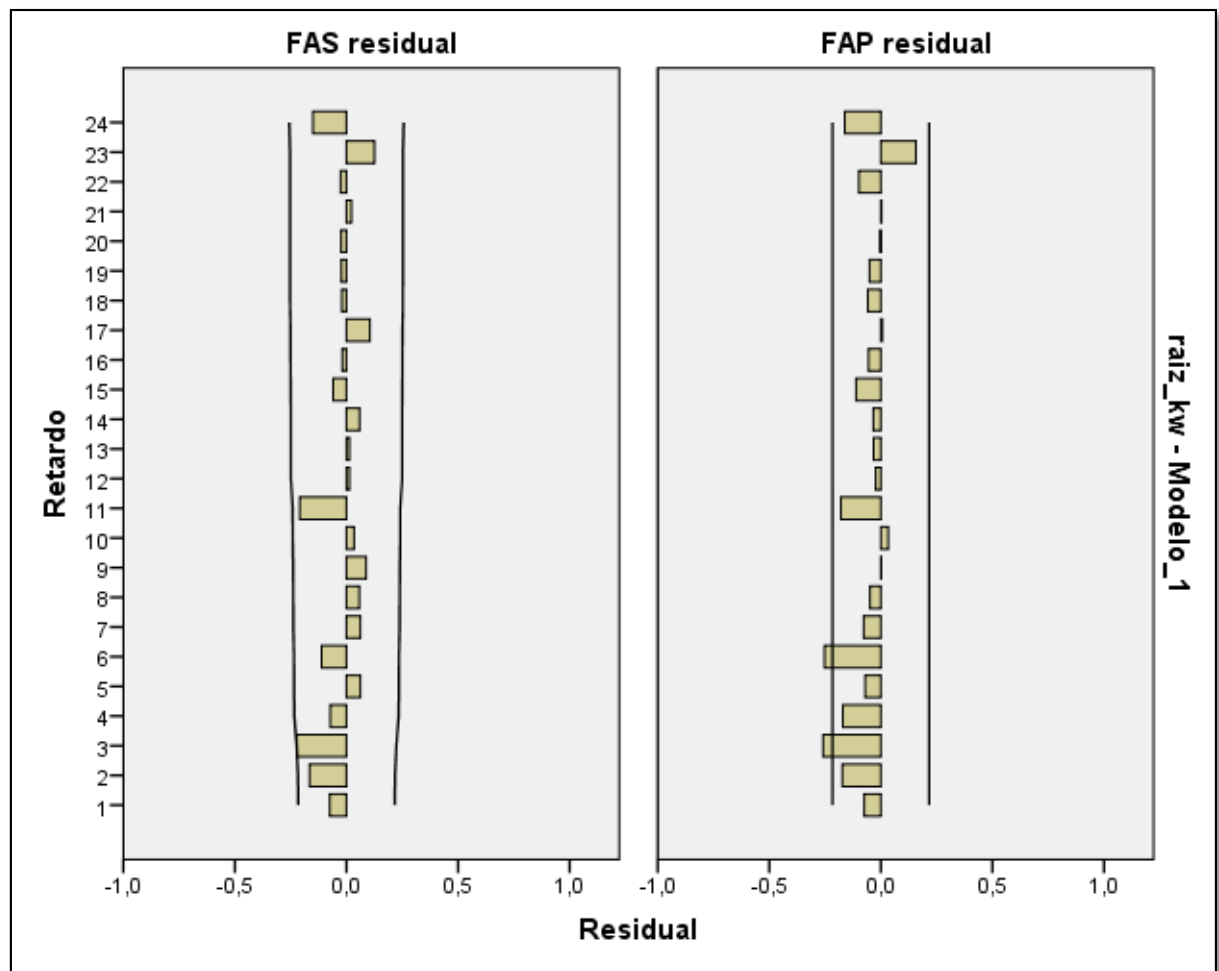


Figura 14: Función de autocorrelación Simple y Parcial de los residuos del modelo $ARIMA(2,2,0)$ del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015

En la figura 14, se puede observar las autocorrelaciones simples y parciales de los residuales, donde todas las autocorrelaciones se encuentran dentro de los límites de confianza al 95%, a excepción de algunos que sobresalen los límites de confianza, por lo que se puede evidenciar o afirmar que el modelo puede ser el adecuado.

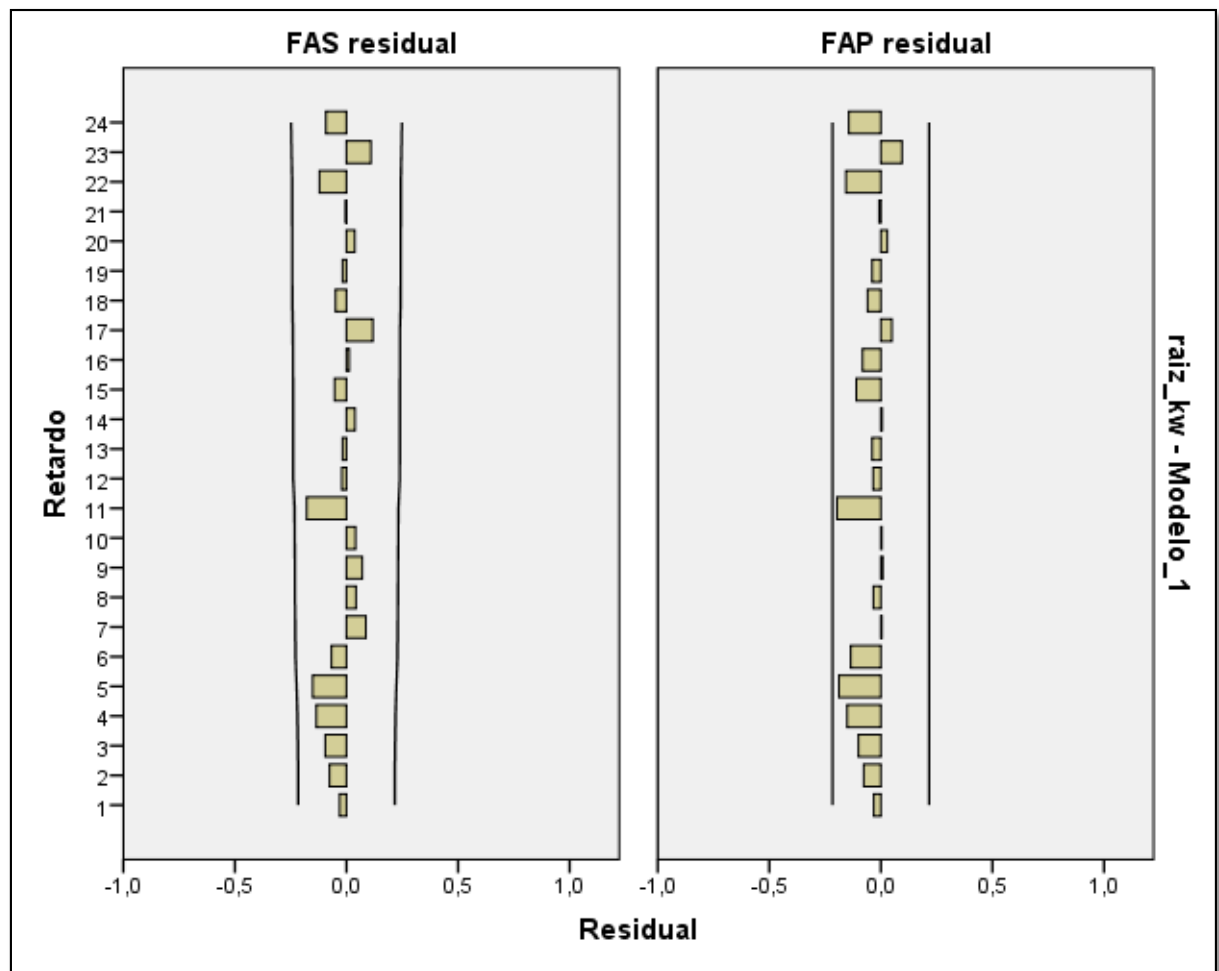


Figura 15: *Función de autocorrelación Simple y Parcial de los residuos del modelo ARIMA (4,2,0) del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.*

En la figura 15, se puede observar que las autocorrelaciones simples y parciales de los residuales cumplen con uno de los supuestos donde todos los residuales se encuentren dentro de los límites de confianza; es decir, esto indica que se cumpla con el supuesto de incorrelacionalidad del modelo ARIMA (4, 2,0); lo cual es satisfactorio para el consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo Enero 2009 a Diciembre 2015.

3.3. Validación del Modelo del consumo de energía eléctrica de la Provincia de Bagua Grande.

Esta fase es posterior a la identificación y estimación de los parámetros del modelo, esta fase es muy importante el análisis de los errores; estos deben de seguir una distribución normal con media cero y varianza constante.

Tabla 16:

Parámetros del modelo ARIMA (4,2,0), para el consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, periodo Enero 2009 - Diciembre 2015.

MODELO	R ²	RMSE	MAPE	MAE
ARIMA (4,2,0)	0.996	94.184	2,051	60,334
Parámetros	Estim.	ET	t	Sig.
Constante	4,240	11,379	0.373	0.710
	-0,744	0,111	-6,699	0,000
p	-0,546	0,134	-4,071	0,000
	-0,366	0,135	-2,712	0,008
	-0.243	0.112	-2.175	0.033
d	2			

Fuente: Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia.

En la tabla 16, se observa que el modelo ARIMA (4, 2, 0) tiene un buen ajuste a los datos, siendo el coeficiente de determinación 0.996; indica que el 99.6% de los datos Consumo de Energía Eléctrica en Kw es explicado por el modelo. Sus parámetros son significativos a un nivel de confianza del 95%, lo que nos indica que este modelo es el adecuado para la descripción de la serie de tiempo y sirve para realizar los pronósticos respectivos.

Tabla 17:

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para los residuos del modelo Arima (4, 2,0) del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande.

N		82
Parámetros normales ^{a,b}	Media	1,38
	Desviación típica	101,910
Diferencias más extremas	Absoluta	,136
	Positiva	,124
	Negativa	-,136
Z de Kolmogorov-Smirnov		1,229
Sig. asintót. (bilateral)		,097

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

Fuente: *Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia*

En la Tabla 17, se observa los resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, donde el nivel de significancia de los resultados es de 0.097, por lo que se concluye estadísticamente que los errores siguen una distribución normal. (Ver apéndice 7)

Tabla 18:

Prueba de homogeneidad de varianzas para los residuos del modelo ARIMA (4, 2, 0) del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande.

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,491	11	70	,155

Fuente: *Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia*

En la tabla 18, se observa que el estadístico de Levene es 1.491 y el nivel de significancia es de $0.115 > 0.05$, se concluye estadísticamente los residuos de los pronósticos aplicando el modelo ARIMA (4, 2,0) para el Consumo de Energía Eléctrica de la provincia de Bagua Grande, enero 2009 a diciembre 2015 son homocedásticos. (Ver apéndice 8)

Tabla 19:
ANOVA para los residuos del modelo ARIMA (4, 2, 0) del consumo mensual de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande.

	Suma cuadrados	de Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	77495,707	11	7045,064	,817	,623
Intra-grupos	603541,759	70	8622,025		
Total	681037,466	81			

Fuente: Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia

En la tabla 19, se observa que el nivel de significancia es de $0.623 > 0.05$ es decir estadísticamente no existen diferencias significativas entre los residuos interanuales aplicando el modelo ARIMA (4,2,0) para el consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, Enero 2009 a Diciembre 2015. (Ver apéndice 9)

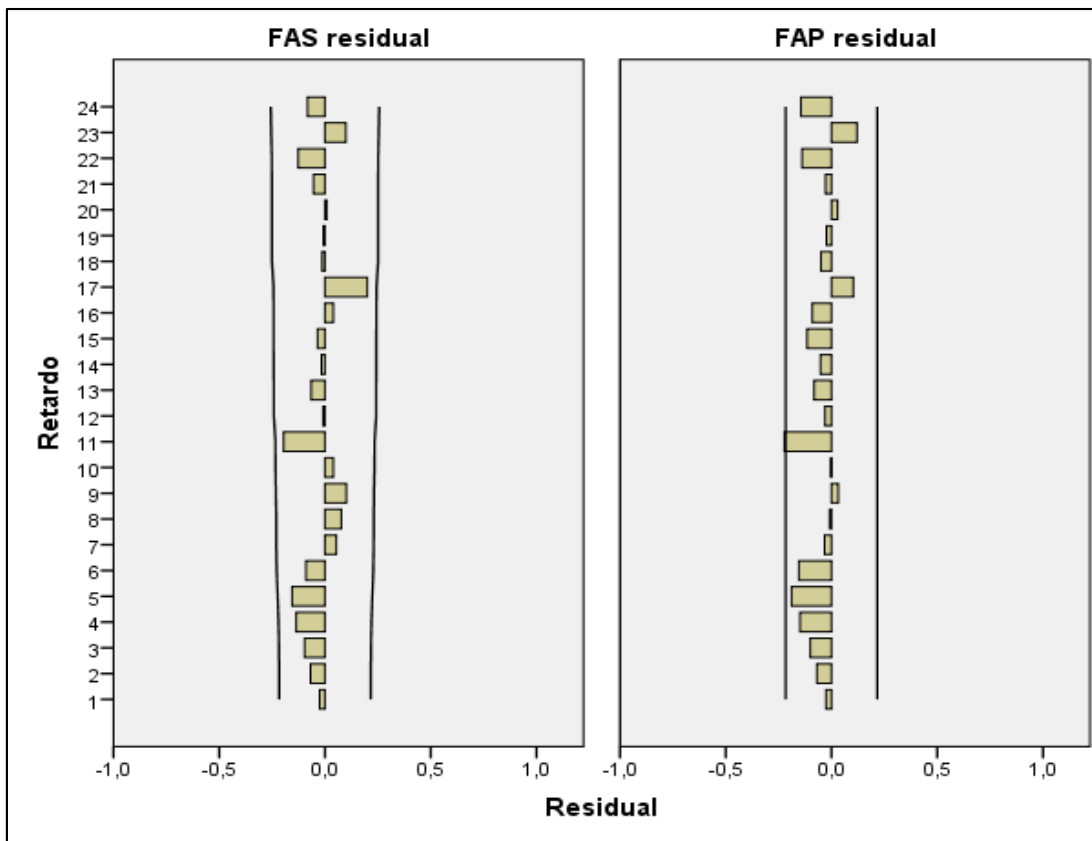


Figura 16: *Función de Autocorrelación Simple y Parcial residual del modelo ARIMA (4,2,0) de la serie diferenciada en dos periodos del consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, Enero 2009 a Diciembre 2015.*

En la figura 16, se observa las autocorrelaciones simple y parcial en el cual se aprecia otro de los supuestos de que los errores deben cumplir es que todos los retardos se encuentran dentro de los límites; es decir; esto indica que se cumple con el supuesto de incondicionalidad del modelo ARIMA (4, 2,0) para el Consumo de energía eléctrica en Kw de la provincia de Bagua Grande, enero 2009 a diciembre 2015.

3.4. Pronostico del consumo de energía eléctrica de la Provincia de Bagua Grande.

Usando el modelo que en la etapa anterior ha sido validado se procede a realizar los pronósticos para el periodo Enero 2016 a Diciembre 2016

Tabla 20:

Pronostico del consumo de energía eléctrica en kw de la provincia de Bagua Grande, para el periodo enero 2016 a Diciembre 2016

PERIODO	DATOS KW	PRONOSTICO ARIMA (4,2,0)
Ene-16	6188	6197
Feb-16	6256	6261
Mar-16	6326	6318
Abr-16	6371	6376
May-16	6455	6444
Jun-16	6515	6509
Jul-16	6583	6575
Ago-16	6649	6640
Sep-16	6718	6704
Oct-16	6773	6767
Nov-16	6835	6829
Dic-16	6899	6887

Fuente: Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia

En la tabla 20, se observa los pronósticos obtenidos a través del modelo ARIMA (4, 2,0) para los meses de enero a diciembre 2016.

Tabla 21:

Pronostico del consumo de energía eléctrica de la provincia de Bagua Grande, para el periodo enero 2016 a Diciembre 2016

Modelo		Ene 2016	Feb 2016	Mar 2016	Abr 2016	May 2016	Jun 2016	Jul 2016	Ago 2016	Sep 2016	Oct 2016	Nov 2016	Dic 2016
kw- Modelo_1	Previsión	6197	6261	6318	6376	6444	6509	6575	6640	6704	6767	6829	6887
	LCS	6386	6563	6734	6915	7114	7336	7566	7802	8046	8297	8557	8821
	LCI	6009	5958	5901	5837	5774	5682	5585	5478	5362	5237	5100	4954

Fuente: Emseu.Sac, 2015 - *Elaboración propia*

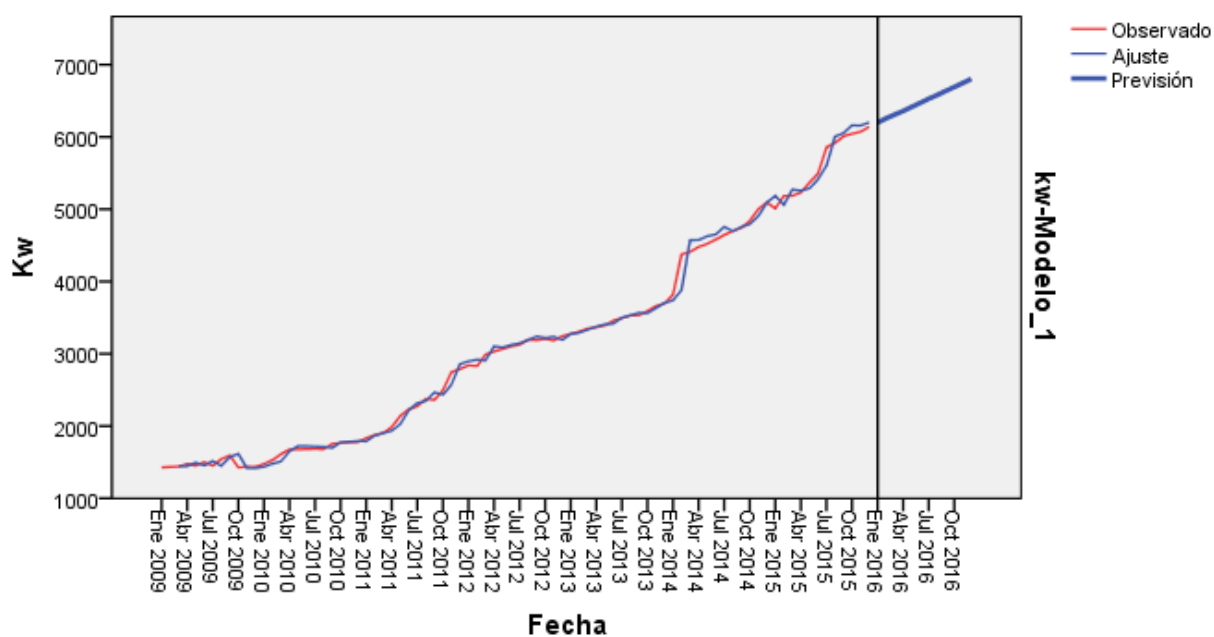


Figura 17: *Serie del pronóstico del consumo de energía eléctrica en kw de la provincia de Bagua Grande, para el periodo enero 2016 a Diciembre 2016. Con el modelo ARIMA (4, 2, 0).*

CONCLUSIONES

- ✓ En cuanto a las estadísticas descriptivas del consumo de energía eléctrica en kw de la provincia de Bagua Grande, el promedio es de 3168 kw, el cual varía en ± 1450.96 kw con respecto a su promedio lo que representa un 45.8%, indicando que el consumo de la energía eléctrica es heterogéneo. Además, no se presencia componente cíclica ni de estacionalidad, solo presenta tendencia creciente, esto es propio de series que no tienen un comportamiento estacionario, por tener varianzas y promedios no constantes a través del tiempo, ver figura 01; además es heterocedástica, ver tabla N° 04.
- ✓ Se estimaron modelos con ciertas características, observándose que los modelos más adecuados son ARIMA (1,2,0); ARIMA (2,2,0); ARIMA (4,2,0) resultando significativos para el consumo de energía eléctrica en kw de la provincia de Bagua Grande.
- ✓ Se validó mediante: Los coeficientes de determinación, la prueba de Kolmogorov Smirnov y la homogeneidad de varianza para los residuales; el cual el modelo más adecuado para la serie del consumo de energía eléctrica en kw de la provincia de Bagua Grande, es un Modelo ARIMA (4, 2,0), porque resultó ser el más cercano a los valores reales de la serie; cuya ecuación es la siguiente:

$$Y_t = 4.24 + 1.257Y_{t-1} - 0.804Y_{t-2} + 0.181Y_{t-3} + 0.123Y_{t-4} + 0.243Y_{t-5} + e_t$$

- ✓ Se pronostica mediante el modelo óptimo ARIMA (4,2,0) para 12 meses enero 2016 a diciembre 2016. Como se muestra en la Tabla 21.

SUGERENCIAS

- ✓ Se sugiere a las autoridades de la Empresa EMSEU S.A.C, que tenga en cuenta estos pronósticos que sirvan en la toma de decisiones, para la adecuada planificación y dimensionamiento de equipos, además establecer el calendario del mantenimiento del sistema eléctrico y satisfacer adecuadamente la demanda futura.
- ✓ Estos modelos sólo sirven en corto plazo, por lo que se recomienda que cuando se tenga una mayor información acerca de la serie se reconstruyan nuevos modelos de predicción.
- ✓ Para un mayor estudio de la variable estudiada se recomienda incorporar otra u otras variables explicativas que no sea el tiempo. Para lo cual se puede utilizar otras técnicas estadísticas como los modelos de integración.
- ✓ Sería interesante la utilización de otras metodologías de predicción alternativas a la que se utilizó en este estudio, de modo que se pueda contrastar cuál de ellas permite obtener mejores estimaciones a partir de series temporales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Anderson, R., Sweeney, D. y Williams, T. (2008) *Estadística para Administración y Economía*. (10ma. Ed). México: Pearson.
- Ariza, A. (2013) *Métodos Utilizados Para el Pronóstico de Demanda de Energía Eléctrica en sistemas de distribución*. Facultad de Ingenierías de la universidad Tecnológica de Pereira.
- Aza, Z. y Vargas, M. (2005) *Modelamiento estadístico de la series de tiempo*. Universidad Industrial de Santander.
- Damador, G y Dawn, P. (2010) *Econometría*. (5ta.Ed). México: McGraw-Hill.
- García, L. (2001). “*Modelos Econométricos y Series Temporales*”. Colombia: Esic Editorial. Pg. 45-61.
- Gomez, A. (2000). “*Introducción a series temporales*”. (1a. Ed.) Mexico; Domic Editorial.
- Gonzales, E. (2003). “*Probabilidad y procesos Estocásticos*”. (1a.ed.) Madrid: Universidad Complutense. Pg. 20-26.
- Hanke, J. y Reitsh, A. (1996) *Pronósticos en los Negocios*. (5ta. Ed). México: Prentice Hall.
- Hanke, J. y Wichern, D. (2010) *Pronósticos en los Negocios*. (9na. Ed). México: Pearson Educación.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. *Censos 2007*. Consultado el 18 de Julio de 2016 de <http://censos.inei.gob.pe/Censos2007/IDSE/>
- Jara, P. y Rosel (2002) *Análisis de series temporales*. Un ejemplo de la aplicación en ámbitos Psicológicos.
- Levin, R. y Rubin, D. (2004) *Estadística para Administración y Economía*. (7ma. Ed). México: Pearson.
- Mauricio, A. (2007) *Análisis de series temporales*. Universidad complutense de Madrid.
- Mediola, A., y Chara, J. (2001) *Estrategias de Generación de Valor en una Empresa de Distribución Eléctrica*. Universidad Esan Lima.
- Mendiola, A y Chara, D. (2001). *Estrategias de generación de valor en una empresa de distribución eléctrica*. Lima: universidad Esan.
- Ministerio de Energía. *Electricidad Mercado* Consultado el 23 de mayo de 2016 de http://antiguo.minenergia.cl/minwww/opencms/03_Energias/Otros_Niveles/Electricidad/Mercado_electricidad/distribucion.html
- Novales, A. (2012) *Econometría*. (2da Ed). México: McGraw-Hill.

- Orbezo, (2011) *Análisis Estocástico Arima para el Modelamiento y Predicción de la Demanda Eléctrica en el Sector Residencial de Lima Sur*. En la Escuela de Pos Grado de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- Orellana, (2012) *Modelación y Pronóstico de la Demanda de Energía Eléctrica de Mediano Plazo de El Salvador*. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de el Salvador.
- Pérez, F. (2007) *Introducción a las series de tiempo*. (1a. Ed). Colombia: Universidad de Medellín.
- Pulido, A. y Tapia. J. (2004) *Curso combinado de predicción y simulación*. Consultado el 21 de Mayo del 2016 de [https:// www.uam.es/docencia/ predysim/ combinado6/6_4_ doc6.pdf](https://www.uam.es/docencia/predysim/combinado6/6_4_doc6.pdf)
- Reyes, P. (2007) *Metodología de Análisis con Series de Tiempo*. Consultado el 14 de Julio de 2016 de [https://www .Google .com.pe/?ion=1&espv=2#q=www.icicm.com%2Ffiles%2FSeriesDeTiempoComp.doc](https://www.google.com.pe/?ion=1&espv=2#q=www.icicm.com%2Ffiles%2FSeriesDeTiempoComp.doc)
- Rosales, R. (2013) *Econometría*. Consultado el 12 de Abril de 2016 de(2010)<https://economia.uniandes.edu.co/files/profesores/ramonrosalesalvarez/docs/econometria2/Salidas%20y%20Ejercicios/EJC202220Metodologa20Box20-20Jenkins.pdf>
- Valsero, M. (2009) *Modelos de series de temporales*. Departamento de estadística e investigación operativa, Universidad de Valladoli.
- Villavicencio, J. (2011). *Introducción a las series de tiempo*. Consultado el 1 de Marzo de 2016 de [http://www.Estadísticas.gobierno.pr/iepr/LinkClick. aspx? Filet icket = 4_BxecUaZmg%3D](http://www.Estadísticas.gobierno.pr/iepr/LinkClick.aspx?FileTicket=4_BxecUaZmg%3D)

APENDICE

Apéndice N° 1: *Prueba de homogeneidad de varianzas para la serie Consumo de Energía Eléctrica de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.*

Prueba de homogeneidad de varianzas para la serie Consumo de Energía Eléctrica de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.

PRUEBA DE LEVENNE PARA LA HOMOGENEIDAD DE VARIANZA

HIPOTESIS:

$$H_0 = \sigma_{2009}^2 = \sigma_{2010}^2 = \sigma_{2011}^2 = \dots = \sigma_{2015}^2$$

$$H_1 = \sigma_{2009}^2 \neq \sigma_{2010}^2 \neq \sigma_{2011}^2 \neq \dots \neq \sigma_{2015}^2$$

NIVEL DE SIGNIFICANCIA: $\alpha = 0.05$

ESTADISTICA DE PRUEBA:

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Consumo de energía eléctrica en Kw	11.006	6	77	0.000

Fuente: Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia

DECISION Y CONCLUSION: El estadístico de Levene = 11.006 y el p-valor igual a 0.000 es menor que el 0.05, rechazamos la hipótesis nula, es decir las varianzas no son homogéneas para el Consumo de Energía Eléctrica en Kw.

Apéndice N° 2: *ANOVA para el Consumo de Energía Eléctrica en de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.*

HIPOTESIS:

$$H_0 = \mu_{2004} = \mu_{2005} = \mu_{2006} = \dots = \mu_{2015}$$

$$H_1 = \mu_{2004} \neq \mu_{2005} \neq \mu_{2006} \neq \dots \neq \mu_{2015}$$

NIVEL DE SIGNIFICANCIA: $\alpha = 0.05$

ESTADISTICA DE PRUEBA:

	Suma cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	169906927.67	6	28317821.28	137.63	0.000
Intra-grupos	4831372.33	77	62745.09		
Total	174738300	83			

Fuente: Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia

DECISION Y CONCLUSION: El p-valor igual a 0.000 siendo menor que el 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula, es decir estadísticamente existe diferencia significativa en por lo menos un par de medias de las muestras de los años de la serie Consumo de Energía Eléctrica en Kw, por lo tanto no cumple con uno de los supuestos que las medias sean constantes.

Apéndice N° 3: Prueba de homogeneidad de varianzas para la serie Consumo de Energía Eléctrica de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.

HIPOTESIS:

$$H_0 = \sigma_{2009}^2 = \sigma_{2010}^2 = \sigma_{2011}^2 = \dots = \sigma_{2015}^2$$

$$H_1 = \sigma_{2009}^2 \neq \sigma_{2010}^2 \neq \sigma_{2011}^2 \neq \dots \neq \sigma_{2015}^2$$

NIVEL DE SIGNIFICANCIA: $\alpha = 0.05$

ESTADISTICA DE PRUEBA:

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Consumo de energía eléctrica en Kw	2,054	6	76	0,069

Fuente: Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia

DECISION Y CONCLUSION: El estadístico de Levene = 2,054 y el p-valor igual a 0.069 es mayor que el 0.05, aceptamos la hipótesis nula, es decir las varianzas son homogéneas para el Consumo de Energía Eléctrica de la provincia Bagua Grande.

Apéndice N° 4: ANOVA para el Consumo de Energía Eléctrica en de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.

HIPOTESIS:

$$H_0 = \mu_{2004} = \mu_{2005} = \mu_{2006} = \dots = \mu_{2015}$$

$$H_1 = \mu_{2004} \neq \mu_{2005} \neq \mu_{2006} \neq \dots \neq \mu_{2015}$$

NIVEL DE SIGNIFICANCIA: $\alpha = 0.05$

ESTADISTICA DE PRUEBA:

	Suma de gl cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Inter- grupos	116091,170 6	19348,528	2,993	0.013
Intra- grupos	501366,348 76	6596,926		
Total	617457,518 82			

Fuente: Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia

DECISION Y CONCLUSION: El p-valor igual a 0.013 siendo menor que el 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula, es decir estadísticamente existe diferencia significativa en por lo menos un par de medias de las muestras de los años de la serie Consumo de Energía Eléctrica de la provincia Bagua Grande.

Apéndice N° 5: Prueba de homogeneidad de varianzas para la serie Consumo de Energía Eléctrica de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.

HIPOTESIS:

$$H_0 = \sigma_{2009}^2 = \sigma_{2010}^2 = \sigma_{2011}^2 = \dots = \sigma_{2015}^2$$

$$H_1 = \sigma_{2009}^2 \neq \sigma_{2010}^2 \neq \sigma_{2011}^2 \neq \dots \neq \sigma_{2015}^2$$

NIVEL DE SIGNIFICANCIA: $\alpha = 0.05$

ESTADISTICA DE PRUEBA:

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Consumo de energía eléctrica en Kw	2.185	6	75	0.054

Fuente: Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia

DECISION Y CONCLUSION: El estadístico de Levene = 2,185 y el p-valor igual a 0.054 es mayor que el 0.05, aceptamos la hipótesis nula, es decir las varianzas son homogéneas para el Consumo de Energía Eléctrica de la provincia Bagua Grande.

Apéndice N° 6: ANOVA para el Consumo de Energía Eléctrica en de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.

HIPOTESIS:

$$H_0 = \mu_{2004} = \mu_{2005} = \mu_{2006} = \dots = \mu_{2015}$$

$$H_1 = \mu_{2004} \neq \mu_{2005} \neq \mu_{2006} \neq \dots \neq \mu_{2015}$$

NIVEL DE SIGNIFICANCIA: $\alpha = 0.05$

ESTADISTICA DE PRUEBA:

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	512,181	6	85,363	0.006	1.000
Intra-grupos	1099822,417	75	14664,299		
Total	1100334,598	81			

Fuente: Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia

DECISION Y CONCLUSION: El p-valor igual a 1.00 siendo mayor que el 0.05, entonces se acepta la hipótesis nula, es decir las varianzas son homogéneas para el consumo de energía eléctrica de la provincia de Bagua Grande.

Apéndice N° 7: Prueba de normalidad de Kolmogorov Smirnov

Prueba de normalidad para los residuos el modelo ARIMA (4, 2,0) del consumo de energía eléctrica de la provincia de Bagua Grande, periodo Enero 2009 a Diciembre del 2015; empleando la prueba de Kolmogorov smirnov , bajo el siguiente procedimiento.

1.- Planteamiento de Hipótesis

H₀: Los errores siguen aproximadamente una distribución normal.

H_a: Los errores no siguen aproximadamente una distribución normal.

2.- Nivel de Significancia

$$\alpha = 5 \%$$

3.- Estadístico de la Prueba

			Ruido residual de kw-Modelo_1
N			82
Parámetros normales a,b	Media		-,05
	Desviación típica		101.910
Diferencias más extremas	Absoluta		,136
	Positiva		,124
	Negativa		-,136
Z de Kolmogorov-Smirnov			1,229
Sig. asintót. (bilateral)			,097

Fuente: Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia.

4. Decisión y Conclusión:

El p-valor es igual 0.097 es mayor que el 0.05. Por lo tanto no se rechaza la hipótesis nula. Se concluye al 95% de confianza de que estadísticamente los errores del modelo ARIMA (4,2, 0) siguen una distribución normal.

Apéndice N° 8: ANOVA para el pronóstico con el Modelo ARIMA (4,2,0) para el Consumo de Energía Eléctrica de la Provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.

HIPOTESIS:

$$H_0 = \mu_{2009} = \mu_{2010} = \mu_{2011} = \dots = \mu_{2015}$$

$$H_1 = \mu_{2009} \neq \mu_{2010} \neq \mu_{2011} \neq \dots \neq \mu_{2015}$$

NIVEL DE SIGNIFICANCIA: $\alpha = 0.05$

ESTADISTICA DE PRUEBA:

	Suma de gl	Media	F	Sig.
	cuadrados	cuadrática		
Inter-grupos	77495,707	11	7045,064	,817
Intra-grupos	603541,759	70	8622,025	
Total	681037,466	81		

Fuente: Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia.

DECISION Y CONCLUSION: Con el 95% de confianza se concluye que estadísticamente no existen diferencias significativas entre los residuos interanuales aplicando el modelo ARIMA (4, 2,0) para el consumo mensual de la energía eléctrica de la provincial de Bagua Grande, periodo Enero 2009 a Diciembre 2015.

Apéndice N° 9: *Prueba de homogeneidad de varianzas para los errores del pronóstico con el Modelo ARIMA(4,2,0), para el Consumo de Energía Eléctrica de la provincia de Bagua Grande, periodo enero 2009 a diciembre 2015.*

HIPÓTESIS:

$$H_0 = \sigma_{2009}^2 = \sigma_{2010}^2 = \sigma_{2011}^2 = \dots = \sigma_{2015}^2$$

$$H_1 = \sigma_{2009}^2 \neq \sigma_{2010}^2 \neq \sigma_{2011}^2 \neq \dots \neq \sigma_{2015}^2$$

NIVEL DE SIGNIFICANCIA: $\alpha = 0.05$

ESTADISTICA DE PRUEBA:

Estadístico de	gl1	gl2	Sig.
Levene			
1,491	11	70	,155

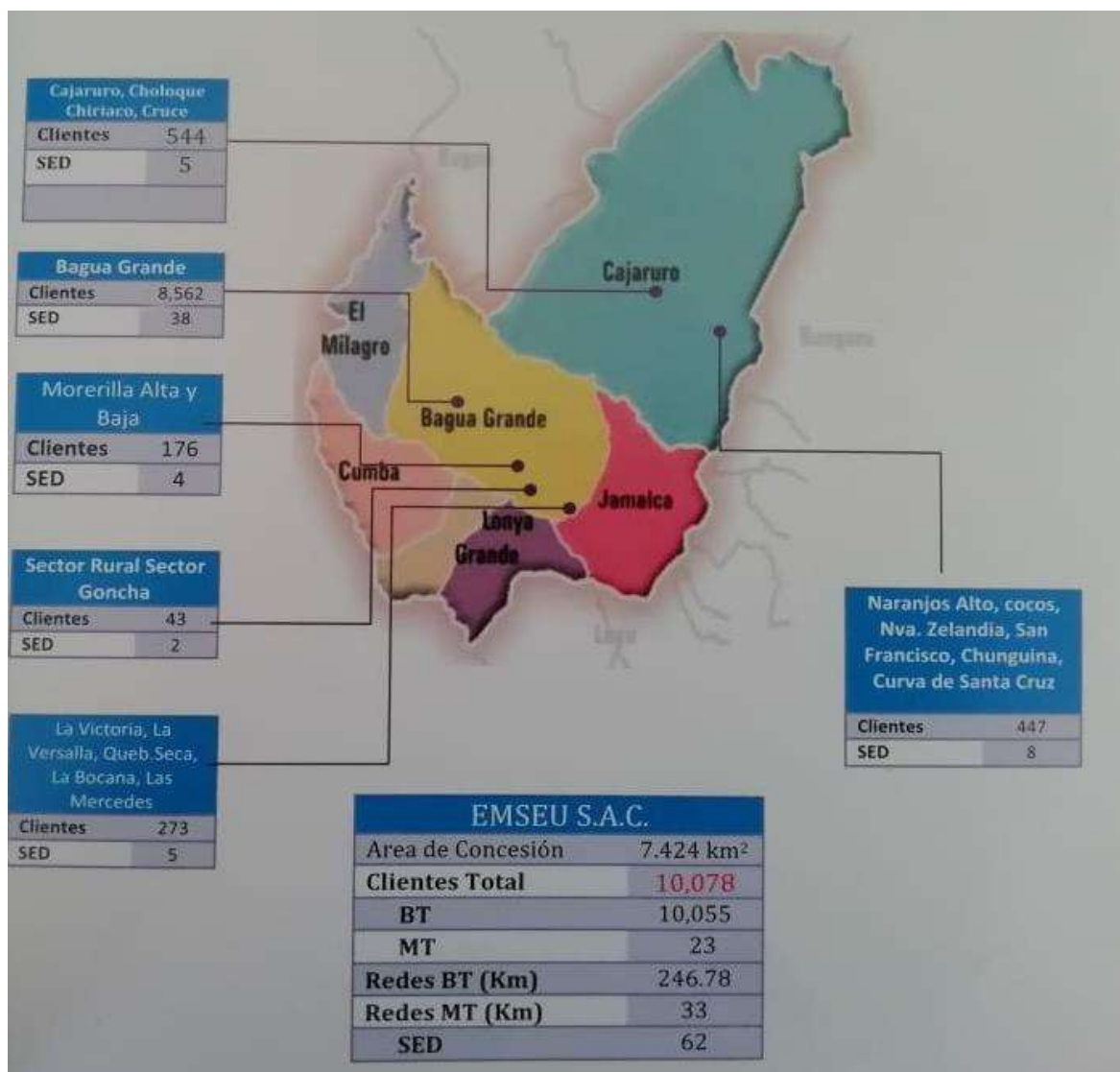
Fuente: *Emseu.Sac, 2015 - Elaboración propia*

DECISION Y CONCLUSION: No se rechaza la Hipótesis Nula, con el 95% de confianza se concluye que estadísticamente los residuos de los pronósticos aplicado el modelo ARIMA (4, 2,0); para el consumo de energía eléctrica de la provincia de Bagua Grande, periodo Enero 2009 a Diciembre 2015, son homocedásticos.

ANEXO

Anexo 1:

Area de influencia del consumo de la energia electrica de la provincia de Bagua Grande.



Fuente: Memoria Anual 2016, EMSEU SAC.

Anexo 2:
Local administrativo de la empresa EMSEU S.A.C



Fuente: <http://www.emseu.com/>

Anexo 3:
Electrificación urbana en baja tensión realizada por EMSEU S.A.C



Fuente: <http://www.emseu.com/>

Anexo 4:
Línea de transición trifásica



Fuente: <http://www.emseu.com/>

Anexo 5:
Central eléctrica de distribución de Bagua Grande – EMSEU SAC.



Fuente: Memoria Anual 2016, EMSEU SAC.